



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

**LEOPOLDINA BRAGA ALVES**

**SINERGIAS ENTRE AS INSTABILIDADES CLIMÁTICAS E A PRODUÇÃO DE  
LEITE NO CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2024**

LEOPOLDINA BRAGA ALVES

SINERGIAS ENTRE AS INSTABILIDADES CLIMÁTICAS E A PRODUÇÃO DE LEITE  
NO CEARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural do Departamento de Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Economia Rural. Área de concentração: Ciências Sociais Aplicadas.

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

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- A48s    Alves, Leopoldina Braga.  
         Sinergias entre as instabilidades climáticas e a produção de leite no Ceará / Leopoldina Braga Alves. –  
         2024.  
         100 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de  
         Pós-Graduação em Economia Rural, Fortaleza, 2024.  
         Orientação: Prof. Dr. José de Jesus Sousa Lemos.
1. Diferenciais de balanço hídrico. 2. Variabilidades na precipitação e temperatura. 3. Atividade pecuária  
         no Ceará. 4. Semiárido brasileiro. 5. Nordeste. I. Título.

CDD 338.1

---

LEOPOLDINA BRAGA ALVES

SINERGIAS ENTRE AS INSTABILIDADES CLIMÁTICAS E A PRODUÇÃO DE LEITE  
NO CEARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural do Departamento de Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Economia Rural. Área de concentração: Ciências Sociais Aplicadas.

Aprovada em: 27/06/2024.

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Cícero Francisco de Lima  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Márcio José Alves Peixoto  
Secretaria de Desenvolvimento Agrário (SDA)

A Deus.

E aos meus professores.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder força, sabedoria e inspiração ao longo desta jornada acadêmica. Sem sua orientação e graça, este trabalho não teria sido possível.

À minha mãe, pelo amor incondicional, apoio incansável e palavras de encorajamento em todos os momentos. Obrigado por acreditar em mim e me motivar a sempre seguir em frente.

Em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. José de Jesus Sousa Lemos por sua dedicação, conselhos valiosos e por acreditar no meu potencial. Sou muito grata por tudo que fez por mim.

Aos professores participantes da banca examinadora, Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos, Prof. Dr. Cícero Francisco de Lima e Dr. Márcio José Alves Peixoto, pelo tempo disponibilizado e por todas as contribuições pertinentes e essenciais para a conclusão deste trabalho.

Aos meus professores, pela orientação, paciência e compartilhamento de conhecimento ao longo deste percurso. Suas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para minha formação como pesquisadora.

Aos meus amigos, pelo companheirismo e suporte emocional. Obrigada por estarem ao meu lado, oferecendo palavras de incentivo e momentos de descontração que foram essenciais para manter o equilíbrio durante os momentos de desafio.

Aos colegas que conquistei nessa jornada das turmas de mestrado e doutorado, especialmente ao Moisés de Asevedo e ao Ramon Vasconcelos. Obrigada pela amizade e apoio mútuo. Agradeço, também, imensamente à Milena Monteiro pela elaboração dos mapas que enriqueceram significativamente este trabalho e Vitória Oliveira pela realização da figura de Markowitz.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste sonho, meu mais sincero e profundo agradecimento. Este trabalho é fruto de uma construção coletiva, e sou eternamente grato por cada um de vocês.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Você fará melhor se fizer com que outras pessoas queiram aprender.”

(Katherine Johnson)

## RESUMO

O Estado do Ceará está encravado num espaço geográfico que denota heterogeneidades de paisagens, relevos, regimes pluviométricos, dentre outros. Ancorada nessas características, a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) subdividiu o Estado em oito regiões climáticas. A pesquisa responde a estas indagações: 1. Como interagem as variáveis climáticas com aquelas que definem a produção de leite no Estado e nas oito regiões climáticas do Ceará? 2. É dado afirmar-se que os criadores que tiveram maiores produções, entendido, assim, no conjunto das variáveis que definem a produção de leite, incorreram em maiores riscos no período estudado? Este experimento examinou a heterogeneidade na produção de leite no Estado e respectivas regiões de 1997 a 2020. Para responder a essas questões, a investigação agora sustentada tem os seguintes objetivos específicos: a) Avaliar as estatísticas descritivas das variáveis climáticas e dos fatores que impactaram o valor da produção de leite no Estado do Ceará, no período de 1997 a 2020, incluindo, ainda, exame das instabilidades associadas a essas variáveis, com desdobramentos para as distintas regiões climáticas do Estado; b) Criar o Índice de Instabilidade Temporal (INST) e o Índice de Produção (IPRO) que capturem as sinergias entre variáveis climáticas e aquelas que definem a produção de leite nos municípios do Ceará no período de 1997 e 2020; c) Hierarquizar as regiões climáticas do Estado, de acordo com esses dois instrumentos; d) Aferir a relação entre o IPRO e o INST no Estado e nas regiões climáticas. Os dados utilizados foram retirados da Produção da Pecuária Municipal (PPM), dos anuários estatísticos do IBGE e da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA). Os procedimentos metodológicos incluem as estimativas das estatísticas descritivas das variáveis que definem a produção de leite nos municípios do Ceará, bem como das precipitações de chuvas e das temperaturas. Estimam-se as instabilidades climáticas e as variáveis definidoras da produção de leite no período. Para elaborar o IPRO e o INST, para a produção de leite do Estado, com desdobramentos para as regiões climáticas, recorre-se ao método de análise fatorial, com decomposição em componentes principais. Com vistas a aferir a relação entre esses índices, louva-se no Coeficiente de Correlação, de Pearson. Os resultados mostraram bons ajustamentos do ponto de vista estatístico. Com base no IPRO, as regiões climáticas são reunidas em seis, que exprimem indicadores médios de produção de leite distintos. No que concerne ao INST, as evidências encontradas na pesquisa agruparam as oito regiões climáticas em quatro, que expressam instabilidades agregadas variadas. Os resultados do ensaio confirmaram a expectativa, proposta por Markowitz, de que, a maiores níveis médios de produção aqui estudados de maneira agregada, incluindo variáveis climáticas, estão associadas maiores instabilidades e, portanto, mais quantidade de riscos.

**Palavras-chave:** diferenciais de balanço hídrico; variabilidades na precipitação e temperatura; atividade pecuária no Ceará; semiárido brasileiro; Nordeste.

## ABSTRACT

The State of Ceará is situated in a geographical area characterized by diverse landscapes, terrains, and rainfall patterns, among other features. Based on these characteristics, the Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) has subdivided the state into eight climatic regions. The research addresses the following questions: 1. How do climatic variables interact with those that define milk production in the state and in the eight climatic regions of Ceará? 2. Is it accurate to assert that the producers with higher production levels, as defined by the set of variables influencing milk production, incurred greater risks during the study period? This study examined the heterogeneity of milk production in the state and its respective regions from 1997 to 2020. To answer these questions, the research aims to: a) Evaluate the descriptive statistics of climatic variables and factors impacting the value of milk production in Ceará from 1997 to 2020, including the examination of instabilities associated with these variables across different climatic regions of the state; b) Create the Temporal Instability Index (INST) and the Production Index (IPRO) to capture the synergies between climatic variables and those defining milk production in the municipalities of Ceará from 1997 to 2020; c) Rank the state's climatic regions according to these two instruments; d) Measure the relationship between IPRO and INST in the state and its climatic regions. The data used were obtained from the Municipal Livestock Production (PPM) reports, IBGE statistical yearbooks, and the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). The methodological procedures include estimating the descriptive statistics of the variables defining milk production in the municipalities of Ceará, as well as rainfall and temperature data. The study estimates the climatic instabilities and the variables defining milk production over the period. To develop the IPRO and INST for the state's milk production, with subdivisions for the climatic regions, a factor analysis method with principal component decomposition is employed. To assess the relationship between these indices, Pearson's Correlation Coefficient is used. The results showed good statistical adjustments. Based on the IPRO, the climatic regions are grouped into six, each expressing distinct average milk production indicators. Regarding the INST, the findings grouped the eight climatic regions into four, each representing varied aggregated instabilities. The study results confirmed Markowitz's hypothesis that higher average production levels (including climatic variables) are associated with greater instabilities and, consequently, higher risks.

**Keywords:** water balance differentials; precipitation and temperature variability; livestock activity in Ceará; Brazilian semi-arid; Northeast.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Relação esperada entre o INST e o IPRO, com base na aplicação do modelo proposto por Markowitz .....	44
----------	--	----

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1	– Delimitações do Semiárido brasileiro em 2017, 2021 e 2024 .....	21
Mapa 2	– Delimitação do Semiárido do Ceará.....	23
Mapa 3	– Regiões homogêneas pluviométricas no Ceará.....	32
Mapa 4	– Regionalização dos índices de produtividade .....	54
Mapa 5	– Regionalização dos índices de Instabilidade.....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de observações, valores mínimos, máximos, médios, desvios padrões e coeficientes de variação das variáveis estudadas entre os anos de 1997 e 2020.....	45
Tabela 2 – Valores mínimos (Mn), máximos (Mx), médios (Md) e Coeficientes de variação(CV) estimados para as variáveis estudadas para a produção de leite nas regiões climáticas do Ceará entre os anos de 1997 e 2020.....	46
Tabela 3 – Resultados encontrados da análise fatorial, após a rotação ortogonal para estimar o IPRO e o INST .....	49
Tabela 4 – Estimativas dos pesos utilizados para a construção do IPRO e do INST .....	50
Tabela 5 – Estimativas dos valores mínimos (Mn), máximos (Mx), médios (Md) dos IPRO dos INST para as regiões climáticas entre 1997 e 2020.....	51
Tabela 6 – Regressões para definições das diferenças nos IPRO e nos INST estimados para as regiões climáticas do Ceará entre os anos de 1997 e 2020.....	52
Tabela 7 – Valores mínimos (Mn), máximos (Mx), médios (Md) dos índices de produção (IPRO) e de Instabilidade (INST), bem como correlação linear de Pearson (R) estimada entre os dois índices para as regiões climáticas redefinidas pelo INST e para o estado do Ceará entre os anos de 1997 e 2020.....	57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Análise Fatorial
CV	Coefficiente de Variação
DCP	Decomposição em Componentes Principais
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DP	Desvio Padrão
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INST	Índice de Instabilidade
IPRO	Índice de Produção
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará
KMO	Kaiser-Meyer-Olkin
PPM	Pesquisa Pecuária Municipal
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1	Considerações gerais .....	14
1.2	O problema e sua importância.....	16
1.3	Objetivo geral .....	17
1.4	Objetivos específicos .....	17
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
2.1	A pecuária no Ceará .....	18
2.2	O Semiárido brasileiro.....	18
2.3	Definição de seca.....	20
2.4	Alguns fatores determinantes da produção leiteira.....	24
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
3.1	Caracterização da área de estudo.....	29
3.2	Base de dados.....	32
3.3	Variáveis utilizadas na pesquisa.....	33
3.4.1	<i>Metodologia adotada para atingir o objetivo “a”</i> .....	35
3.4.2	<i>Metodologia adotada para atingir o objetivo “b”</i> .....	37
3.4.2.1	<i>Método de análise fatorial (AF) no que se aplica a esta pesquisa nas estimações do IPRO e do INST.</i> .....	38
3.4.3	<i>Metodologia adotada para atingir o objetivo “c”</i> .....	41
3.4.4	<i>Metodologia adotada para atingir o objetivo “d”</i> .....	43
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>45</b>
4.1	Resultados encontrados para a avaliação das estatísticas descritivas e instabilidades climáticas na produção de leite no Ceará (1997-2020) .....	45
4.2	Resultados encontrados para a criação dos Índices de Instabilidade Temporal (INST) e Produção (IPRO) para análise da produção de leite no Ceará (1997-2020).....	48
4.3	Resultados encontrados para hierarquização das regiões climáticas do Ceará com base nos índices INST e IPRO respectivamente .....	52
4.4	Resultados encontrados para analisar a relação entre os índices IPRO e INST no Estado do Ceará e nas regiões climáticas .....	56
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>61</b>

<b>APÊNDICE A - PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL E NAS GRANDES REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO NO PERÍODO DE 1997 A 2020 .....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE B - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DOS 184 MUNICÍPIOS CEARENSES NO PERÍODO DE 1997 A 2020 .....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE C - OUTPUT RESULTANTE DA ANÁLISE FATORIAL PARA A CRIAÇÃO DO ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE (IPRO).....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE D - OUTPUT RESULTANTE DA ANÁLISE FATORIAL PARA A CRIAÇÃO DO ÍNDICE DE INSTABILIDADE INST) .....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE E - OUTPUT RESULTANTE DA ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR COM VARIÁVEIS DUMMIES PARA AVALIAR AS DIFERENÇAS ENTRE O IPRO E INST DE CADA REGIÃO DO CEARÁ .....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE F - OUTPUT RESULTANTE DA ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR PARA CORRELACIONAR OS INDICES DE INSTABILIDADE E PRODUTIVIDADE .....</b>	<b>97</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de leite alcançou aproximadamente 498,65 bilhões de litros em 2016, avançando para 532,30 bilhões em 2020, num crescimento de 6,3%. Em 2020, os principais produtores de leite no mundo eram a União Europeia (156,70 bilhões de litros) e os Estados Unidos da América, com 100,48 bilhões de litros (USDA/FARM REPORTS, 2020).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), em 2010, a produção brasileira de leite era de 30.72 bilhões litros. Em 2020, essa produção evoluiu para 35.32 bilhões litros, experimentando declínio nos dois anos seguintes, de tal maneira que, em 2022, a produção desse bem no País havia alcançado 34.61 bilhões de litros. Nesse período, a produção no Nordeste variou de 4,92 bilhões de litros, o que representou 13,93% da produção brasileira daquele ano, para 5.72 bilhões de litros em 2022. Naquele ano, a participação relativa da produção de leite dos nove estados do Nordeste representou 16,54% da produção brasileira (APENDICE A).

Dentre os estados do Nordeste, maiores produtores destacaram-se a Bahia - com 22,33%, Pernambuco - com 20,6% e o Ceará - com 18,58%. Quanto à quantidade de animais, o Brasil possui 15.740.153 vacas ordenhadas, sendo 24,65% (3.879.613) no Nordeste. Os estados com a maior quantidade de animais (vacas ordenhadas) são: Bahia, com 967.254 (24,93%), em segundo - o Ceará, com 659.039 (16,99%) e Pernambuco - com 542.755 (13,99%). No Ceará, as maiores quantidades de vacas ordenhadas, por município, estão em: Morada Nova (40.020), Iguatu (24.840) e Quixeramobim (20.325).

### 1.1 Considerações gerais

A pecuária produtora de leite, como as atividades agrícolas em geral, experimenta sensibilidades às instabilidades do clima, sobretudo da pluviometria. No Nordeste, de ordinário, e no Semiárido, em especial, as instabilidades espaciais e temporais das pluviometrias se constituem em regras (Lemos, 2020).

As instabilidades climáticas, sobretudo no formato de irregularidade pluviométrica, com a ocorrência de eventos extremos, como secas, ou excessos de chuvas, influenciam o setor leiteiro, máxime nos aspectos relacionados à produção e à produtividade das vacas em lactação, ambos afetando diretamente a saúde do animal e alterando o ambiente onde ocorre a produção (Curi, 2020). As oscilações de temperaturas, contudo, também influenciam, negativamente, na produção de leite, ao provocar estresses nas vacas em lactação.

Com efeito, a produção de leite, como qualquer outra atividade agropecuária no Nordeste, em geral, e no Semiárido, em particular, está sujeita à instabilidade pluviométrica que caracteriza esse regime climático, bem como pelas oscilações de temperatura, instabilidade 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 relatem algumas das menores produtividades entre os criadores do Brasil (Brasil, 2017).

A água é o principal insumo na produção de que se cuida nesta pesquisa. Sendo assim, a sua não disponibilidade em quantidades adequadas nos períodos em que as vacas estão em lactação, é passível de se constituir num elemento limitante do volume desse bem. Nos estados nordestinos, onde a maioria dos municípios exprime as características de Semiárido, acredita-se que a variabilidade pluviométrica, típica do Semiárido, seja um fator relevante para o desempenho da produção (Lemos *et al.*, 2023).

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, são capazes de influenciar, e, até mesmo, de 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).

Assim, a disponibilidade de água se exprime como um fator decisivo para o sucesso técnico e a rentabilidade econômica na atividade produtora de leite, bem assim para garantia da sanidade e o bem-estar animal. Estima-se que, para cada litro de leite produzido por uma vaca, necessita-se de aproximadamente três litros desse líquido consumidos pelo animal. Elas são suscetíveis de precisar de até 150 litros de água por dia, reforçando, assim, a realidade de que o principal insumo para produzir o leite é a água (Veiga, 2023).

As variabilidades na precipitação e temperatura influem diretamente na disponibilidade e qualidade dos pastos, essenciais para a alimentação do gado leiteiro. Eventos climáticos extremos, como secas ou chuvas excessivas, desafiam a sustentabilidade desses sistemas, afetando a produtividade e a distribuição geográfica da produção leiteira. Ademais, a temperatura influencia diretamente o bem-estar animal e, conseqüentemente, a eficiência produtiva. Portanto, ao examinar a distribuição do rebanho, a produtividade de leite, por vaca, nos municípios em cada Estado do Nordeste, é incontestável a necessidade de se considerar a interação complexa dos fatores internos com os de ordem externa, especialmente as condições climáticas (Paiva, 2018).

Lemos *et al.* (2022) propuseram um sinal inovador, denominado Índice de Instabilidade (INST), para avaliar a produção de leite em 20 municípios cearenses. O INST, calculado com suporte em quatro variáveis-chave (chuva, vacas ordenhadas, produtividade e preço do leite), foi analisado em três ambientes distintos: chuvoso, normal e seco. Da pesquisa, foram constituídos dois fatores, que representavam 79,11% da variância acumulada. Concluíram, então, os autores que as estimativas dos INST, associados aos períodos de seca, são sempre menores do que aqueles estimados para as fases de normalidade e chuvosas. Expresso resultado confirmou a importância da ocorrência de elevadas pluviosidades para fomentar melhores efeitos na produção de leite no Semiárido.

Sobra relevante, por conseguinte, a pluviometria na produção de leite, considerando que a água é a principal matéria-prima desse alimento essencial, e que, em grande parte, os municípios a serem avaliados nesta pesquisa possuem as características de Semiárido, portanto, enfrentando o fenômeno da instabilidade climática. Acredita-se que a instabilidade pluviométrica, característica comum no Semiárido, desenvolve função significativa nos resultados da produção leiteira. Esta abordagem geral vai ensejar uma compreensão mais abrangente dos desafios e das oportunidades associadas à produção de leite (Lemos *et al.*,2023).

As atividades agrícolas em geral, mormente no Nordeste brasileiro, tanto no cultivo de vegetais como de criação de animais de produção, experimentam muitos riscos, sendo o perigo provocado pelas instabilidades pluviométricas os que se manifestam com maior nitidez.

De outra vertente, observa-se uma heterogeneidade no Nordeste e no Ceará, definida em um trabalho da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), que dividiu o Estado do Ceará em oito regiões climáticas: Cariri, Ibiapaba, Jaguaribana, Litoral de Fortaleza, Litoral Pecém, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Sertão Central e Inhamus.

## **1.2 O problema e sua importância**

Em pesquisa anterior realizada por Salviano (2021), restou demonstrado que essas regiões denotam heterogeneidade na produção de lavouras de sequeiro. Na investigação ora sob relato, se tenciona avaliar se essa diversidade também se manifesta na produção de leite. Assim, o experimento acadêmico *stricto sensu* neste passo sustentado demanda oferecer resposta às indagações expressas à continuidade.

- Como interagem as variáveis climáticas com aquelas que definem a produção de leite no Estado e nas oito regiões climáticas do Ceará?

É válido assegurar que os criadores que tiveram maiores produções, entendidas no conjunto das variáveis que definem a produção de leite, incorreram em maiores riscos no período estudado?

### **1.3 Objetivo geral**

Para conceder respostas a essas indagações, este trabalho tem como objetivo geral: avaliar a interação espacial e temporal dos níveis anuais de precipitação pluviométrica e de temperaturas com as variáveis que definem a produção de leite no Ceará e em todas as oito regiões climáticas em que o Estado está subdividido.

### **1.4 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos da pesquisa estão delineados à continuação.

a) Avaliar as estatísticas descritivas das variáveis climáticas e dos fatores que impactaram no valor da produção de leite no Estado do Ceará, no período de 1997 a 2020, examinando, também, as instabilidades associadas a essas variáveis, com desdobramentos para as regiões climáticas do Estado.

b) Criar o Índice de Instabilidade Temporal (INST) e o Índice de Produção (IPRO), que capturem as sinergias entre variáveis climáticas e as que definem a produção de leite nos municípios do Ceará, no período de 1997 a 2020.

c) Hierarquizar as regiões climáticas do Ceará, de acordo com esses dois instrumentos.

d) Aferir a relação entre o IPRO e o INST no Estado e nas regiões climáticas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico está dividido em quatro subseções, reportando-se a matérias que fundamentam o estudo. Na primeira, mostram-se a posição geográfica do Ceará, um breve resumo histórico e algumas das principais características do Estado no setor pecuário. Na seguinte, discutem-se as características do Semiárido, ao passo que, na terceira subseção, faz-se uma síntese do conteúdo acerca das controvérsias que definem a seca. No segmento subsecional de fecho, estão citados alguns fatores determinantes na produção leiteira.

### 2.1 A pecuária no Ceará

O Ceará, com localização geográfica estratégica e uma economia diversificada, tem, na sua história, uma tendência de crescimento, tanto no setor agrícola quanto no âmbito pecuário. O Estado destaca-se por suas características semiáridas, ostentando a caatinga como bioma predominante e solos com alto potencial agrícola, desde que irrigados. A inexistência de rios perenes e a vulnerabilidade à seca, que, no geral, se manifesta com bastante intensidade e duração, se caracterizando como a mais severa do Nordeste, impõem desafios à plena exploração desse potencial (Paiva, 2018).

A pecuária no Ceará teve início no período colonial, quando os portugueses introduziram o gado bovino na região. Inicialmente, a criação de gado era dirigida, principalmente, para a produção de carne e couro, mas a apanha leiteira, também, começou a auferir relevância, especialmente, nas fazendas de subsistência e nas pequenas propriedades rurais. A pecuária serviu como motor para o povoamento da região, transformando o Ceará na “Civilização do Couro” (Oliveira, 2021).

No século XVIII, o comércio de charque (carne-seca) impulsionou o crescimento econômico da região, levando ao surgimento de cidades como Aracati, Sobral, Icó, Acaraú, Camocim e Granja (Girão, 1989).

No século XIX, o Ceará passou por importantes transformações econômicas e sociais. Também, na centúria XIX, a pecuária leiteira continuou a se desenvolver, ainda que de modo modesto. As condições climáticas adversas, especialmente as secas prolongadas, dificultavam a criação de gado e a produção de leite. A introdução de novas raças bovinas, no entanto, bem como o desenvolvimento de técnicas de manejo, ajudaram a melhorar a produtividade (Vilela, 2016).

No século XX, a pecuária leiteira no Ceará começou a se modernizar. Com início nos anos de 1960, os Governos Federal e Estadual do Ceará implantaram políticas para incentivar

a agricultura e a pecuária, incluindo a construção de açudes e a criação de programas de crédito rural. Esses investimentos ajudaram a aumentar a disponibilidade de água e a melhorar as condições para a criação de gado leiteiro.

Nos anos de 1970 e 1980, a introdução de raças leiteiras mais produtivas, como a Holandesa e a Girolanda, e o uso de tecnologias de inseminação artificial, contribuíram para o aumento da produção de leite. Em aditamento, a expansão da infraestrutura de transportes e a melhoria das estradas facilitaram a distribuição do leite e de seus derivados para os mercados consumidores (Vilela, 2016).

Nas últimas décadas do século XX e no início do século XXI, a pecuária leiteira no Ceará passou por uma fase de intensificação e tecnificação. Programas de assistência técnica e extensão rural, promovidos por entidades como o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), na capacitação dos produtores (Rocha, 2018).

A criação de associações e cooperativas de produtores de leite também ajudou a fortalecer o setor, dando ensejo à compra coletiva de insumos, à comercialização conjunta e à melhoria das condições de negociação com os mercados. A adoção de práticas de manejo sustentável e a implementação de tecnologias de ordenha mecânica e resfriamento do leite contribuíram para a melhoria da qualidade do produto (Rocha, 2018)

A literatura dedica-se a compreender e avaliar o nível de sustentabilidade nas atividades econômicas. Estudo realizado por Paiva, Lemos e Campos (2022) investigou a produção de leite no Ceará em relação às instabilidades pluviométricas. Os resultados confirmaram que tanto a precipitação pluviométrica quanto os preços exercem influência na produção de leite. Além disso, em 2018, esses mesmos autores conduziram simulações metodológicas que demonstraram a viabilidade da produção sustentável de leite, mesmo com um rebanho reduzido. Para alcançar esse objetivo, enfatizaram a importância de melhorias genéticas e práticas de manejo que aumentem a produtividade por vaca<sup>1</sup>. Recentemente, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicaram um crescimento notável na produção de leite no Ceará em 2022, com um aumento de 10,7% em relação ao ano anterior, totalizando 1,1 bilhão de litros. Esses avanços são promissores para o setor e refletem a demanda contínua por práticas sustentáveis na pecuária de leite no Estado.

O Ceará está entre os principais produtores de leite do Nordeste, com o setor demonstrando sua relevância na economia estadual. Em regiões como o Vale do Jaguaribe, produtores adotam práticas inovadoras, como o plantio adensado de palma forrageira, uma

cultura altamente eficiente em termos de uso de água e nutricionalmente rica para a alimentação do gado leiteiro. Estas práticas são essenciais para aumentar a produtividade em um ambiente de semiárido.

## 2.2 O Semiárido brasileiro

Segundo Matallo Júnior (2001), as áreas de clima seco e semi-seco cobrem 1/3 da superfície terrestre e são habitadas por 1/6 da população mundial, distribuídas por todos os continentes. Nesse tipo de clima, as chuvas são baixas, irregulares e ocorrem em um intervalo curto de tempo, sendo inferiores à evapotranspiração potencial.

O Semiárido brasileiro constitui uma região geográfica caracterizada por uma variabilidade pluviométrica de grande amplitude, com temperaturas elevadas, mas ínfimas amplitudes e baixa umidade relativa do ar. As intermitências aleatórias de períodos de escassez ou de excesso de precipitação exercem um impacto significativo, tanto nas atividades agrícolas, direcionadas para a produção vegetal, quanto naquelas exercidas na pecuária, destacando a necessidade de serem adotadas práticas de administração eficientes e adequadas para otimizar a produção nesse contexto. A fim de alcançar esse objetivo, torna-se essencial compreender a distribuição espaço temporal da pluviometria na região. (Brito *et al.*, 2012; Bezerra, 2022; Lemos, 2020; Salviano, 2021; Praxedes, 2021)

As oscilações climáticas exercem influências expressivas sobre a agropecuária em sua totalidade. Em uma pesquisa conduzida por Da Silva *et al.* (2019), observou-se que os meses mais quentes resultavam em condições estressantes para o gado leiteiro, acarretando perdas, tanto na qualidade, quanto na quantidade dos alimentos fornecidos aos animais, além de uma redução no consumo alimentar e na produção leiteira.

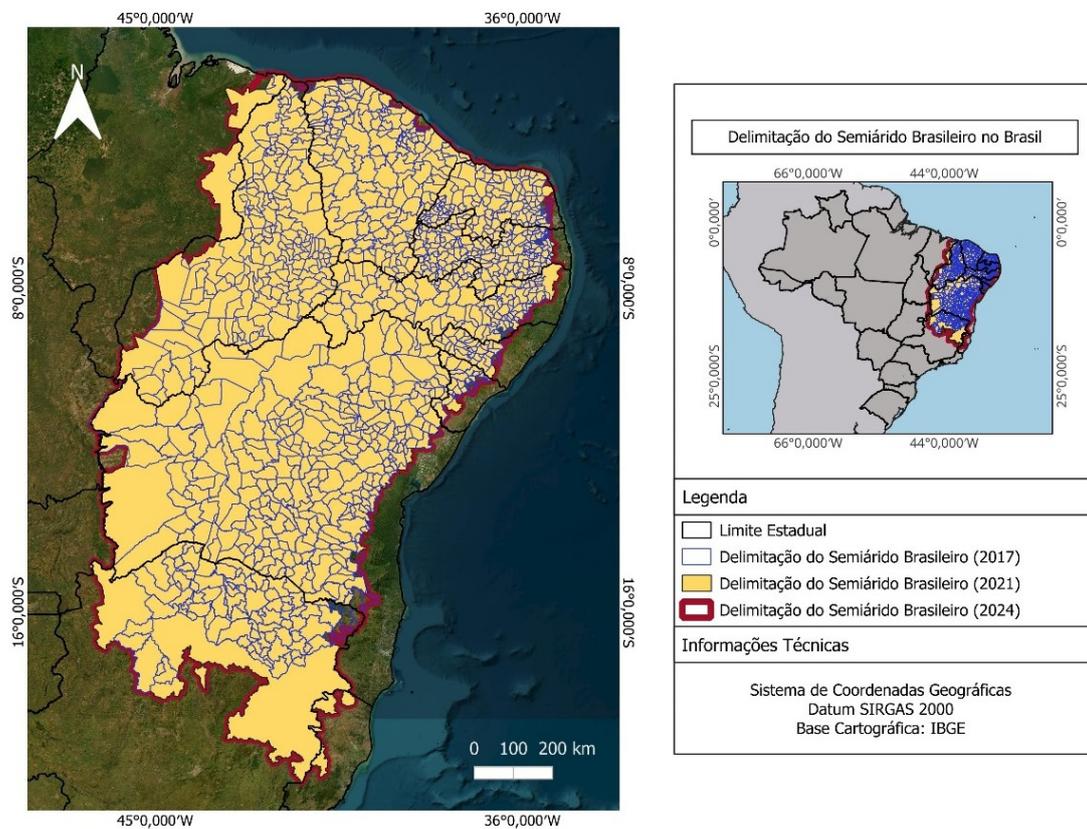
A qualidade dos solos da região, em geral, é um obstáculo para o desenvolvimento agrícola. A maioria dos solos (82%) tem baixa capacidade de produção, por causa de problemas de fertilidade, profundidade, drenagem ou salinidade (Cunha, *et al.*, 2008; Salcedo; Sampaio, 2008). Em adição, grande parte do Semiárido (70%) está sobre uma base geológica cristalina, onde a rocha matriz do solo está muito próxima da superfície, o que reduz a recarga dos aquíferos subterrâneos, pois os solos são, em geral, arenosos ou arenoargiloso e pouco profundos, dificultando a infiltração da água.

A área do Semiárido brasileiro possui 1.477 municípios, assim caracterizados, oficialmente. Conforme a divisão político-administrativa, o Ceará é composto por 184 municípios, dos quais 175 foram oficialmente classificados como Semiárido, em dezembro de 2017, o que foi confirmado em 2024 pela Resolução do Conselho deliberativo da SUDENE

de nº 176, de 3 de janeiro de 2024. No Nordeste, eis os números de municípios por estados: Alagoas (42), Bahia (287), Maranhão (16), Paraíba (198), Piauí (216), Ceará (175), Rio Grande do Norte (148), Pernambuco (142) e Sergipe (30) (CONDEL/SUDENE, 2024). O restante dos municípios mencionados está no Espírito Santo (6) e em Minas Gerais (217).

No Mapa 1, mostra-se onde estão localizados os municípios que fazem parte do Semiárido, oficialmente reconhecido, nas delimitações feitas pelo Conselho Deliberativo da SUDENE, de 2017, 2021 e 2024

Mapa1 – Delimitações do Semiárido brasileiro em 2017, 2021 e em 2024



Fonte: Mapa baseado nas informações contidas na Tabela .

A Resolução CONDEL/SUDENE nº 176, de 3 de janeiro de 2024, redefine a delimitação do Semiárido brasileiro, aprovando o Relatório Final da Delimitação do Semiárido 2021. Esse documento, elaborado pela Equipe Técnica do Comitê Provisório do Conselho Deliberativo da SUDENE (CONDEL/SUDENE), expressa novas definições para a região, incluindo a permanência, por um ano, de 50 municípios que seriam excluídos em

decorrência dos efeitos do *El Niño*. A resolução também determina a avaliação dos impactos do *El Niño* na área de atuação da SUDENE, para pronunciamento sobre a exclusão ou não dos 50 municípios em foco. Veja-se quadro 1, a seguir:

Quadro 1 – Quantidades de municípios que fazem parte do Semiárido, de acordo com o CONDEL/SUDENE em 2017, 2021 e em 2024

Delimitação Oficial do Semiárido Brasileiro			
Estado	2017	2021	2024
AL	38	38	42
BA	278	283	287
CE	175	171	175
ES	0	6	6
MA	2	16	16
MG	91	209	217
PB	194	188	198
PE	123	137	142
PI	185	215	216
RN	147	141	148
SE	29	23	30
TOTAL	1.262	1.427	1.477

Fonte: Resolução Condel nº 176, de 3 de janeiro de 2024.

Os critérios de delimitação utilizados para definir quais municípios pertencem ao Semiárido têm como base os indicadores climáticos, socioeconômicos e ambientais. A análise dos impactos da nova delimitação é indispensável para entender como as políticas públicas e programas de desenvolvimento serão afetados. Com essa Resolução, abre-se espaço para discussões sobre o futuro da região, considerando os desafios e oportunidades que surgem com a nova delimitação.

O clima no Ceará é caracterizado por uma estação chuvosa que dura de três a cinco meses, alternando-se com um período seco extensível por até nove meses. Durante a estação chuvosa, os índices pluviométricos variam de 500 a 800 mm, sendo essencial para a agricultura e o abastecimento de água. Já no período seco, as altas taxas de evapotranspiração e a irregularidade das chuvas são desafios enfrentados em todo o território cearense. O Ceará possui 95,11% dos seus municípios pertencentes ao Semiárido, tendo, assim, proporcionalmente, a maior quantidade de municípios em comparação com os outros estados.

De acordo com a última delimitação do CONDEL/SUDENE, somente nove (9) municípios cearenses não fazem parte do Semiárido brasileiro, oficialmente reconhecido.

São eles: Aquiraz, Eusébio, Fortaleza, Itaitinga, Maracanaú, Pacatuba, Paracuru, Paraipaba e Pindoretama, conforme o mapa 2 a seguir:

Mapa 2 - Delimitação do Semiárido do Ceará



### 2.3 Definições de seca

Um dos fatores que afetam o clima do Semiárido brasileiro é a irregularidade das precipitações, passíveis de ser escassas ou ausentes em alguns anos, tanto de um ponto de vista espacial como temporal. Essa indefinição é capaz de provocar as secas sazonais, que são um fenômeno natural e recorrente na história dessa região, que apenas começa a ter registros confiáveis desde o século XVII. As secas interferem diretamente nas atividades agropecuárias e, por consequência, na qualidade de vida das populações, além de influenciar as características ecológicas, botânicas e o fito geográfico da área (Mendes, 1986).

O entendimento da seca como um fenômeno meteorológico característico do Semiárido do Nordeste do Brasil evoluiu no correr de séculos, passando por fases de negação, aceitação, “combate” e, finalmente, “convívio”. Para investigar a aquisição do capital hidráulico por essa sociedade, é essencial compreender a seca em uma perspectiva histórica, ensejando a avaliação das influências da abordagem tecnológica adotada no ambiente e nas atividades humanas. Ademais, a compreensão da seca na interação com o ambiente e a sociedade contribui para a análise da abordagem política em relação a esse fenômeno, sendo que a maneira como os que tomam as decisões políticas mitigadoras dos seus efeitos têm implicações significativas para a população (Nunes, 2020).

Diversas abordagens conceituais são propostas para classificar secas (Mishra; Singh, 2010). A taxionomia que categoriza as secas em variadas perspectivas está na sequência expressa.

**Seca Meteorológica.** Esta é expressa exclusivamente com base no grau de secura e na duração do período precipitação de chuvas, comparados a algum estado "normal". Caracteriza-se pelo déficit de precipitação em relação ao valor considerado normal. A falta de água nesse contexto é induzida pelo desequilíbrio entre a precipitação e a evaporação, dependendo de fatores como velocidade do vento, temperatura, umidade do ar, insolação e cobertura vegetal.

**Seca Agrícola.** Está associada à disponibilidade de água no solo para sustentar o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais de cultivo. A umidade deficiente no solo, em conjunto com a cultura, é capaz de afetar a germinação, o desenvolvimento fisiológico e, em decorrência, o crescimento e o desenvolvimento das lavouras, levando a uma redução no rendimento final da atividade agrícola. Este fato, obviamente, também influi na criação de animais domésticos.

**Seca Hidrológica.** Relacionada à redução dos níveis médios de água em reservatórios superficiais e subterrâneos por um período específico, passível de ser de dias, semanas, meses ou anos sucessivos. Assim, a seca hidrológica influi no abastecimento hídrico e tem impactos nos reservatórios utilizados para gerar energia elétrica.

**Seca Socioeconômica.** Relaciona-se às influências da seca sobre nas atividades humanas, abrangendo tanto os impactos diretos quanto indiretos na produção agrícola e em outras atividades econômicas. Ocorre quando o déficit de água resulta na escassez de bens ou serviços, como energia elétrica e alimentos, em razão da inadequada distribuição de chuvas, aumento no consumo e/ou má gestão dos recursos hídricos.

Ao compreender essas categorias, aprimoram-se a avaliação e a gestão de secas, considerando as múltiplas dimensões que esse fenômeno é capaz de assumir (Fernandes *et al.*, 2009).

Das definições discutidas, sobra evidente que não há uma determinação, ou um marco de precipitação de chuvas que expresse, com base em que nível dessa precipitação se caracteriza o que se chama seca, de um modo geral.

A região Nordeste encontra-se com 72,24% de seu território dentro do polígono das secas, segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2006). Ela engloba partes dos Estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Nessa região, as condições climáticas são desafiadoras, com longas estiagens e poucas precipitações. Mesmo assim, os produtores locais investem em técnicas e tecnologias para tornar possível a produção de leite bovino, uma atividade fundamental para a economia regional.

Segundo a definição técnica de Thornthwaite (1948), as regiões semiáridas são aquelas cuja relação entre precipitação de chuvas e evapotranspiração potencial varia de 0,20 a 0,50; contudo, para a definição política do Semiárido em 2021, o Conselho Deliberativo da SUDENE (CONDEL/SUDENE, 2021), louvou-se nos expressos à continuidade critérios, já utilizados em 2017.

- Índice de Aridez de Thornthwaite inferior ou igual a 0,50;
- Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800mm e
- Percentual Diário de Deficit Hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

A classificação política é outra fonte de confusão, tanto nos parlamentos quanto nos governos brasileiros, quando se trata de definir quais municípios fazem parte do Semiárido brasileiro e são passíveis de receber recursos específicos das políticas públicas dirigidas para

esse ecossistema, sobretudo o Fundo Constitucional do Nordeste (FNE) criado na Constituição de 1988. Esse formato de definição abre a possibilidade de os critérios políticos prevalecerem sobre os técnicos (Lemos, 2020)

#### **2.4 Alguns fatores determinantes da produção leiteira**

Com fatores capazes de provocar dificuldades na produção de leite, evidencia-se que as elevadas temperaturas, o aumento da umidade do ar e a intensa exposição das vacas em lactação aos raios solares têm o potencial de induzir ao estresse térmico, resultando na redução da produtividade das vacas (Baccari Jr., 2001). Durante essa fase, os animais tendem a ingerir menos alimento, resultando, conseqüentemente, em uma menor produção de calor metabólico (Bilby *et al.*, 2009).

Conforme destacado por Souza *et al.* (2004), o ambiente onde ocorrem as ordenhas exerce influência na qualidade do leite. Instalações inadequadas, com estruturas que dificultam a higienização, tornam-se fontes potenciais de contaminação para as vacas, interferindo diretamente na quantidade produzida de leite. Em razão, porém, da considerável diversidade de sistemas de produção, nem sempre os produtores têm acesso às informações e tecnologias de manejo adequadas para o cuidado dos animais e a eficiente retirada do leite (Aguiar; Almeida, 1999; Voges, 2015).

A produção de leite está relacionada a fatores fisiológicos, classificáveis como hereditários relacionados à formação genética dos animais, ou não hereditários, englobando o estágio da lactação, a idade, a ordem de lactação, o tamanho do gado leiteiro e o nível de nutrição ao qual estão submetidos (Alves, 2008).

Para uma boa produção de leite, é essencial cuidar do ambiente onde as vacas vivem, considerando o clima, a higiene, a alimentação e o espaço. Esses fatores ambientais influenciam diretamente na eficiência da bovinocultura de leite e na produtividade das vacas em lactação (Martello, 2006)

Uma das principais dificuldades do Semiárido, em geral, e do nordestino, em particular, é a falta de regularidade das chuvas. Os produtores precisam guardar água para os períodos de seca, que são extensos. Outro problema é a vegetação da caatinga, que predomina nessa região, e que não oferece pastagens de boa qualidade durante todo o ano.

O clima do Semiárido é caracterizado por baixa precipitação, alta evaporação e elevadas temperaturas, que afetam o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais. A escassez e a irregularidade das chuvas limitam a disponibilidade e a qualidade dos recursos forrageiros, exigindo o uso de estratégias de alimentação suplementar, como o emprego da

palma forrageira, a silagem e a amonização de palhadas. O estresse térmico reduz o consumo de alimentos, a produção e a composição do leite, a eficiência reprodutiva e a resistência a doenças. Para minimizar esses efeitos, é importante prover sombra, água fresca e ventilação adequada aos animais (Alves, 2008)

As variações temporais no clima exercem influência significativa na produção pecuária de leite, uma vez que influenciam diretamente na disponibilidade de pastagem. Nem sempre oferecem condições ideais para o cultivo, como temperatura adequada e quantidade suficiente de água durante os períodos de plantio e colheita (Antonino *et al.*, 2000).

As instabilidades climáticas, em geral, e as pluviométricas em particular, impactam a pecuária leiteira, ocasionando uma redução de pastagens, tanto em quantidade como em qualidade, uma diminuição na oferta e um aumento nos preços dos grãos que entram na composição das rações oferecidas aos animais, ou as matérias-primas em que são produzidas as rações que alimentam as vacas em lactação. Além disso, contribuem para a disseminação de pragas e doenças, resultando na redução da produção e qualidade das rações (Da Silva, 2009).

Resultados de pesquisas, como as realizadas por Sirohi; Michaelowa (2007), indicam, de maneira mais direta, que as instabilidades climáticas resultam em ineficiências nos processos de dissipação de calor pelos animais, gerando um estresse térmico. Como consequência, observam-se a diminuição da ingestão de alimentos, bem como complicações nos processos reprodutivos, na incubação e na lactação, manifestando influxo negativo na produção de leite (Silva, 2009).

A ocorrência de períodos de seca resulta em uma significativa redução na produção de alimentos destinados ao rebanho. Há, também, um aumento nos custos de produção, uma vez que a escassez de pastagem demanda a utilização de alimentos volumosos complementares e concentrados para manter a produção. Em muitos casos, a continuidade do empreendimento torna-se inviável, sendo esse efeito ainda mais prejudicial para os pequenos e médios produtores (Zoccal, 2008).

Haja vista os desafios expressos pelas instabilidades climáticas, os produtores do Semiárido nordestino estão sempre à demanda de opções alimentares com elevado teor nutricional disponíveis na região para o seu rebanho. Uma das opções destacadas é o uso da palma forrageira, em razão da sua resistência às altas temperaturas e da adaptação ao solo. Surgem, ainda, a silagem como um suplemento alimentar viável, enquanto o cultivo de sorgo e milho é considerado alternativa energética mais acessível. Adicionalmente, a mandioca também se tornou uma opção. Outras incluem o uso de forrageiras leguminosas,

especialmente importantes em períodos de estiagem, como a Leucena (*Leucaena leucocephala*) e a Gliricídia (*Gliricidia sepium*) (Azevedo *et al.*, 2008).

### 3 METODOLOGIA

Neste segmento, foram tratadas a caracterização da área de estudo, a definição e as fontes da base de dados com as variáveis empregadas; e, ainda, se cuidou dos métodos de análises aplicados para o tratamento dos dados e obtenção dos seis objetivos específicos propostos para a investigação.

#### 3.1 Caracterização da Área de estudo

O Ceará, localizado na Região Nordeste do Brasil, é limitado ao norte pelo Oceano Atlântico, ao sul por Pernambuco, ao leste pelo Rio Grande do Norte e Paraíba, e ao oeste pelo Piauí. Com área de 148.886,3 km<sup>2</sup>, representa 9,58% do Nordeste e 1,75% da área do Brasil. É o 4º maior estado do Nordeste e o 17º no País em termos de extensão territorial (IPECE, 2021).

De acordo com o Censo Demográfico do IBGE (2022), o Ceará tinha 8.794.957 habitantes e uma densidade populacional de 59,07 hab./km<sup>2</sup>; sendo 1.035.470 habitantes na região do Cariri, 653.787 na Ibiapaba, 642.050 habitantes na região Jaguaribana, 3.740.104 no Litoral Fortaleza, 768.223 no Litoral Norte, 534.124 no Litoral Pecém, 257.192 no Maciço de Baturité e 1.164.007 habitantes no Sertão Central e Inhamuns (IBGE, 2022).

O Estado situa-se entre os paralelos 2,5° S e 10° S e os meridianos 34° W e 42° W. Seu relevo varia em altitude, aumentando de norte a sul e de leste a oeste, com as elevações mais baixas em Camocim (5 m) e as mais altas em Mulungu (1050 m) (Silva e Rao, 2002).

Administrativamente, o Ceará é dividido em 184 municípios. A regionalização adotada pela Secretaria do Planejamento e Gestão (SEPLAG) agrupa esses municípios em 14 Regiões de Planejamento: Cariri, Centro Sul, Grande Fortaleza, Litoral Leste, Litoral Norte, Litoral Oeste/Vale do Curu, Maciço de Baturité, Serra da Ibiapaba, Sertão Central, Sertão de Canindé, Sertão dos Crateús, Sertão dos Inhamuns, Sertão de Sobral e Vale do Jaguaribe. Essas regiões são definidas por características geoambientais, socioeconômicas, culturais e fluxos municipais. O Estado também possui duas Regiões Metropolitanas (Fortaleza e Cariri) e 18 microrregiões administrativas (IPECE, 2021).

Desde a observação, há uma heterogeneidade no Nordeste e no Ceará, que foi definida em trabalho da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), ao dividir o Ceará em oito regiões climáticas segundo o quadro 2:

Quadro 2 - Total de municípios por regiões climáticas

Regiões Climáticas	Total de municípios
Cariri	28
Ibiapaba	26
Jaguaribana	24
Litoral de Fortaleza	14
Litoral do Pecém	16
Litoral Norte	22
Maciço do Baturité	14
Sertão Central e Inhamuns	40
<b>Ceará</b>	<b>184</b>

Fonte: FUNCEME, 2020.

A FUNCEME dividiu o Ceará em oito regiões climáticas para facilitar o entendimento de seu regime de chuvas e que denotam as características definidas a seguir, no que concerne à produção de leite em 2022, segundo o IBGE.

a) **Região Climática Cariri.** Localizada ao sul do Estado, é constituída por 28 municípios: Abaiara, Altaneira, Aurora, Baixio, Barbalha, Barro, Brejo Santo, Caririaçu, Cariús, Cedro, Crato, Farias Brito, Granjeiro, Ipaumirim, Jardim, Jati, Juazeiro do Norte, Jucás, Lavras da Mangabeira, Mauriti, Milagres, Missão Velha, Nova Olinda, Penaforte, Porteiras, Santana do Cariri, Umari e Várzea Alegre (FUNCEME, 2020). Em 2022, a produção de leite bovino na região foi de 151.657 mil litros, no valor de R\$ 289.926.000,00 reais (IBGE, 2022).

b) **Região Climática Ibiapaba.** Situada no noroeste do Estado, inclui 26 municípios: Ararendá, Cariré, Carnaubal, Coreaú, Croatá, Forquilha, Frecheirinha, Graça, Groaíras, Guaraciaba do Norte, Hidrolândia, Ibiapina, Ipaporanga, Ipu, Ipueiras, Mucambo, Nova Russas, Pacujá, Pires Ferreira, Poranga, Reriutaba, São Benedito, Tianguá, Ubajara, Varjota e Viçosa do Ceará (FUNCEME, 2020). Em 2022, a produção de leite bovino na região foi de 46.828.mil litros, no valor de R\$ 119.359.000,00 reais (IBGE, 2022).

c) **Região Climática Jaguaribana.** Localizada no leste do Ceará, composta por 24 municípios: Alto Santo, Aracati, Banabuiú, Ererê, Fortim, Ibicuitinga, Icapuí, Icó, Iracema, Itaiçaba, Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Morada Nova,

Orós, Palhano, Pereiro, Potiretama, Quixeré, Russas, São João do Jaguaribe e Tabuleiro do Norte (FUNCEME, 2020). Em 2022, a produção de leite bovino na região foi de 359.450 mil litros, no valor de R\$ 759.832.000,00 reais (IBGE, 2022).

d) **Região Climática Litoral de Fortaleza.** Inclui 14 municípios: Aquiraz, Beberibe, Cascavel, Caucaia, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacajus, Pacatuba e Pindoretama (FUNCEME, 2020). Em 2022, a produção de leite bovino na região foi de 38.974.mil litros, no valor de R\$ 92.184.000,00 reais (IBGE, 2022).

e) **Região Climática Litoral do Pecém.** Abrange 16 municípios: Apuiarés, General Sampaio, Irauçuba, Itapajé, Itapipoca, Paracuru, Paraipaba, Paramoti, Pentecoste, São Gonçalo do Amarante, São Luís do Curu, Tejuçoca, Trairi, Tururu, Umirim e Uruburetama (FUNCEME, 2020). Em 2022, a produção de leite bovino na região foi de 33.719 mil litros, no valor de R\$ 83.403.000,00 reais (IBGE, 2022).

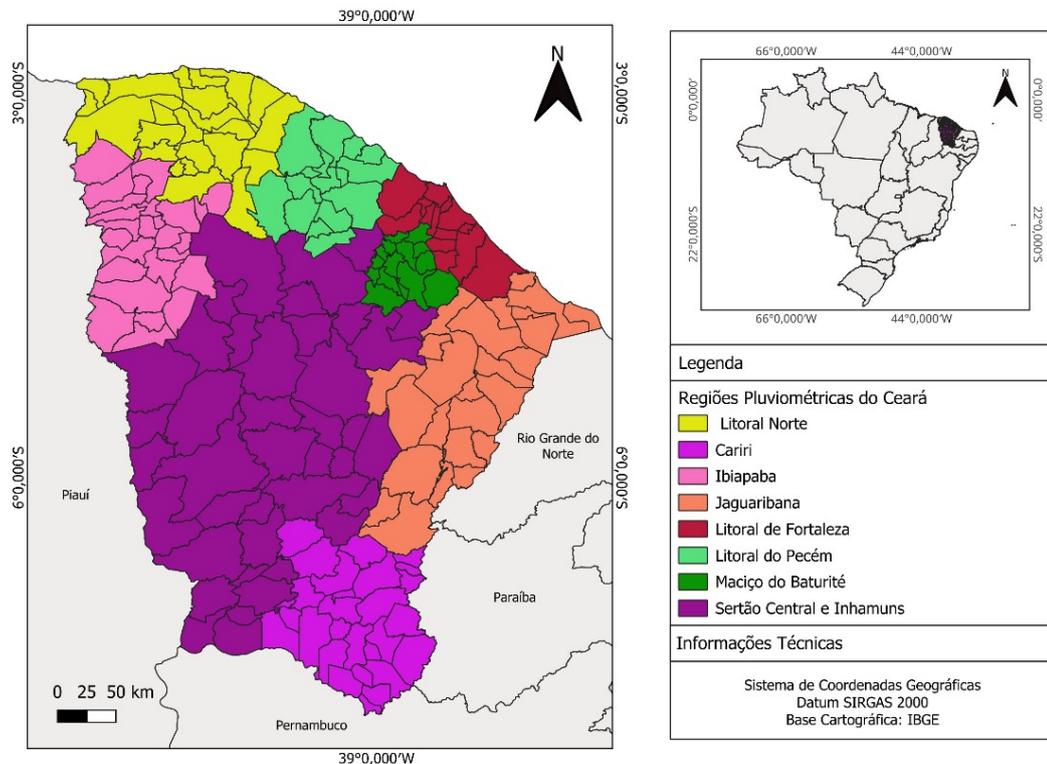
f) **Região Climática Litoral Norte.** Composta por 22 municípios: Acaraú, Alcântaras, Amontada, Barroquinha, Bela Cruz, Camocim, Chaval, Cruz, Granja, Itarema, Jijoca de Jericoacoara, Marco, Martinópole, Massapê, Meruoca, Miraíma, Moraújo, Morrinhos, Santana do Acaraú, Senador Sá, Sobral e Uruoca (FUNCEME, 2020) Em 2022, a produção de leite bovino na região foi de 25.571 mil litros, no valor de R\$ 75.273.000,00 reais (IBGE, 2022).

g) **Região Climática Maciço de Baturité.** Compreende 14 municípios: Acarape, Aracoiaaba, Aratuba, Barreira, Baturité, Capistrano, Guaiuba, Guaramiranga, Itapiúna, Mulungu, Ocara, Pacoti, Palmácia e Redenção (FUNCEME, 2020). Em 2022, a produção de leite bovino na região foi de 11.367 mil litros, no valor de R\$ 29.543.000,00 reais (IBGE, 2022).

h) **Região Climática Sertão Central e Inhamuns.** Abrange 40 municípios: Acopiara, Aiuaba, Antonina do Norte, Araripe, Arneiroz, Assaré, Boa Viagem, Campos Sales, Canindé, Caridade, Catarina, Catunda, Choró, Crateús, Deputado Irapuan Pinheiro, Ibaretama, Iguatu, Independência, Itatira, Madalena, Milha, Mombaça, Monsenhor Tabosa, Novo Oriente, Parambu, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Potengi, Quiterianópolis, Quixadá, Quixelô, Quixeramobim, Saboeiro, Salitre, Santa Quitéria, Senador Pompeu, Solonópole, Tamboril, Tarrafas e Tauá (FUNCEME, 2020). Em 2022, a produção de leite bovino na região foi de 396.142 mil litros, no valor de R\$ 874.022.000,00 reais (IBGE, 2022).

Veja-se o mapa 3, com as respectivas divisões.

Mapa 3 - Regiões climáticas em que o Ceará está dividido.



Fonte: Elaboração própria, com suporte nos dados da FUNCEME (2020).

### 3.2 Base de dados

Este estudo emprega os dados de precipitações pluviométricas e temperatura do ar, os quais foram disponibilizados pela *National Oceanic and Atmospheric Agency* (NOAA, 2020), abrangendo o período de 1997 a 2020. Reporta-se a informações provenientes do banco de Dados Sidra e indicadores fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes ao período de 1997 a 2020, conforme encontrados nos Anuários Estatísticos do IBGE, e Pesquisa Pecuária Municipal (PPM). Produtos de origem animal, por tipo de produto, também abrangendo o período de 1997 a 2020. As unidades de observações são todos os municípios do Ceará. A totalidade dos valores nominais foi corrigida, tomando por base o ano de 2021. Para tanto, se utilizou o IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas.

### 3.3 Variáveis utilizadas na pesquisa

A pesquisa parte do conceito de valor da produção de leite ( $VP_{it}$ ), em um determinado município cearense “i” ( $i = 1, 2, \dots, 184$ ) no ano “t” ( $t = 1997, 1998, \dots, 2020$ ). A variável  $VP_{it}$ , na prática, define a receita bruta, ou o faturamento bruto da produção de leite para os criadores situados no i-ésimo município no t-ésimo ano e é definido na equação (1)

$$VP_{it} = QD_{it} \cdot PR_{it} \quad (1).$$

Nesta equação (1)  $PR_{it}$  é o preço do litro de leite em reais atualizados para valores de 2021; e  $QD_{it}$  é a quantidade produzida de litros de leite no i-ésimo município cearense e no t-ésimo ano está definida conceitualmente de acordo com o que está mostrado na equação (2):

$$QD_{it} = RN_{it} \cdot VC_{it} \quad (2),$$

sendo:

$RN_{it}$  é a produção de leite por vaca em lactação no ano “t”;

$QD_{it}$  = quantidade produzida de leite produzida durante um dado período de tempo;

$VC_{it}$  = Vacas em lactação anual em unidades.

Assim definida, essa variável afere a produtividade anual de cada vaca em lactação no t-ésimo ano e no i-ésimo município cearense. Caso se queira estimar a produtividade diária das vacas, basta dividir o valor por 365, nos anos normais, e por 366 nos anos bissextos. Substituindo a equação (2), na equação (1), obtêm-se o seguinte resultado, mostrado na equação (3):

$$VP_{it} = RN_{it} \cdot VC_{it} \cdot PR_{it} \quad (3)$$

Sendo assim, a equação (3) é, na verdade, a definição do conceito de valor da produção de leite num determinado local. Em nível de município, num dado ano, este valor é determinístico, porque se trata de uma definição. Na equação (3), os produtores de leite

exercitam controle sobre o tamanho do rebanho e definem a tecnologia que adotarão. Como tecnologia, entende-se a genética do rebanho, tanto dos reprodutores como das vacas que são criadas com a finalidade de produzir leite, alimentação, pastagem. Manejo e genética contribuirão para a produção de leite que o criador espera do seu rebanho; mas essas variáveis experimentarão influências de variáveis exógenas, fora do controle do criador. Dentre elas, estão as temperaturas e as pluviosidades. Assim, o controle que os criadores exercitam sobre a produtividade projetada ficará limitado por essas influências externas que lhe fogem ao controle. Considera-se, porém, que a tecnologia que adotará é variável endógena, e que a produtividade é endógena dependente de variáveis exógenas. O preço do leite não é definido pelo produtor. Para ele, o preço é dado e ele ajustará as quantidades produzidas a esses preços, já tendo alcançado a produção que tencionava alcançar. No máximo, o agricultor é capaz de fazer projeções de preços com base em experiências e, ainda, com suporte noutras variáveis que lhes estão fora do alcance. Caso os preços não sejam vantajosos na época da ordenha das vacas, o criador tem a opção de não ordenhar o seu rebanho produtivo em plenitude, porque isso é passível de lhe causar problemas. Portanto, o preço do leite é uma variável exógena para o agricultor e, assim, será tratada nesta pesquisa.

Há, ainda,, pelo menos mais duas variáveis interferentes na produção de leite, que são as precipitações de chuvas no período “t” ( $CH_{it}$ ) e as temperaturas observadas no mesmo tempo ( $TP_{it}$ ). Essas duas variáveis são totalmente exógenas ao poder de decisão do agricultor e, sobre elas, ele não terá qualquer tipo de formação de expectativas. São totalmente aleatórias para o agricultor. Assim, o valor da produção dependerá dessas variáveis climáticas, interagindo isoladamente ou em sinergia. Essa informação é captada pela relação funcional exprimida na equação (4).

$$VP_{it} = f(CH_{it}, TP_{it}) \quad (4)$$

Ancorada nessas informações, esta investigação opera com três tipos de variáveis: Endógena Plena ou Endógena Determinística (ENDO-DETR). Neste caso, é o tamanho do rebanho, partindo-se da suposição de que o criador define o tamanho do seu rebanho leiteiro para cada ano. Variável Endógena não determinística ou aleatória (ENDO-ALEA). Aqui, é a produtividade do rebanho do agricultor em que ele exercita controle sobre o manejo e a genética do rebanho, mas não tem qualquer controle sobre variáveis climáticas (pluviometria e temperatura). Variável exógena que os agricultores têm a capacidade de fazer previsões de um ponto de vista probabilística (EXOG- PREV). Este é o caso do preço do leite, haja vista

que o preço é definido pelo mercado, mas o agricultor examina o comportamento dos preços dos anos mais recentes para tentar fazer previsões do que provavelmente acontecerá quando tiver a sua produção de leite. Variáveis exógenas totalmente imprevisíveis (EXPG-NPRV), sobre as quais os agricultores não exercitam qualquer controle, sequer tem condições de estimar probabilidade de ocorrência. Neste caso, as pluviometrias anuais e as temperaturas anuais observadas em cada município ao extenso do período estudado. Variáveis construídas (CONS) a partir das combinações dessas variáveis, segundo mostrado nas equações (1); (2); (3) e (4). Estas variáveis estão mostradas em síntese no Quadro (3).

Quadro 3: Características e definições das variáveis utilizadas na pesquisa, associadas ao  $i$ -ésimo município e ao  $t$ -ésimo ano, no período de 1997 a 2020

Variáveis	Descrição	Características das variáveis
$VC_{it}$	Vacas em lactação anual em unidades	ENDO - DETR
$RN_{it}$	Produtividade por vaca litro dia	ENDO-ALEA
$CH_{it}$	Precipitação média anual de chuvas, em milímetro	EXOG-NPRV
$TP_{it}$	Temperatura média anual, em graus Celsius	EXOG-NPRV
$PR_{it}$	Preço médio anual de leite. em Reais	EXOG-PREV
$VP_{it}$	Valor de Produção anual de leite, em Reais	CONS
$QD_{it}$	Quantidade anual produzida de leite, em litros	CONS

Fonte: Definição das variáveis. Elaboração própria.

### 3.4 Métodos de análises

Em seguida, são expressos os procedimentos metodológicos adotados, objetivando alcançar cada um dos objetivos específicos do experimento.

#### 3.4.1 Metodologia adotada para atingir o objetivo “a”

Para alcançar os resultados previstos no objetivo “a”, a pesquisa intenta estimar as estatísticas descritivas associadas a cada uma das variáveis estudadas: valores mínimos, valores máximos, média aritmética, desvio-padrão e coeficiente de variação. Com essas evidências, já se terá uma visão panorâmica do comportamento das variáveis durante o período investigado, que se estende de 1997 a 2020.

Além de aferir os padrões de instabilidades associadas às variáveis estudadas, a pesquisa utiliza o coeficiente de variação (CV). O CV afere a variação percentual do desvio-padrão relativamente à média. Quanto mais elevado o CV, mais instável é a distribuição dos valores de uma variável em torno da sua média. Segundo Gomes (1985), os CV são classificados de acordo com a sua amplitude.

O Quadro 4 aponta uma ferramenta útil para classificar a variabilidade dos dados com base no Coeficiente de Variação (CV), uma medida estatística que expressa a dispersão dos valores em relação à média. Quanto maior o CV, maior a instabilidade e dispersão dos dados.

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

Classificação dos CV	Amplitude de variação
Baixo	$CV < 10\%$
Médio	$10\% < CV < 20\%$
Alto	$20\% < CV < 30\%$
Muito alto	$CV > 30\%$

Fonte: Gomes, 1985

O Quadro 4 serve como guia para interpretar o CV de variados conjuntos de dados. Ao determinar o CV de um conjunto de dados, é possível compará-lo com os intervalos de amplitude mostrados no quadro para classificar a dispersão dos valores. Essa classificação fornece informações valiosas sobre a homogeneidade ou heterogeneidade dos indicadores, auxiliando na análise e interpretação dos resultados.

Com o  $CV < 10\%$  significa Baixa Dispersão: os valores se concentram próximos à média, indicando uma distribuição relativamente homogênea; entre  $10\% < CV < 20\%$  Dispersão Moderada: os valores se distribuem em torno da média, mas com maior amplitude em comparação à classificação "Baixo"; entre  $20\% < CV < 30\%$  Alta Dispersão: os valores exprimem grande amplitude e se afastam significativamente da média, indicando uma distribuição mais heterogênea e, quando o  $CV > 30\%$ , Dispersão Extrema: os valores se distribuem de maneira muito dispersa, com grande afastamento da média, caracterizando uma distribuição altamente heterogênea.

### **3.4.2 Metodologia adotada para atingir ao objetivo “b”**

Para aportar ao segundo objetivo, foi instituído o Índice de Instabilidade na Produção de Leite do Ceará (INST). A pesquisa utiliza o coeficiente de variação (CV). Por definição, o CV afere a relação percentual entre o desvio-padrão e a média de uma variável aleatória. Na prática, a magnitude do CV sinaliza como os valores de uma variável se distribuem no entorno da sua média. Quanto maior for a dispersão, maior será o CV e menor será a capacidade que a média terá de aferir a acuidade da distribuição. O CV, portanto, afere os graus de homogeneidade/heterogeneidade, ou de estabilidade/instabilidade da distribuição dos valores de uma variável em torno da sua média (Lemos; Bezerra, 2019; Bezerra, 2022; Lessa, 2022).

A estratégia metodológica adotada consistiu em empregar o coeficiente de variação (CV), conforme previamente utilizado na pesquisa conduzida por Lemos e Bezerra (2019). O CV, por definição, mensura a relação percentual entre o desvio-padrão e a média aritmética de uma variável aleatória. Conforme explicado por Gomes (1985), é possível categorizar o CV associado a uma variável aleatória, de acordo com suas amplitudes, conforme está no Quadro 4, localizado na descrição do primeiro objetivo.

Assim, quanto mais próximo de zero o CV estiver em relação à distribuição de uma variável aleatória, mais homogênea ou estável será a distribuição das observações em torno da média. Embora não exista um limite superior estabelecido, para utilizar o CV como medida de homogeneidade/heterogeneidade ou estabilidade/instabilidade da distribuição de uma variável aleatória, é necessário definir valores críticos. Gomes (1985) estabeleceu as amplitudes que constam no Quadro 4 para as classificações dos CV.

Dessa maneira, a opção pelo uso do coeficiente de variação (CV), neste modelo de avaliação, em detrimento de outras medidas de variabilidade, é coerente com as unidades de medida. Isso possibilita a comparação de disparidades ou instabilidades entre variáveis medidas em distintas unidades de medida. (Allison 1978; Garcia, 1989; O’Reilly; Caldwell; Barnet, 1989; Wiersema, Bantel, 1993; Sorensen, 2000; Pauw, 2003; FAO, 2006, 2014).

A pesquisa estima os CV associados às cinco (5) variáveis que definem a produção de leite no Ceará. Como o INST afere a instabilidade temporal, ele captará o comportamento das variáveis que definem a produção de leite no Ceará (valor da produção, produtividade e preços) em sinergia com as variáveis climáticas: precipitação de chuvas e temperatura.

Da semelhante maneira, se criou o Índice de Produção de leite para o Ceará (IPRO). Por definição, calculam-se as médias anuais do Ceará cuja base de dados coincide com as observações de cada município em cada ano. Para calcular o IPRO, calculam-se os valores médios anuais das variáveis que definem a produção de leite e as variáveis climáticas utilizadas na pesquisa.

O IPRO é estimado por intermédio da sinergia entre os valores médios anuais das variáveis que definem a produção de leite, com as variáveis climáticas. Para fazer a captura dessa sinergia, a pesquisa também utiliza o método de análise fatorial, com decomposição em componentes principais,

A seguir, encontram-se os fundamentos básicos da Análise Fatorial (AF) e do método de extração de Decomposição em Componentes Principais (DCP) no que se adaptam para estimar o IPRO e o INST.

Como sobra evidente, o INST e o IPRO são calculados com amparo nas estimativas das médias anuais, dos desvios-padrão e, em decorrência, dos coeficientes de variação das variáveis estudadas nos anos de 1997 a 2020. Com este procedimento, as variáveis estabelecidas (produtividade na produção anual de leite e valor da produção anual de leite) têm flutuações nos 24 anos estudados. Desta maneira, as definições dessas variáveis que, em nível de município, são determinísticas, passam a ser aleatórias no decurso do período investigado nesses municípios. Essa foi a estratégia desenhada para se chegar aos objetivos propostos na experimentação. Com efeito, foram captadas por intermédio da AF as interações das variáveis associadas à produção de leite com as temperaturas médias anuais e com as pluviometrias médias anuais observadas nos municípios.

#### *3.4.2.1 Método de análise fatorial (AF) no que se aplica a esta pesquisa nas estimações do IPRO e do INST.*

Um jeito de resumir a informação contida em um conjunto de variáveis observadas ( $n$ ) é usar a análise fatorial (AF), técnica estatística para achar menos variáveis aleatórias ( $p < n$ ) que representem bem os dados. Essas variáveis aleatórias são chamadas de fatores comuns e são variáveis latentes, ou seja, não são medidas diretamente, mas refletem algum aspecto relevante dos dados. A vantagem de reduzir o número de fatores é que eles são habilitados a explicar melhor a variabilidade dos dados e facilitar a identificação de grupos de variáveis relacionadas a características específicas nas questões avaliativas (Fávero; Belfiore, 2017; Mingoti, 2007; Pasquali, 2009; Primi, 2003; Thompson, 2004; Yuan *et al.*, 2007).

Para definir quantos fatores devem ser extraídos na análise é necessário usar um critério de escolha. Neste estudo, aplica-se o critério da raiz latente (critério de Kaiser), que consiste em selecionar os fatores cujas raízes características sejam superiores a um (1), indicando quanto cada fator contribui para a variância total (Mingoti, 2007).

O modelo de análise fatorial, segundo Mingoti (2007), é explicável matricialmente, do modo como se segue na Equação 5.

$$X_{px1} = A_{pxr}R_{rx1} + \epsilon_{px1} \quad (5)$$

em que

X é o vetor de variáveis originais;

F é o vetor de fatores comuns;

A é a matriz de cargas fatoriais;

$\epsilon$  é o vetor de erros aleatórios;

r é o número de fatores;

p é o número de variáveis.

Uma maneira de simplificar N variáveis observadas é aplicar a análise fatorial, que as resume em r fatores não observados ( $r < N$ ), cada um captando aspectos específicos das variáveis originais, além de um erro aleatório ( $\epsilon$ ). O método de estimação mais usado é a decomposição em componentes principais (DCP), baseada no uso de autovetores e autovalores, que possibilita o cálculo da matriz de fatores ortogonais (Fávero; Belfiore, 2017; Julião; Lima, 2015; Lemos, 2012; Bezerra, 2022; Lessa, 2023; Costa, 2023).

A análise fatorial é uma técnica estatística que tenciona entender a estrutura de inter-relações das variáveis. Ela identifica fatores comuns que explicam a variação nos dados observados. Esses fatores são interpretados como dimensões subjacentes que influenciam as variáveis originais (Sancho, 2012)

Para que a análise fatorial seja aplicável, é necessário que as variáveis sejam correlacionadas. Caso contrário, a matriz de correlação será uma matriz-identidade. Para avaliar essa condição, usa-se o Teste de Esfericidade, de Bartlett, baseado na distribuição qui-quadrado. A hipótese nula afirma que as variáveis são independentes, e, portanto, deve ser descartada, se o p-valor for menor ou igual a 10% de significância (Hair *et al.*, 2005; Fávero; Belfiore, 2017; Pallant; Tennant, 2007).

Para verificar se o método é adequado, é necessário atender a um requisito

estatístico: o Teste de Kaiser-Meier-Olkin (KMO), que deve ter valores iguais ou superiores a 0,5 ( $0,5 \leq \text{KMO} \leq 1,0$ ). Segundo Fávero e Belfiore (2017), valores de KMO inferiores a 0,5 não são aceitáveis. Demais disso, os fatores devem explicar mais de 50% da variância. (Hair *et al.*, 2005; Fávero; Belfiore, 2017).

Para realizar a análise fatorial, é preciso escolher um método de rotação dos fatores extraídos. Existem métodos que produzem fatores correlacionados (obliquos) ou não correlacionados (ortogonais). Como o objetivo deste estudo é estabelecer um índice com procedência nos fatores, é necessário que eles sejam ortogonais, ou seja, independentes entre si. Por isso, optou-se pelo método Varimax, que é uma rotação ortogonal para maximizar a variância dos fatores (Primi, 2003; Thompson, 2004; Fávero; Belfiore, 2017; Pasquali, 2009).

Com amparo na análise fatorial, obtêm-se coeficientes que são aplicados nas variáveis originais padronizadas (com média zero e variância um) para obter os escores fatoriais por via da Análise dos Componentes Principais (ACP), nos quais as variáveis originais são transformadas e agrupadas conforme as correlações, sendo reduzidas nesses fatores. Os escores fatoriais têm média zero e variância um (1), tendo, assim, valores positivos ou negativos que oscilam em torno da média zero. Como configuram fenômenos econômicos, é importante que os índices estabelecidos sejam estritamente positivos (Briguglio; Galea, 2003).

Um modo de assegurar que os escores fatoriais sejam todos positivos é aplicar a Equação 6, que preserva as proporções originais entre eles. Isso é importante para evitar que os escores fatoriais tenham valores negativos, o que comprometeria a interpretação dos resultados.

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

em que  $F_{\min}$  e  $F_{\max}$  são os valores inferior e superior, ponderados dos escores fatoriais correspondentes ao Estado em cada ano analisado. Desse jeito, todos os escores fatoriais serão positivos e ficarão dentro do intervalo fechado entre zero e um.

O Índice de Produção de Leite (IPRO), assim como o Índice de Instabilidade Temporal (INST), são estimados com suporte nas variâncias explicadas por parte de cada fator gerado no modelo. Tomando a estimação do IPRO, a sua estimativa será dada segundo a equação (7) a seguir:

$$\text{IPRO} = \sum w_r.F_{rt} \quad (7).$$

Na equação (7), os  $w_r$  aferem as participações relativas das variâncias estimadas na variância total estimada pelos fatores gerados depois da rotação ortogonal para cada fator. A sua soma deve ser um. Os  $F_{rt}$  se referem aos escores fatoriais estimados a partir do modelo definido, normalizados para variarem entre zero e um, como mostrado na equação (7); em que  $\text{IPRO}_t$  se refere ao Índice de Produtividade de Leite para o Estado do Ceará, no ano  $t$  ( $t = 1997, 1998, \dots, 2020$ ). Os valores variam entre zero e um, sendo que, quanto mais próximo de 1, é mais produtivo e, quanto mais próximo de zero, é menos produtivo. Procedimento idêntico é feito para gerar o INST, porém o valor dos Índices de Instabilidade, quanto mais próximo de zero, mais estável e, quanto mais próximo de um, mais instável, ou de maior risco.

### 3.4.3 Metodologia adotada para atingir o objetivo “c”

Essa metodologia é empregada para se encontrar o terceiro objetivo desenhado para esta pesquisa - que é hierarquizar as regiões climáticas do Ceará, de acordo com esses instrumentos (IPRO e INST). Como os procedimentos são iguais para hierarquizar as regiões climáticas com ambos os índices, recorre-se ao procedimento para fazer a hierarquia pelo IPRO que está apresentado na equação (8) a seguir.

$$\text{IPRO}_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \beta_3 D_3 + \beta_4 D_4 + \beta_5 D_5 + \beta_6 D_6 + \beta_7 D_7 + \epsilon_{ijt} \quad (8)$$

Neste caso, IPRO é o índice estimado para região “i”, município “j” e no ano “t” ( $t = 1997, 1998, \dots, 2020$ ), as variáveis  $D_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 7$ ) são *dummies* (binárias) que assumem os seguintes valores:

$D_1 = 1$  se a região for Cariri; ou  $D_1 = 0$  nas demais regiões;

$D_2 = 1$  se a região for Ibiapaba; ou  $D_2 = 0$  nas demais regiões;

$D_3 = 1$  se a região for Jaguaribana; ou  $D_3 = 0$  nas demais regiões;

$D_4 = 1$  se a região for Litoral de Fortaleza; ou  $D_4 = 0$  nas demais regiões;

$D_5 = 1$  se a região for Litoral Norte; ou  $D_5 = 0$  nas demais regiões;

$D_6 = 1$  se a região for Litoral Pecém; ou  $D_6 = 0$  nas demais regiões;

$D_7 = 1$  se a região for Maciço de Baturité; ou  $D_7 = 0$  nas demais regiões.

Quando  $D_1 = D_2 = D_3 = D_4 = D_5 = D_6 = D_7 = D_8 = 0$ , o coeficiente linear da equação (8) será o IPRO médio da região Sertão Central e Inhamuns. Caso os  $\beta_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 8$ ) forem estatisticamente diferentes de zero, significa que as pluviometrias médias das regiões são diferentes. O termo aleatório  $\epsilon_{ij}$ , por hipótese, é um ruído branco. Conforme Wooldridge (2011) e Gujarati e Porter (2011), na condição de as hipóteses relacionadas aos termos aleatórios serem atestadas, os coeficientes lineares e angulares das equações (8) são estimáveis pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

Com base nas informações fornecidas, resta estabelecida uma hierarquia das regiões climáticas do Ceará em relação ao Índice de Produção Média (IPRO). Essas hierarquias são organizadas em ordem crescente ou decrescente, dependendo dos valores do IPRO para cada região.

Se houver diferenças estatisticamente significativas nos índices entre as regiões, é razoável supor que essas diferenças tenham influenciado o comportamento associado à produção de leite no Ceará durante o período avaliado.

O mesmo procedimento foi feito para aferir se os INST (Índice de Instabilidade) são estatisticamente diferentes entre as regiões, conforme mostrado na equação:

$$INST_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \beta_3 D_3 + \beta_4 D_4 + \beta_5 D_5 + \beta_6 D_6 + \beta_7 D_7 + \epsilon_{ijt} \quad (9)$$

Neste caso, INST é o índice estimado para região “i”, município “j” e no ano “t” ( $t = 1997, 1998, \dots, 2020$ ), as variáveis  $D_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 7$ ) são *dummies* (binárias) que assumem os seguintes valores:

$D_1 = 1$  se a região for Cariri; ou  $D_1 = 0$  nas demais regiões;

$D_2 = 1$  se a região for Ibiapaba; ou  $D_2 = 0$  nas demais regiões;

$D_3 = 1$  se a região for Jaguaribana; ou  $D_3 = 0$  nas demais regiões;

$D_4 = 1$  se a região for Litoral de Fortaleza; ou  $D_4 = 0$  nas demais regiões;

$D_5 = 1$  se a região for Litoral Norte; ou  $D_5 = 0$  nas demais regiões;

$D_6 = 1$  se a região for Litoral Pecém; ou  $D_6 = 0$  nas demais regiões;

$D_7 = 1$  se a região for Maciço de Baturité; ou  $D_7 = 0$  nas demais regiões.

Quando  $D1 = D2 = D3 = D4 = D5 = D6 = D7 = D8 = 0$ , o coeficiente linear da equação (9) será o INST médio da região Sertão Central e Inhamuns.

A elaboração de índices de produtividade (IPRO) e instabilidade (INST) para hierarquização de municípios, a partir da coleta de diversas variáveis que descrevem um fenômeno, sintetiza em seis regiões de produtividade e quatro regiões de instabilidade as informações de todas as variáveis medidas sobre a produção de leite. Então, com suporte na técnica de AF, calculam-se e se constroem esses índices, que representam as variáveis de produção e as variáveis climáticas, ou seja, elabora-se um indicador que corresponda a um número-índice de cada município, com o objetivo de identificar e analisar regiões distintas. Esses índices dão a oportunidade de identificar uma região de municípios produtores de leite e, também, uma região com municípios de maiores riscos para a atividade.

#### ***3.4.4 Metodologia adotada para atingir o objetivo “d”***

No quarto objetivo, a pesquisa aferiu a relação entre o IPRO e o INST no Estado e nas regiões. No IPRO, como foi demonstrado na metodologia, agregam-se os valores médios das variáveis que definem a produção de leite no Ceará de 1997 a 2020, em sinergia com as variáveis climáticas (temperaturas médias e pluviometrias médias anuais). Sendo assim, esse índice agrega as médias das variáveis que definem a produção de leite, devidamente “contaminadas” pelas pluviometrias e pelas temperaturas médias anuais. O índice de instabilidade (INST), por sua vez, ajunta os coeficientes de variação associados às variáveis definidoras da produção de leite, devidamente junto com os coeficientes de variação associados às temperaturas e às pluviometrias médias anuais. Definido dessa maneira, o INST afere, agregadamente, as instabilidades na produção de leite causadas pelo conjunto das variáveis que o definem. O INST, portanto, é interpretado como um aferidor dos riscos associados às produções médias de leite no período analisado. E foi deste modo tratado nesta pesquisa.

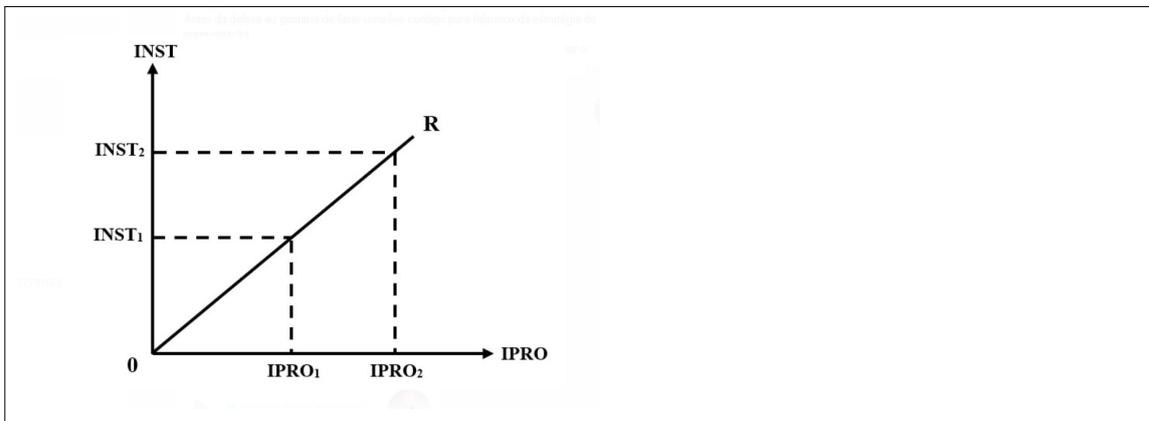
Para fazer essa conexão, reporta-se ao trabalho de Markowitz (1952), desenvolvido originalmente para determinar a seleção de portfólios, de modo a obter uma combinação eficiente de investimentos. Segundo esse autor, os investidores procurariam combinações de investimentos que individualmente teriam valores esperados, mas que indicavam uma variância conjunta, que seria o fator aferidor de risco associados às combinações. Eles demandariam pelas combinações com menores variâncias ou com menores riscos. As aplicações com maiores valores esperados teriam maiores variâncias, portanto, maiores riscos. O objetivo seria, então, encontrar combinações que propiciassem maiores retornos

(maiores valores esperados), com menores riscos (menores variâncias absolutas ou relativas).

Artigo de Lemos (1995) fez adaptação desse modelo de Markowitz para a combinação de dois tipos de agricultura no Estado do Ceará: agricultura na qual predominava o cultivo de *comodities* cultivadas nas unidades patronais ou *comodities vis-à-vis* agricultura cultivada nas unidades familiares.

Nesta pesquisa, tem-se apenas uma atividade produtiva envolvida, que é a produção de leite no Ceará com desdobramentos para as regiões climáticas. A combinação, neste caso, está associada às variáveis climáticas (temperatura e pluviometria) com as variáveis que definem a produção de leite. A hipótese é que os produtores que fizerem combinações das variáveis que possibilitem maiores valores esperados, aferidos pelo IPRO, provavelmente, terão variâncias relativas (CV) maiores, que, nesta pesquisa, são aferidos agregadamente no INST. Geometricamente, o arcabouço seria algo parecido com o que está mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Relação esperada entre o INST e o IPRO, com base na aplicação do modelo proposto por Markowitz



Fonte: Adaptação feita com base no modelo de Markowitz.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta segmento, estão mostrados os resultados organizados na sequência em que foram expressos os objetivos.

### 4.1 Resultados encontrados para avaliação das estatísticas descritivas e instabilidades climáticas na produção de leite no Ceará (1997-2020)

A Tabela 1, a seguir, encerra os resultados referentes aos valores mínimos, máximos, médios, desvios-padrão e coeficientes de variação (CV) associados às variáveis estudadas na pesquisa para o Ceará de 1997 a 2020. Segundo as evidências mostradas nesta tabela, depreende-se que as pluviometrias denotaram instabilidades médias (CV = 17,76%) na escala proposta por Gomes (1985), ao passo que as temperaturas exprimiram instabilidade baixa, como esperado, aferida por um CV = 2,47%.

As maiores instabilidades foram mostradas pela quantidade produzida de leite nos 184 municípios, em que a média foi de 2.489.635 litros e o CV = 129,51%. A instabilidade estimada para o valor da produção, cujo valor médio anual foi de R\$ 5.516.626,00, também foi muito alta, tendo em vista o CV estimado da ordem de 117,72%. Em relação às vacas em lactação, cuja média anual foi de 2927,82, o CV estimado de 106,11% também foi classificado como muito alto. A produtividade de 0,62 litros por dia teve CV = 26,81; instabilidade alta. As pluviometrias com CV=17,76% e os preços com médio de R\$2,45 tiveram instabilidades médias (Tabela 1)

Tabela 1 – Quantidade de observações, valores mínimos, máximos, médios, desvios-padrão e coeficientes de variação das variáveis estudadas de 1997 a 2020.

(continua)

Variáveis	N	Mínima	Máxima	Media	Desvio padrão	CV(%)
Temperatura	184	25,31	28,16	26,88	0,66	2,47
Pluviometria	184	593,38	1215,88	866,84	153,95	17,76
Vacas em lactação	184	156,88	16837,29	2759,27	2927,82	106,11
Produtividade	184	1,41	4,61	2,30	0,62	26,81
Preço	184	1,75	3,16	2,45	0,37	14,94

Tabela 1 – Quantidade de observações, valores mínimos, máximos, médios, desvios-padrão e coeficientes de variação das variáveis estudadas de 1997 a 2020

(conclusão)

Variáveis	N	Mínima	Máxima	Media	Desvio padrão	CV(%)
Leite	184	136.125	22.400.125	2.489.635	3224312	129,51
Valor	184	405.721,10	45.655.654,29	5.516.626,00	6494027	117,72

Fontes: valores estimados com suporte nos dados da NOAA (2020) e do IBGE (1997-2020)

Na Tabela 2, estão as estatísticas descritivas estimadas para as regiões climáticas do Ceará. Pelas evidências desta tabela, depreende-se que os dois maiores rebanhos médios de vacas em lactação estavam, respectivamente, na Região Jaguaribana (4698 cabeças) e na Região Central e Inhamuns (4578 cabeças). Essas duas regiões também mostraram as maiores médias de produção de leite no período investigado, com 4.967,4 milhões e 4.026,7 milhões de litros.

Tabela 2– Valores mínimos (Mn), máximos (Mx), médios (Md) e coeficientes de variação (CV) estimados para as variáveis estudadas para a produção de leite nas regiões climáticas do Ceará nos anos de 1997 a 2020.

R1	Temp.	Pluv.	Vacas	Produt.	Preço	Qde. Leite	Valor	
Mn	25,31	760,73	404	1,53	1,75	272.625,00	708.190,50	
Mx	26,71	895,31	6656	2,82	2,72	5920.875,00	14.298.583,00	
MD	26,04	822,86	2848	1,991	2,28	2166190,48	4.765.140,23	
CV(%)	1,83	3,88	58,52	15,80	13,98	65,53	66,17	
R2	Mn	26,09	762,54	364	1,57	2,46	214.666,70	600,707,70
Mx	27,43	1196,34	4057	2,25	2,86	2.837.375,00	8.022.547,07	
Md	26,53	1017,29	1590	1,81	2,74	1.085.173,07	2.952.727,07	
CV(%)	1,32	13,52	67,07	8,43	4,45	70,41	69,56	

Tabela 2– Valores mínimos (Mn), máximos (Mx), médios (Md) e coeficientes de variação(CV) estimados para as variáveis estudadas para a produção de leite nas regiões climáticas do Ceará nos anos de 1997 a 2020.

								(conclusão)
R3		Temp.	Pluv.	Vacas	Produç.	Preço	Qde. Leite	Valor
	Mn	26,74	693,53	319	1,83	1,76	305.125,00	745.044,20
	Mx	27,97	872,53	16837	3,63	2,50	22.400.125,00	45.655.654,00
	Md	27,53	767,40	4698	2,74	2,06	4.967.428,75	9.562.276,35
	CV(%)	1,44	6,09	95,38	16,00	11,72	103,577	104,76
R4	Mn	27,06	889,69	420	2,27	2,33	450.416,70	1.218.041,00
	Mx	27,79	1176,66	5392	4,33	3,05	8.220.79,00	21.659.980,00
	Md	27,40	1028,17	1556	3,20	2,71	203.7026,77	5.372.261,00
	CV(%)	1,00	9,58	106,06	20,94	7,87	129,69	129,36
R5	Mn	26,89	854,88	180	1,71	2,50	136.125,00	405.721,10
	Mx	28,16	1215,88	7527	2,69	3,16	4.929.083,00	12.917.096,00
	Md	27,6	1053,85	1484	2,11	2,88	1.069.424,16	2.925.209,04
	CV(%)	1,29	8,36	123,44	14,70	5,53	110,57	103,61
R6	MN	26,82	711,10	395	1,91	2,01	399.458,30	16.914.785,80
	Mx	27,66	1041,38	4847	4,61	2,85	5.778.292	811.614.024,00
	Md	27,28	872,33	1691	2,78	2,32	1.828.710,88	4.099.503,93
	CV(%)	0,81	10,65	73,88	23,06	11,05	85,36	79,16
R7	Mn	26,74	776,43	157	1,81	1,86	16.654,70	43.6726,70
	Mx	27,32	930,26	1667	2,86	2,87	1.330.292	3.367.477,00
	Md	26,87	871,246	660	2,33	2,58	545.244,04	1.395.377,56
	CV(%)	0,62	6,67	66,10	14,77	8,95	69,13	72,69
R8	Mn	25,34	593,38	377	1,41	1,84	182.500	422.500,50
	Mx	27,28	853,8	14921	3,74	2,86	21.432.833	38.249.995,00
	Md	26,55	696,44	4578	2,15	2,30	4.026.705,25	8.766.903,78
	CV(%)	1,69	8,83	76,43	29,94	14,30	102,39	93,55

Fonte: Resultados da pesquisa.

R1 é Região Cariri, R2 Região Ibiapaba, R3 Região Jaguaribana, R4 Região Litoral Fortaleza, R5 Região Litoral Norte, R6 Região Litoral Pecem R7 Região Maciço de Baturité ; R8 Região Sertão Central e Inhamuns.

As temperaturas expressaram amplitudes muito baixas, que se refletem nos baixos CV estimados para todas as regiões. Portanto, as instabilidades estimadas em todas elas é baixa, na classificação de Gomes (1985). Observa-se, também, que, no geral, as pluviometrias indicaram instabilidades médias e baixas, com CV oscilando de 3,88% na Região do Cariri a 13,52% na Região da Ibiapaba. As maiores instabilidades aferidas pelos CV foram observadas nas produções de leite e nos valores da produção, todas muito elevadas (Tabela 2)

#### **4.2 Resultados encontrados para a criação dos Índices de Instabilidade Temporal (INST) e Produção (IPRO) para análise da produção de leite no Ceará (1997-2020)**

Com base na AF aplicada para agrupar as características das variáveis de produção com as variáveis climáticas, identificaram-se fatores comuns ou específicos relacionados ao nível de produção.

As estimativas feitas pela análise fatorial, usando a técnica de decomposição em componentes principais para estima o IPRO e o INST estão na Tabela 3. Pelas evidências desta tabela, depreende-se que tanto para a estimação do IPRO como para a estimação do INST foram gerados dois componentes ortogonais. Observa-se, também, que o resultado para o Teste de Bartlett, que afere se a matriz de correlação é uma identidade, rejeitou a hipótese de que as correlações são nulas, em nível de pelo menos 1% de erro. As estatísticas KMO foram de, respectivamente, 0,609 e 0,626, para a estimação do IPRO e do INST. A variância total explicada para estimar o IPRO foi de 74,354%, ao passo que a variância total explicada para gerar o INST foi de 63,45%. Portanto, esses resultados dão oportunidade à elaboração dos dois índices.

Tabela 3– Resultados encontrados da análise fatorial, após a rotação ortogonal para estimar o IPRO e o INST

Componentes par estimar o IPRO			Componentes par estimar o INST		
Variáveis	1	2	Variáveis	1	2
TEMP_MEDIA	-0,099	<b>0,836</b>	CV_TEMP	<b>0,171</b>	-0,539
CHUVA_MEDIA	-0,645	<b>0,466</b>	CV_CHUV	0,082	<b>0,813</b>
VACA_MEDIA	<b>0,930</b>	0,084	CV_VACA	<b>0,722</b>	0,260
PRODUTI_MEDIA	0,307	<b>0,773</b>	CV_PRODUTI	<b>0,623</b>	-0,399
PREÇO_MEDIO	-0,661	<b>0,195</b>	CV_PREÇO	0,154	<b>0,746</b>
QDE_LEITE_MEDIO	<b>0,925</b>	0,272	CV_QDE_LEITE	<b>0,954</b>	-0,007
VALOR_MEDIO	<b>0,901</b>	0,286	CV_VALOR	<b>0,910</b>	-0,012
KMO		<b>0,609</b>	KMO		<b>0,626</b>
Teste de Bartlet (sig)		0,000	Teste de Bartlet (sig)		0,000
Variância Total Explicada		<b>74,354</b>	Variância Total Explicada		<b>63,453</b>

Fontes: Valores estimados com suporte nos dados do IBGE (vários anos) e da NOAA (2020).

Com amparo em ambos os testes realizados, concluiu-se que a amostra utilizada foi ajustada ao procedimento da análise fatorial.

Logo, utilizou-se a transformação ortogonal dos fatores originais, que denota solução em que cada fator se relaciona mais claramente com determinadas variáveis. A rotação ortogonal foi feita pelo método Varimax, amplamente utilizado e que produz soluções mais simplificadas. Após a rotação ortogonal, pela análise do método dos componentes, identificaram-se duas raízes características com valores superiores a 1. Logo, para a interpretação dos resultados, optou-se por utilizar dois fatores, levando-se em consideração a proporção significativa de captação da variância total das variáveis originais (Campos, 2016).

No IPRO, o primeiro fator, isto é, a combinação linear das variáveis originais que explica individualmente a maior parcela da variância, captou 49,86% desta; o segundo fator, em ordem de contribuição para a variância total, captou 24,49% da variância total dos dados de 74,36%. Isto é, os fatores representam ou captam uma proporção significativa da informação de variância das variáveis originais.

No INST, o primeiro fator captou 38,68%, enquanto o segundo fator contribui para a variância total, tendo captado 24,77% da variância total dos dados de 63,45%. Isto é, os fatores representam ou captam uma proporção significativa da informação de variância das variáveis originais.

As variâncias explicadas por parte de cada um dos componentes ortogonais de onde se estimam os pesos para as estimações do IPRO e do INST, estão mostradas na Tabela 4.

Tabela 4— Estimações dos pesos utilizados para a construção do IPRO e do INST

Componentes	Geração dos pesos para estimar o IPRO		Geração dos pesos para estimar o INST	
	Variância explicada		Componentes	
	Variâncias explicadas	Pesos	Variâncias explicadas	Pesos
Componente 1	49,863	0,671	38,683	0,610
Componente 2	24,492	0,329	24,769	0,390
Total	74,355	1,00	63,452	1,0

Fontes: Valores estimados com base nos dados do IBGE (vários anos) e da NOAA (2020).

Assim, os pesos para estimar o IPRO foram de, respectivamente, 0,671 e 0,329, para os componentes ortogonais 1 e 2. Os pesos para estimar o INST, por sua vez, foram de 0,610 e 0,390 para os componentes ortogonais 1 e 2.

Com base nesses pesos, foram estimados os IPRO e os INST para cada município cearense. Observou-se que o IPRO para o Estado teve média de 0,310. O menor valor estimado para o IPRO foi de 0,158 e aconteceu no Município de Pacujá, situado na Região da Ibiapaba. O maior IPRO foi observado no Município de Morada Nova, Região Jaguaribana, com valor de 0,959. Nesta Região, portanto, a produção de leite foi a mais bem-sucedida no período de 1997 a 2020, com base na sinergia das variáveis utilizadas nesta investigação (Tabela 5)

Em relação à magnitude estimada para o INST, constatou-se que o menor valor, de 0,097%, aconteceu no Município de Crateús, situado na Região Sertão Central e Inhamuns. Portanto, este foi o município com a menor instabilidade, com base nas variáveis utilizadas neste estudo, entre os 184 municípios cearenses estudados na pesquisa, dos anos de 1997 a 2020. Por outro lado, o Município de Palmácia, situado na Região Maciço do Baturité, foi o que denotou a maior instabilidade, com um INST = 0,912. A média do INST foi de 0,334 (Tabela 5).

Na tabela 5, estão os resultados encontrados para os IPRO e INST nas oito regiões climáticas do Ceará. Observa-se que a maior média estimada para o IPRO aconteceu na Região Jaguaribana (0,437), onde o valor máximo para o IPRO foi estimado para o Município de Morada Nova (0,959). A região com o segundo maior valor médio para o IPRO foi Litoral de Fortaleza (0,351), na qual o IPRO oscilou entre o valor mínimo de 0,252, no Município de Itaitinga, e 0,590 no Município de Caucaia. De outra vertente, o menor valor médio estimado para o IPRO (0,221) ocorreu na Região de Ibiapaba, lugar em que o IPRO oscilou entre o mínimo de 0,158 em Pacujá a o máximo de 0,316 em Forquilha.

Tabela 5 – Estimativas dos valores mínimos (MN), máximos (MX) e médios (MD) dos IPRO dos INST para as regiões climáticas de 1997 a 2020

Região	IPRO por regiões climáticas			INST por regiões climáticas		
	Valores			Valores		
	Mn	Mx	Md	Mn	Mx	Md
Cariri	0,159	0,394	0,263	0,221	0,630	0,348
Ibiapaba	0,158	0,316	0,221	0,106	0,639	0,274
Jaguaribana	0,282	0,959	0,437	0,226	0,711	0,415
Lit. Fortaleza	0,252	0,590	0,351	0,307	0,756	0,473
Lit. Norte	0,191	0,393	0,271	0,140	0,472	0,279
Lit. Pecem	0,224	0,481	0,331	0,153	0,581	0,265
Mac. Baturité	0,203	0,279	0,246	0,155	0,912	0,391
S. Central Inhamuns	<sup>e</sup> 0,173	0,895	0,348	0,100	0,640	0,304

Fontes: Valores estimados com amparo dados do IBGE (1997-2020) e da NOAA (2020).

As duas regiões mais instáveis, segundo a aferição feita pelo INST, são Litoral de Fortaleza (INST = 0,473) e Jaguaribana (INST = 0,415). Observa-se que estes resultados confirmam uma das hipóteses deste estudo, porquanto foram essas duas regiões as que apontaram as maiores medias de produção aferidas pelo IPRO (Tabela5).

#### 4.3 Resultados encontrados para hierarquização das regiões climáticas do Ceará, com base nos índices INST e IPRO, respectivamente:

No terceiro objetivo desta pesquisa, intentou-se hierarquizar as regiões climáticas em duas etapas. Na primeira, recorrendo-se ao Índice de Produção (IPRO) e, na outra, utilizando-se o Índice de Instabilidade (INST). Os resultados encontrados nesta fase da pesquisa estão mostrados na Tabela 6.

Tabela 6- Regressões para definições das diferenças nos IPRO e nos INST estimados para as regiões climáticas do Ceará nos anos de 1997 a 2020

Variáveis	Resultados encontrados para estimar o IPRO			Resultados encontrados para estimar o INST		
	Estimativas	Estatística t de Student	Sign.	Estimativas	Estatística t de Student	Sign.
(Constante)	0,344	21,019	0,000	0,304	15,472	0,000
D_CAR	-0,082	-3,173	0,002	0,044	1,428	<b>0,155</b>
D_IBI	-0,123	-4,686	0,000	-0,030	-,941	<b>0,348</b>
D_JAG	0,088	3,314	0,001	0,108	3,401	0,001
D_LFR	0,005	0,169	<b>0,866</b>	0,165	4,232	0,000
D_LNR	-0,075	-2,665	0,008	-0,024	-0,726	<b>0,469</b>
D_LPC	-0,013	-0,432	<b>0,666</b>	-0,039	-1,054	<b>0,293</b>
D_MBT	-0,095	-2,844	0,005	0,094	2,349	0,020
R <sup>2</sup> ajustado	0,265			0,178		

Fontes: Resultados encontrados com suporte nos resultados da pesquisa.

Dos resultados expressos nesta Tabela, depreende-se que as regiões climáticas assumem a seguinte hierarquia, de acordo com o IPRO:

JAGUARIBANA > LITORAL DE FORTALEZA = SERTÃO CENTRAL E INHAMUNS. = LITORAL PECÉM > LITORAL NORTE > CARIRI > MACIÇO DE BATURITÉ > IBIAPABA.

Desta maneira, segundo o IPRO, as oito regiões climáticas originais se reduzem a seis regiões, tendo em vista que as regiões Litoral Fortaleza, Sertão Central e Inhamuns, e Litoral Pecém têm IPRO's estatisticamente iguais e, deste modo, constituem única região, de acordo com esse indicador.

A Região Jaguaribana lidera na produção de leite, destacando-se como a principal produtora entre as regiões analisadas. A introdução de raças de gado leiteiro com maior produtividade e a prática de cruzamentos genéticos têm melhorado a qualidade do rebanho, influenciando, positivamente, na produtividade. Outro fator importante foi a implementação de técnicas avançadas de manejo de pastagens e suplementação alimentar que melhorou a nutrição do gado, resultando em maior produção de leite.

As regiões Litoral Fortaleza, Sertão Central e Inhamuns e Litoral Pecém possuem produção de leite semelhante, justificando sua fusão em única região para fins de análise de produção. Esse agrupamento indica que, apesar das diferentes características geográficas e climáticas, a produção de leite é equilibrada entre essas áreas.

Na Região Litoral Norte, a produção de leite é menor em comparação com as regiões já mencionadas, posicionando-se como intermediária na hierarquia.

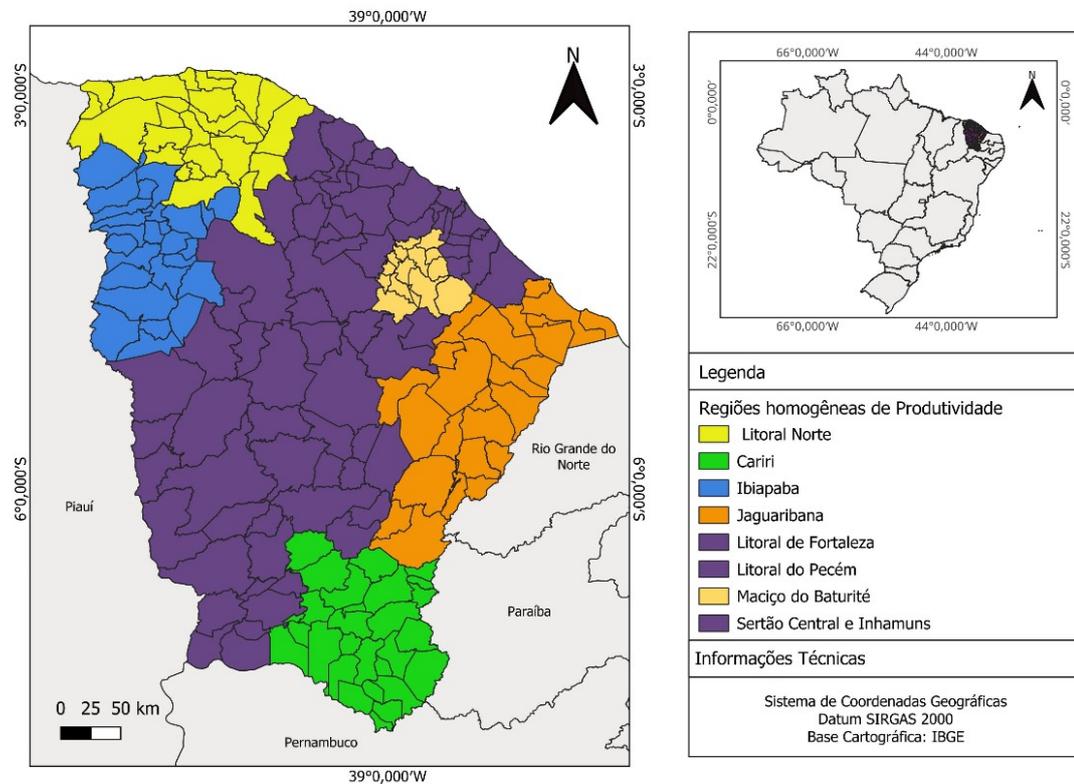
A Região do Cariri denota uma produção de leite inferior à do Litoral Norte, mas ainda significativa em comparação com as regiões de menor produção.

A produção de leite no Maciço de Baturité é relativamente baixa, indicando desafios climáticos ou estruturais que impactam a produção.

A Ibiapaba exprime a menor produção de leite entre as regiões analisadas, destacando-se como a última na hierarquia.

No estudo do índice de sustentabilidade, procedido por Paiva e Campos, 2024, os dados catalogados indicam que o baixo índice de sustentabilidade na pecuária leiteira nas mesorregiões decorre da falta de orientação técnica, escassez de recursos hídricos, controle insuficiente de doenças e pragas nos animais, baixa escolaridade e produtividade. Para melhorar continuamente os resultados na pecuária, no entanto, é essencial superar desafios, como aprimorar o conhecimento técnico e gerencial dos produtores, adotar uma gestão eficiente da água e garantir a produção e o armazenamento adequado de forragens para enfrentar períodos secos. Também o fortalecimento do cooperativismo e do associativismo contribui para a sustentabilidade do setor. O Mapa 4 mostra a interação dessas regiões.

Mapa 4 - Regiões homogêneas do Índice de Produção



Fonte: Elaboração própria, com arrimo no resultado da pesquisa.

A simplificação das oito regiões climáticas em seis, com base no IPRO, facilita a análise e a comparação da produção de leite. Essa hierarquia concede a oportunidade de se identificar claramente as áreas de maior e menor produção, auxiliando na tomada de decisões estratégicas para melhorar a produção de leite nas regiões menos produtivas e potencializar as que já têm alta produção.

Quanto as evidências expressas na Tabela 6 em relação aos índices de Instabilidades (INST), fica construída a seguinte hierarquia:

LITORAL DE FORTALEZA > JAGUARIBANA > MACIÇO DE BATURITÉ > CARIRI = SERTÃO CENTRAL E INHAMUS = LITORAL NORTE = IBIAPABA = LITORAL PECÉM

De efeito, de acordo com o INST, as oito regiões climáticas do Ceará se reduzem a quatro (4) regiões, tendo em vista que os INST's estimados para as regiões do Cariri, Sertão Central e Inhamuns, Litoral Norte, Ibiapaba e Litoral Pecém não são estatisticamente

diferentes e, desta maneira, passam a constituir uma das quatro regiões em que esse indicador mapeia as regiões do Ceará.

A criação de gado de leite envolve uma série de riscos capazes de impactar, tanto a produtividade, quanto a rentabilidade dos produtores.

A Região Litoral Fortaleza é a que exprime o maior risco de produção de leite. Isso decorre de fatores diversos: vulnerabilidades climáticas, impacto na produção de forragens, flutuações nos preços dos insumos, flutuações no preço do leite, desafios logísticos.

A Região Jaguaribana, embora tenha elevada produção de leite, também denota risco significativo, o que é suscetível de estar relacionado ao grande investimento na pecuária de leite. Quanto maior o investimento, maior o risco do retorno financeiro da atividade.

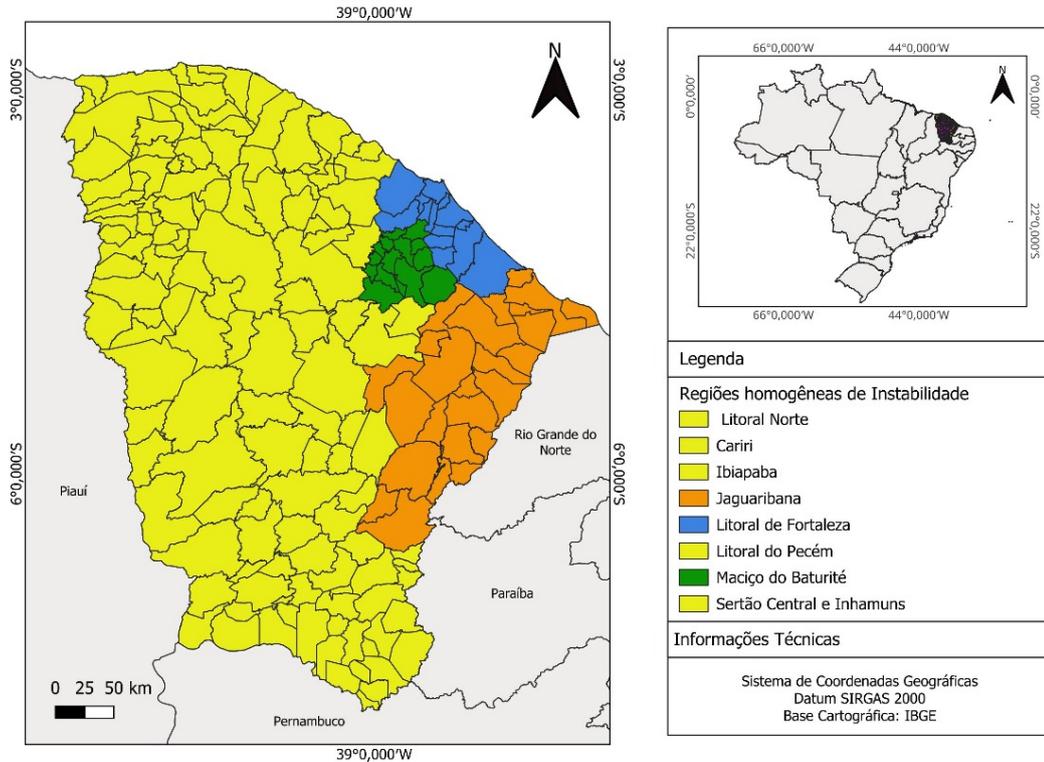
O Maciço de Baturité expressa risco intermediário. Isso é capaz de decorrer de fatores específicos, como o relevo montanhoso, que, decerto, dificulta a logística e aumenta os custos de produção, além de variabilidades climáticas locais.

Cariri, Sertão Central e Inhamuns, Litoral Norte, Ibiapaba, Litoral Pecém expressam o menor risco de produção de leite, segundo o INST. A semelhança estatística entre os índices dessas regiões sugere que compartilham condições relativamente favoráveis ou desafios comuns que se equilibram, tornando a produção de leite menos arriscada em comparação com as outras regiões estudadas.

As regiões do Cariri, Sertão Central e Inhamuns, Litoral Norte, Ibiapaba e Pecém possuem índices INST estatisticamente iguais. Portanto, essas cinco regiões serão agrupadas em única região para fins de análise de risco.

Vejam-se os dados da Tabela 6 e mostrados no mapa 5 a seguir.

Mapa 5 - Regiões homogêneas do Índice de Instabilidade



Fonte: Elaboração própria, com assento no resultado da pesquisa.

#### 4.4 Resultados encontrados para analisar a relação entre os índices IPRO e INST no Estado do Ceará e nas regiões climáticas

No objetivo “d” a pesquisa buscou aferir a relação entre o IPRO e o INST. Para realizar esta etapa da pesquisa estimam-se os coeficientes de correlação linear de Pearson entre os dois índices criados na pesquisa para o estado como um todo e para as regiões em que o estado ficou organizado, depois da hierarquização dos dois índices. Como o INST é mais limitante, porque reduz as 8 regiões originais para 4, optou-se por estimar os coeficientes de correlação com base nessas 4 regiões. Estes resultados estão mostrados na Tabela 7

Como ficou demonstrado nos resultados encontrados para o objetivo “c” as regiões Cariri, Sertão Central e Inhamuns, Litoral Norte, Ibiapaba e Pecém, ficaram agrupadas em apenas uma. Assim, os seus dados foram agregados para estimar os coeficientes de correlação de Pearson que estão mostrados na Tabela 7

Das evidencias apresentadas nesta Tabela 7, depreende-se que a hipótese de correlação positiva entre o IPRO e o INST se sustenta. Observa-se que para o Ceará o valor estimado

foi de 0,223. Este resultado sinaliza, que nos municípios com maiores IPRO, portanto com maiores médias das variáveis estudadas na pesquisa, os agricultores tiveram maiores instabilidades na sinergia entre essas variáveis. Vale dizer, correram maiores riscos na perspectiva de Markowitz.

Os resultados também mostram que nas regiões Jaguaribana (IPRO = 0,432) e Litoral de Fortaleza (0,349), que apresentaram os maiores IPRO, também apresentaram os maiores INST de respectivamente 0,412 e 0,469. Os coeficientes de correlação de Pearson estimados para essas duas regiões, foram os maiores de 0,325 e 0,221, respectivamente. Portanto, os criadores dessas duas regiões lograram apresentar melhores resultados na produção de leite, mas também incorreram em maiores instabilidades ou riscos.

Tabela 7 - Valores mínimos (MN), máximos (MX), médios (MD) dos índices de produção (IPRO) e de Instabilidade (INST), bem como correlação linear de Pearson (R) estimada entre os dois índices para as regiões climáticas redefinidas pelo INST e para o estado do Ceará entre os anos de 1997 e 2020

Região	Resultados para o IPRO			Resultados para o INST			
	MN	MX	MD	MN	MX	MD	R <sub>IPRO_INST</sub>
Cariri	0,159	0,394	0,262 <sup>D</sup>	0,221	0,630	0,348 <sup>D</sup>	0,096 <sup>R4</sup>
Ibiapaba	0,158	0,316	0,221 <sup>F</sup>	0,106	0,639	0,274 <sup>D</sup>	0,096 <sup>R4</sup>
Jaguaribana	0,282	0,959	<b>0,432<sup>A</sup></b>	0,226	0,711	<b>0,412<sup>B</sup></b>	<b>0,325<sup>R2</sup></b>
Litoral de Fortaleza	0,252	0,590	<b>0,349<sup>B</sup></b>	0,307	0,756	<b>0,469<sup>A</sup></b>	<b>0,221<sup>R1</sup></b>
Litoral Norte	0,191	0,393	0,269 <sup>C</sup>	0,140	0,472	0,280 <sup>D</sup>	0,096 <sup>R4</sup>
Litoral de Pecém	0,224	0,481	0,331 <sup>B</sup>	0,153	0,581	0,265 <sup>D</sup>	0,096 <sup>R4</sup>
Maçico do Baturité	0,203	0,279	0,249 <sup>E</sup>	0,155	0,912	0,398 <sup>C</sup>	0,069 <sup>R3</sup>
Sertão Central e Inhamuns	0,173	0,895	0,344 <sup>B</sup>	0,097	0,636	0,304 <sup>D</sup>	0,096 <sup>R4</sup>
<b>Ceará</b>	0,159	0,959	0,310	0,097	0,913	0,334	<b>0,223</b>

Obs. Os super-índices associados às médias devem ser entendidos na seguinte hierarquia: A > B > C > D > E. O sinal de igualdade (=) significa que as médias não são estatisticamente diferentes, ao menos ao nível de 5% de erro.

Fontes: Resultados encontrados na pesquisa.

## 5 CONCLUSÕES

Dentre os resultados encontrados na pesquisa foi possível concluir que mesmo em regiões com baixa pluviometria obtivemos grande produtividade, supondo que os investimentos feitos nessas regiões em melhoramento genético, alimentação, manejo tiveram um impacto muito maior do que a quantidade de chuva. E que as regiões com maiores produtividade foram as que tiveram também o maior risco de acordo com nosso índice de instabilidade.

Observou-se que as regiões com os maiores índices de produtividade (IPRO) estão localizadas na Região Jaguaribana, sendo o município de Morada Nova o que apresentou a maior magnitude neste índice e onde a pluviosidade média foi 751mm no período investigado.

Contudo, sabe-se que nessa região e nesses municípios estão instaladas fazendas de portes médios e grandes na produção de leite e que tem forma diferenciada na produção. Por outro lado, os menores índices de produtividade estão localizados na região da Ibiapaba, e o menor índice de produtividade foi estimado para o município de Pacujá e onde a pluviometria é de 1086mm média, mostrando assim que outros fatores interferem mais diretamente na produção de leite como por exemplo a seleção de raças mais adaptadas ao clima através de melhoramento genético, as reservas de forragens como silagem e feno para o período de estiagem, além do confinamento dos animais para melhorar a conversão energética de alimento em leite, além da disposição dos produtores de leite serem mais ousados diante das instabilidades naturais de um estado que tem parte significativa do seu território inserida no Semiárido.

No que se refere ao índice de Instabilidade estimado na pesquisa, os resultados da pesquisa confirmaram a suposição proposta por Markowitz de que as maiores regiões em níveis médios de produção (nesta pesquisa estudados de forma agregada, incluindo variáveis climáticas), estão associados a maiores instabilidades e, portanto, a maiores riscos. Isto sugere que os produtores, para obterem melhores resultados precisam ser mais ousados, investindo mais no tamanho e na qualidade do rebanho, bem como no seu manejo. Com efeito, as regiões Jaguaribana e de Fortaleza foram as que apresentaram os maiores índices de produção, mas foram para elas que se estimaram os maiores índices de instabilidade.

A pesquisa mostrou também que os índices de produtividade e instabilidade se correlacionam de maneira positiva, como esperado, mas no estudo se mostrou fraca evidenciando que regiões com maiores produtividade possuem maior nível de risco. Confirmando que a busca de maiores valores esperados está associada à possibilidade de

incorrer maior risco. Isto é regra nas atividades agrícolas. Os agricultores familiares desenvolvem estratégias para minimizar esses riscos diversificando a produção, como ficou demonstrado na pesquisa de Lemos (1995).

No caso desta pesquisa, se trata de uma única atividade: a produção de leite, em que os criadores tem que arriscar todas as suas tentativas para buscarem melhores resultados, com o agravante de agirem assim, numa região sujeita a elevadas instabilidades pluviométricas. Essa evidencia é que ficou clara nos resultados encontrados no estudo.

A conclusão geral da pesquisa é que as questões que a nortearam foram respondidas, os objetivos alcançados e confirmando a assertiva de que as atividades agrícolas em geral, e as associadas à produção de leite em particular, praticadas de forma monolítica, sem diversificação, no Semiárido, como é o caso do Ceará, estão sujeitas a muitos riscos decorrentes das instabilidades a que as atividades estão submetidas. Desta forma, nesta região os agricultores, em geral, e os produtores de leite em particular, precisam ter espírito inovador e serem bastante ousados. Porque os riscos são a regra da produção agrícola e, no Semiárido, essa regra é ainda mais verdadeira, sobretudo em atividades monolíticas ou não diversificadas.

Como sugestões de inovações na produção de leite, pode-se citar uma utilização maior da ordenha mecânica que é uma tecnologia crucial na pecuária de leite. Esse sistema permite a extração eficiente do leite, imitando o ato de mamar dos bezerros, o que aumenta a produtividade das vacas em lactação e reduz o esforço dos produtores. Uso de Tecnologias de Rastreamento e Identificação: Elementos como chips, leitores de códigos de barras e etiquetas RFID (Identificação por radiofrequência) permitem o rastreamento preciso dos animais, melhorando a gestão e a qualidade do leite; Monitoramento Remoto com Drones. Os Drones podem ser usados para monitorar pastagens, identificar áreas de manejo e avaliar a saúde do rebanho. Isso ajuda os produtores a tomar decisões mais informadas; Sistemas de Alimentação Inteligente como a automação na alimentação, como painéis de LED que controlam a iluminação e sistemas de alimentação automatizados, que otimiza a nutrição dos animais

A assistência e o treinamento técnico no processo produtivo de leite e acessibilidade às linhas de crédito e o aumento do volume de financiamentos para capital fixo (construção de benfeitorias imobiliárias, aquisição de máquinas e equipamentos) e circulante (investimento em animais com melhor potencial genético e capacidade de resistência à agressividade do clima Semiárido, aquisição de sêmen de touros de alta linhagem na produção de leite).

Convém ressaltar as políticas que melhorem as condições dos produtores de leite como o Agro-Nordeste Digital. Esse programa foi lançado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa, 2022) e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), visa fomentar o empreendedorismo de base tecnológica e a estruturação de ecossistemas de inovação agropecuária na região. Ele envolve a criação e fortalecimento desses ecossistemas, promoção do empreendedorismo tecnológico, incentivo às redes de aprendizagem e troca de experiências, além de melhorias na conectividade rural.

Como sugestão de futuros trabalhos, sugere-se a exploração de avaliação dos riscos associados à produção de leite nos municípios do Nordeste situados no Semiárido. A pecuária leiteira tem uma vocação natural de ser monolítica, por isso, a ousadia dos criadores os imporá, inexoravelmente a correrem riscos nos resultados, tendo em vistas que ele tem domínio em apenas algumas poucas variáveis que definem a produção de leite, como ficou demonstrado nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.P.A.; ALMEIDA, B.H.P.J.F. Produção de leite a pasto: abordagem empresarial e técnica. **Aprenda fácil**, Viçosa 170 p. 1999.
- ALEIXO, S. S.; PAULINO, R.L.; SOUZA, J.G. As legislações para o setor leiteiro e seus impactos sobre a produção após a abertura comercial no Brasil. **Globalización y desarrollo rural em América Latina**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2003.
- ALLISON, P. D. Measures of Inequality. **American Sociological Review**, New York: v. 43, n.6, 865 p. 1978.
- ALVES, N.G. **Fatores determinantes da produção de leite**. UFLA/FAEPE, [Pernambuco]: 41p. 2008.
- ANDRADE, M. C. **A terra e o homem no Nordeste**. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 1973.
- ANDRADE, M. C. **O Paisagens e problemas do Brasil (Aspectos da vida rural brasileira frente à industrialização e ao crescimento econômico)**. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 1970.
- ANTONINO, C. D.; SAMPAIO, E. V. S.; DALL'OLIO, A.; SALCEDO, I. H. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no Semiárido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande: DEAg/UFPB. v.4, n.1, p. 29-34, 2000.
- AZEVEDO, E.B. *et al.* Incorporação de ureia encapsulada em suplementos proteicos fornecidos para novilhos alimentados com feno de baixa qualidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.38, p. 1381-1387, 2008.
- BACCARI JR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Editora UE, 142p. 2001.
- BARBOSA, V. V. *et al.* Influência da variabilidade climática na produção de leite na região semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba, v. 23, 2018.
- BRIGUGLIO, L.; GALEA, W. **Updating and augmenting the economic vulnerability index**. [S.l., s.n.], 2003.
- CAMPOS, K. C.; SILVA, F. B. V.; CAMPOS, R. T.. Perfil técnico e econômico da fruticultura irrigada na microrregião do Cariri, Ceará. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, Juiz de Fora: v. 10, n. 1, p. 21-43, 2016.
- CONSELHO DELIBERATIVO DA SUDENE (CONDEL). Resolução Condel/Sudene Nº 176, de 04 de janeiro de 2024. Brasília, 08 jan. 2024. Seção 1. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/aceso-ainformacao/legislacao/hierarquia/resolucoes-condel/resolucao-condel-sudene-no-176-de-3-de-janeiro-de-2024>. Acesso em: 04 jun. 2024.
- CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, A. H. B. B; ARAÚJO FILHO, J. C. de. **A pesquisa em ciência do solo no Semiárido brasileiro. Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, v. 2, cap. 5, p. 453-491, 2008.

- FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F.L.; CHAN, B.L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda. 641 p. 2009.
- FÁVERO, L. P; BELFIORE, P. **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®**. Elsevier Brasil, 2017.
- FERNANDES, D. S., *et al.* **Índices para a quantificação da seca** (Vol. 244). Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 2009.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Policy Impacts on Inequality Simple Inequality Measures**. 2006. [http://www.fao.org/docs/up/easypol/448/simple\\_inequality\\_mesures\\_080en.pdf](http://www.fao.org/docs/up/easypol/448/simple_inequality_mesures_080en.pdf) f. Acesso em: 30 nov. 2023.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Refinements to the FAO methodology to reestimation the prevalence of under nourishment indicator**. Working Paper, Rome, Itálie, n. 14, 5, 2014. <http://www.fao.org/3/a-i4046e.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2023.
- GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: Ipef, p.12. (Circular técnica, 171).1989.
- GIRÃO, Valdenice C. As Charqueadas. **Revista do Instituto do Ceará**. Tomo LI. Fortaleza:[s.n], 1989.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. São Paulo: ESALQ/USP, 467 p. 1985.
- GUJARATI, D. N., PORTER. D. C., **Econometria Básica**. 5. ed, Porto Alegre: AMGH, 2011.
- HAIR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre. Bookman editora, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: 30 nov. 2023
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Pecuária Municipal. Produtos de origem animal por tipo de produto. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 03 jun. 2024.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico Tabela 9514 - População residente, por sexo, idade e forma de declaração da idade. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/9514#notas-tabela> Acesso em 03 jun. 2024.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGICA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). Características geográficas, recursos naturais e meio ambiente. Ceará em números. 2016. Disponível em: [http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara\\_em\\_numeros/2016/territorial/01\\_Caracteristicas\\_Geograficas.pdf](http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara_em_numeros/2016/territorial/01_Caracteristicas_Geograficas.pdf). Acesso em: 25 nov. 2023.

JULIÃO, C. C.; DE LIMA, J. E. Índice de vulnerabilidade social: uma aplicação de análise fatorial para classificar os municípios pernambucanos. **Planejamento e políticas públicas**, [S. l.], n. 54, 2021. DOI: 10.38116/ppp54art01. Disponível em: [www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/1005](http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/1005). Acesso em: 04 jan. 2024.

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

LEMOS, J.J.S. Sustentabilidade e risco da agricultura do Nordeste. **Revista de Economia Rural**. Brasília: V.35, Nº1, p. 73-87, 1985.

LEMOS, J. J. S; **Vulnerabilidades induzidas no semiárido** [livro eletrônico] Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020.

LEMOS, J. J. S. *et al.* Rainfed crops forecasting in the semi-arid region under scenarios of rainfall instability in Ceará, Brazil. **Journal of Agricultural Science and Technology**. Gernay, v. 12, n. 2, mar.- abr. 2022.

LEMOS, J. J. S; BEZERRA, F. N. R. Interferência da instabilidade pluviométrica na previsão da produção de grãos no semiárido do Ceará, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais – PR, v. 5, n. 9, p. 15632- 15652, 2019.

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

LEMOS, J. de J. S.; PAIVA, E. C. de; COSTA FILHO, J. da; HOLANDA, F. J. C. Interação entre as instabilidades espacial e temporal da pluviometria na produção de leite no Ceará. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 1-22, 2022. Disponível em: <https://periódicos.ufv.br/rea/article/view/13671>. Acesso em: 8 fev. 2024

LEMOS, J. de J. S., SOUSA, E. C., ALVES, L. B., ARRUDA, V. M. O., PAIVA, E. C. (2023). Heterogeneidade espacial da produção de leite em Pernambuco. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 10, p. 17964–17986, 2023.

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

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. **Journal of finance**, Cambridge, Massachusetts, v.7, p.77-91. Mar 1952.

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection: efficient diversification of investments. **Journal of Finance**, Cambridge, Massachusetts, n.7, 1959.

MARTELLO, L. S. **Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall**, 2006. 111 f. (Tese de doutorado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, 2006.

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de desertificação: história e perspectivas**. Unesco, Brasília: [s.n.], 2001.

MENDES, B. V. Desertificação do semiárido. *In*: TAVARES, V. Documento sobre desertificação no Nordeste. **Geosul**. Brasília: 34. 385-405. 10.5007/2177-5230.2019v34n70p385. Brasília. SEMA/ MMA/ SUDENE, 1986.

MENEZES, R. H. N. **Caracterização agroclimática e análise do rendimento agrícola do Estado do Maranhão, Brasil. 2009.** 188f. (Tese de Doutorado em Meteorologia), Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MINISTERIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA). AgroNordeste digital vai promover inovação no agro do semiárido brasileiro. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias-2022/agronordeste-digital-vai-promover-inovacao-no-agro-do-semiarido-brasileiro> Acesso em 03 de jul. 2024

MINISTÉRIO DA FAZENDA. Dados da pecuária brasileira - 1 trimestre de 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/fazenda/pt-br/central-de-conteudo/publicacoes/conjuntura-economica/agricola/2023/2023-06-06-pecuaria\\_2023\\_i-tri.pdf/view](https://www.gov.br/fazenda/pt-br/central-de-conteudo/publicacoes/conjuntura-economica/agricola/2023/2023-06-06-pecuaria_2023_i-tri.pdf/view) Acesso em 18 jun. 2024

MISHRA, A. K., SINGH, V. P. **A review of drought concepts. Journal of Hydrology.** Amsterdam: [s.n.] 391 v. 202-216 p. 2010.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC AGENCY (NOAA). Global Historical-Monthly Climatology Network (GHCN-M). Washington, DC, 2022. Disponível em: <https://www.globalclimatemonitor.org/#>. Acesso em: 30 nov. 2023.

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. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v.17-18 , 2020.

OLIVEIRA, A. F. S. Caminhos e redes da pecuária na colonização e produção territorial cearense (séculos XVII e XVIII). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM GEOGRAFIA, 14; Campina Grande. **Anais [...]**, 154p. Campina Grande: Realize Editora, 2021.

O'REILLY, C.A.; CALDWELL, D.F.; BARNETT W.P. Work group demography, social integration, and turn-over. **Administrative Science Quarterly**, New York: v. 34, p. 21-37, 1989.

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

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**, São Paulo, 60 (spe), e252091. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.252091>. 2022.

PAIVA, E. C.; CAMPOS, K. C. Índice de sustentabilidade da produção da pecuária leiteira nas mesorregiões do Brasil. **Revista Economia & Região**, São Paulo DOI: 10.5433.2317-627X.2024.v12.n1.48560. 2024.

PALLANT, J. F.; TENNANT, A. An introduction to the Rasch measurement model: an example using the Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS). **British Journal of Clinical Psychology**, England, v. 46, n. 1, p. 1-18, 2007.

PAUW, K. Measures of poverty and inequality: A reference paper. **Provide technical paper**, 4, South Africa, 2003. Disponível em: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/15623/1/tp030004.pdf>. Acesso em: 04 jan 2024.

PASQUALI, L. Psicometria. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, São Paulo, v. 43, n. SPE, p. 992-999, 2009.

PRIMI, R. Inteligência: avanços nos modelos teóricos e nos instrumentos de medida. Avaliação Psicológica: **Interamerican Journal of Psychological Assessment**, v. 2, n. 1, p. 67-77, 2003.

REBELO, E; VALLE, P. O. O uso de regressores *dummy* na especificação de modelos com parâmetros variáveis. **Revista de Estatística**, São Paulo, v. 3, 3º Quadrimestre, 2002.

RÊGO, André Heráclio do. Manuel Correia de Andrade: a mata, o agreste e o sertão. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, São Paulo, Brasil, v. 1, n. 86, p. 126–141, 2023. DOI: 10.11606/issn.2316-901X.v1i86p126-141. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rieb/article/view/220351>.. Acesso em: 18 jan. 2024.

ROCHA, A. P. B., *et al.* **Geografia do Nordeste** . – 2. ed. – Natal, RN : EDUFRN, 2010.

ROCHA, D.T., RESENDE,C., MARTINS P. C. **Evolução tecnológica da atividade leiteira no Brasil: uma visão a partir do Sistema de Produção da Embrapa Gado de Leite**. Juiz de Fora: Documentos, 212, p.62 Embrapa Gado de Leite, 2018.

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

SALVIANO, J. I. A.; PRAXEDES, A. L. F.; LEMOS, J. J. S. Sinergias entre as instabilidades pluviométricas e a produção de lavouras de sequeiro no semiárido cearense. **Revista Cerrados**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 371-39 Acesso em: 4, nov. 2023.

SANCHO, D. O. **Identificação e mapeamento de aglomerações produtivas: análise nos territórios da cidadania no Ceará**. 2012. 124 f.: (Dissertação de mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SILVA, F. A. S.; RAO, T. V. R. Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no Estado do Ceará. **Revista brasileira engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 440-446, dez. 2002.

SILVA, Thieres G.F. *et al.* Impactos das mudanças climáticas na produção leiteira do estado de Pernambuco: análise para os cenários b2 e a2 do ipcc. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro. v.24, n.4, 489 - 501, 2009. Embrapa. 2009.

SIROHI, S.;MICHAELAWA, A. Sufferer and Cause: Indian Livestock and Climate Change. **Climatic Change**,California, v.85, p. 285-298, [S.I.] 2007.

SORENSEN, A. T. Equilibrium Price Dispersion in Retail Markets for Prescription Drugs. **Journal of Political Economy**, Chicago, v. 108, n. 4, p. 833-850, 2000.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE)  
Delimitação do Semiárido. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/pt-br/assuntos/sigmapas>. 2021 Acesso em: 4 jan. 2024.

THORNTHWAITE, C.W. An Approach toward a rational classification of climate. **Geographical**. New York: v.38, n.1, p. 55-94. 1948.

THOMPSON, B. Exploratory and confirmatory factor analysis: Understanding concepts and applications, **American Psychological Association**. Washington, DC: v. 10694, 2004.

USDA/FARMREPORTS. Disponível em: <https://www.farmnews.com.br/mercado/principais-paises-produtores-de-leite/>. Acesso em: 8 ago. 2023.

VEIGA, M. Qualidade da água é sinônimo de qualidade do leite. **Revista Balde Branco**, São Paulo: 2023 Disponível em: <https://baldebranco.com.br/qualidade-da-agua-e-sinonimo-de-qualidade-do-leite/>. Acesso em 24 jan. 2024.

VILELA, D.*et al.* **Pecuária de leite no Brasil : cenários e avanços tecnológicos**, Brasília, DF : Embrapa, 2016.

VOGES, J. G.; NETO, A. T.; SILVA K. Qualidade do leite e a sua relação com o sistema de produção e a estrutura para ordenha. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, 4p. 2015.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory econometrics: A modern approach**. Toebben Drive Independence - KY: South Western Educational, 881 p.2012.

ZOCCAL, R.; CARNEIRO, A. V. Conjuntura atual do leite brasileiro. **Balde Branco**, São Paulo, v.44, n.528, p.94-95, out. 2008.

**APÊNDICE A - PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL E NAS GRANDES REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO NO PERÍODO DE 1997 A 2020**

Região	Vacas Ordenhada	Quantidade	Valor da produção	Produtividade	Percentual	bovino Efetivo
	(cabeças)	(mil litros)	(mil Reais)	(litro/vaca/ano)	vacas ordenhadas	(cabeças)
Brasil	15740153	34609218	80043813	6.02	6.72	234352649
Norte	1894184	1757352	3490628	2.54	3.12	60632651
Rondônia	366285	655790	1339691	4.91	2.07	17688225
Acre	46199	35116	58133	2.08	1.00	4635381
Amazonas	90915	44180	96291	1.33	5.83	1558283
Roraima	18320	19745	41346	2.95	1.62	1133502
Pará	838118	578060	1103314	1.89	3.38	24791060
Amapá	4962	4642	14230	2.56	9.24	53691
Tocantins	529385	419820	837623	2.17	4.91	10772509
Nordeste	3879613	5723993	11831867	4.04	11.68	33210395
Maranhão	618440	405898	736664	1.80	6.56	9428128
Piauí	98583	66701	176485	1.85	7.00	1407772
Ceará	659039	1063705	2323539	4.42	24.60	2679207
Rio Grande do Norte	263573	345932	826270	3.60	24.87	1059926
Paraíba	292294	291275	606528	2.73	21.31	1371566
Pernambuco	542755	1178998	2320360	5.95	23.80	2280130
Alagoas	268902	590751	1357820	6.02	20.14	1335493
Sergipe	168773	502625	1083819	8.16	15.04	1121930
Bahia	967254	1278109	2400382	3.62	7.72	12526243
Sudeste	4615191	11618054	28432485	6.90	11.83	38996887
Minas Gerais	3139344	9362690	22886012	8.17	13.65	22993105
Espírito Santo	239855	345242	806842	3.94	10.75	2231036

Rio de Janeiro	336793	395697	1026982	3.22	12.47	2701143
São Paulo	899199	1514425	3712649	4.61	8.12	11071603
Sul	3142536	11695874	27982642	10.20	12.91	24336949
Paraná	1228352	4472406	11003811	9.98	15.50	7922486
Santa Catarina	834674	3152817	7821527	10.35	18.62	4481625
Rio Grande do Sul	1079510	4070650	9157303	10.33	9.05	11932838
Centro-Oeste	2208629	3813946	8306193	4.73	2.86	77175767
Mato Grosso do Sul	159749	295882	639967	5.07	0.87	18433728
Mato Grosso	291677	489243	965660	4.60	0.85	34246313
Goiás	1742203	2999571	6628903	4.72	7.14	24410182
Distrito Federal	15000	29250	71663	5.34	17.53	85544

Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE,2022)

**APÊNDICE B - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS PRECIPITAÇÕES  
PLUVIOMÉTRICAS DOS 184 MUNICÍPIOS CEARENSES NO PERÍODO DE 1997 A  
2020**

MUNICÍPIOS	REGIÕES	MÍN	MÁX	MÉDIA	DP	CV
Abaiara (CE)	Cariri	465.75	1356.90	856.110	201.625	23.551
Altaneira (CE)	Cariri	457.10	1197.65	799.985	178.856	22.357
Aurora (CE)	Cariri	441.95	1299.25	846.620	196.769	23.242
Baixio (CE)	Cariri	374.60	1198.10	797.883	186.405	23.362
Barbalha (CE)	Cariri	456.10	1268.20	823.454	193.355	23.481
Barro (CE)	Cariri	395.55	1246.65	807.396	186.635	23.116
Brejo Santo (CE)	Cariri	432.80	1247.60	808.423	184.424	22.813
Caririaçu (CE)	Cariri	488.35	1351.85	885.840	211.468	23.872
Cariús (CE)	Cariri	427.63	1230.40	826.635	189.979	22.982
Cedro (CE)	Cariri	382.90	1169.20	813.773	189.013	23.227
Crato (CE)	Cariri	461.27	1256.90	818.815	190.597	23.277
Farias Brito (CE)	Cariri	472.73	1263.78	842.915	192.428	22.829
Granjeiro (CE)	Cariri	461.70	1320.20	876.367	207.525	23.680
Ipaumirim (CE)	Cariri	374.60	1198.10	797.883	186.405	23.362
Jardim (CE)	Cariri	456.10	1268.20	823.454	193.355	23.481
Jati (CE)	Cariri	399.85	1153.00	760.733	174.548	22.945
Juazeiro do Norte (CE)	Cariri	515.00	1418.60	895.313	220.779	24.659
Jucás (CE)	Cariri	420.43	1230.40	814.019	186.387	22.897
Lavras da Mangabeira (CE)	Cariri	418.15	1241.60	837.125	195.118	23.308
Mauriti (CE)	Cariri	409.50	1227.00	793.390	179.655	22.644
Milagres (CE)	Cariri	465.75	1356.90	856.110	201.625	23.551
Missão Velha (CE)	Cariri	456.10	1268.20	823.454	193.355	23.481
Nova Olinda (CE)	Cariri	471.60	1234.30	809.538	185.701	22.939
Penaforte (CE)	Cariri	399.85	1153.00	760.733	174.548	22.945

Porteiras (CE)	Cariri	456.10	1268.20	823.454	193.355	23.481
Santana do Cariri (CE)	Cariri	471.60	1234.30	809.538	185.701	22.939
Umari (CE)	Cariri	374.60	1198.10	797.883	186.405	23.362
Várzea Alegre (CE)	Cariri	452.15	1230.40	833.400	189.646	22.756
Ararendá (CE)	Ibiapaba	583.20	1381.20	848.896	195.526	23.033
Cariré (CE)	Ibiapaba	628.10	1571.18	965.142	222.279	23.031
Carnaubal (CE)	Ibiapaba	625.30	1965.70	1125.094	317.308	28.203
Coreaú (CE)	Ibiapaba	673.00	1843.30	1135.867	267.283	23.531
Croatá (CE)	Ibiapaba	625.30	1965.70	1125.094	317.308	28.203
Forquilha (CE)	Ibiapaba	626.20	1363.30	916.617	196.662	21.455
Frecheirinha (CE)	Ibiapaba	673.00	1843.30	1135.867	267.283	23.531
Graça (CE)	Ibiapaba	628.10	1848.45	1086.942	287.514	26.452
Groaíras (CE)	Ibiapaba	569.25	1293.90	843.338	182.569	21.648
Guaraciaba do Norte (CE)	Ibiapaba	625.30	1965.70	1125.094	317.308	28.203
Hidrolândia (CE)	Ibiapaba	575.70	1353.90	833.288	190.036	22.806
Ibiapina (CE)	Ibiapaba	645.73	1987.77	1196.336	307.017	25.663
Ipaporanga (CE)	Ibiapaba	590.98	1353.20	866.625	185.709	21.429
Ipu (CE)	Ibiapaba	583.20	1486.43	885.657	217.603	24.570
Ipueiras (CE)	Ibiapaba	625.30	1758.85	1039.945	263.846	25.371
Mucambo (CE)	Ibiapaba	673.00	1843.30	1135.867	267.283	23.531
Nova Russas (CE)	Ibiapaba	494.85	1168.75	762.535	162.253	21.278
Pacujá (CE)	Ibiapaba	628.10	1848.45	1086.942	287.514	26.452
Pires Ferreira (CE)	Ibiapaba	583.20	1539.05	904.038	230.819	25.532
Poranga (CE)	Ibiapaba	645.90	1458.43	929.886	198.514	21.348
Reriutaba (CE)	Ibiapaba	583.20	1539.05	904.038	230.819	25.532
São Benedito (CE)	Ibiapaba	630.10	1954.23	1156.758	306.792	26.522
Tianguá (CE)	Ibiapaba	647.60	1874.13	1166.461	280.055	24.009
Ubajara (CE)	Ibiapaba	634.90	1942.75	1188.419	299.149	25.172

Varjota (CE)	Ibiapaba	583.20	1539.05	904.038	230.819	25.532
Viçosa do Ceará (CE)	Ibiapaba	634.90	1890.38	1180.663	287.439	24.346
Alto Santo (CE)	Jaguaribana	342.40	1103.55	730.860	215.919	29.543
Aracati (CE)	Jaguaribana	435.90	1263.73	841.103	230.536	27.409
Banabuiú (CE)	Jaguaribana	290.45	993.85	694.095	180.109	25.949
Ereré (CE)	Jaguaribana	292.55	1106.40	770.525	207.693	26.955
Fortim (CE)	Jaguaribana	435.90	1340.30	872.525	246.374	28.237
Ibicuitinga (CE)	Jaguaribana	377.28	1084.53	751.191	201.170	26.780
Icapuí (CE)	Jaguaribana	435.90	1190.55	810.517	221.474	27.325
Icó (CE)	Jaguaribana	356.63	1148.80	792.906	184.781	23.304
Iracema (CE)	Jaguaribana	302.80	1091.80	739.150	209.779	28.381
Itaiçaba (CE)	Jaguaribana	435.90	1270.50	842.775	239.881	28.463
Jaguaretama (CE)	Jaguaribana	289.45	984.70	693.531	184.342	26.580
Jaguaribara (CE)	Jaguaribana	310.53	1042.18	716.120	193.008	26.952
Jaguaribe (CE)	Jaguaribana	294.93	1022.70	733.463	187.866	25.614
Jaguaruana (CE)	Jaguaribana	438.20	1195.40	784.323	230.126	29.341
Limoeiro do Norte (CE)	Jaguaribana	398.70	1144.43	761.171	216.207	28.405
Morada Nova (CE)	Jaguaribana	377.28	1084.53	751.191	201.170	26.780
Orós (CE)	Jaguaribana	347.65	1169.20	790.419	186.150	23.551
Palhano (CE)	Jaguaribana	408.30	1238.00	831.079	235.361	28.320
Pereiro (CE)	Jaguaribana	291.78	1047.28	750.575	192.312	25.622
Potiretama (CE)	Jaguaribana	302.80	1091.80	739.150	209.779	28.381
Quixeré (CE)	Jaguaribana	417.30	1166.10	768.968	220.576	28.685
Russas (CE)	Jaguaribana	425.53	1175.95	781.575	221.452	28.334
São João do Jaguaribe (CE)	Jaguaribana	360.40	1107.50	738.258	205.150	27.788
Tabuleiro do Norte (CE)	Jaguaribana	372.95	1113.90	732.065	213.483	29.162
Aquiraz (CE)	Litoral Fortaleza	398.35	1657.60	1049.291	301.267	28.712
Beberibe (CE)	Litoral Fortaleza	408.30	1368.85	889.689	253.474	28.490

Cascavel (CE)	Litoral Fortaleza	380.70	1397.40	906.850	262.297	28.924
Caucaia (CE)	Litoral Fortaleza	416.00	1897.80	1176.658	345.777	29.386
Chorozinho (CE)	Litoral Fortaleza	380.70	1526.90	962.288	282.037	29.309
Eusébio (CE)	Litoral Fortaleza	416.00	1788.30	1136.290	324.867	28.590
Fortaleza (CE)	Litoral Fortaleza	416.00	1788.30	1136.290	324.867	28.590
Horizonte (CE)	Litoral Fortaleza	380.70	1526.90	962.288	282.037	29.309
Itaitinga (CE)	Litoral Fortaleza	398.35	1681.15	1053.458	304.154	28.872
Maracanaú (CE)	Litoral Fortaleza	416.00	1897.80	1176.658	345.777	29.386
Maranguape (CE)	Litoral Fortaleza	424.55	1477.38	934.516	252.499	27.019
Pacajus (CE)	Litoral Fortaleza	380.70	1526.90	962.288	282.037	29.309
Pacatuba (CE)	Litoral Fortaleza	398.35	1681.15	1053.458	304.154	28.872
Pindoretama (CE)	Litoral Fortaleza	380.70	1589.30	994.317	302.610	30.434
Acaraú (CE)	Litoral Norte	725.13	1468.78	1017.172	204.650	20.120
Alcântaras (CE)	Litoral Norte	673.00	1603.30	1026.242	219.541	21.393
Amontada (CE)	Litoral Norte	645.35	1481.10	983.667	209.989	21.348
Barroquinha (CE)	Litoral Norte	633.20	1856.00	1215.875	298.842	24.578
Bela Cruz (CE)	Litoral Norte	697.30	1587.45	1074.181	214.530	19.971
Camocim (CE)	Litoral Norte	666.80	1721.34	1138.640	248.852	21.855
Chaval (CE)	Litoral Norte	633.20	1856.00	1215.875	298.842	24.578
Cruz (CE)	Litoral Norte	721.60	1455.10	1035.267	203.414	19.648
Granja (CE)	Litoral Norte	653.95	1769.98	1129.290	255.211	22.599
Itarema (CE)	Litoral Norte	624.40	1429.70	998.965	208.207	20.842
Jijoca de Jericoacoara (CE)	Litoral Norte	721.60	1526.15	1069.346	207.046	19.362
Marco (CE)	Litoral Norte	673.00	1648.75	1079.013	226.595	21.000
Martinópolis (CE)	Litoral Norte	673.00	1736.90	1122.546	243.605	21.701
Massapê (CE)	Litoral Norte	673.00	1626.03	1052.628	222.194	21.108
Meruoca (CE)	Litoral Norte	673.00	1589.07	1029.320	217.253	21.106
Miraíma (CE)	Litoral Norte	644.75	1346.55	909.669	193.849	21.310
Moraújo (CE)	Litoral Norte	673.00	1790.10	1129.206	255.312	22.610

Morrinhos (CE)	Litoral Norte	645.35	1481.10	983.667	209.989	21.348
Santana do Acaraú (CE)	Litoral Norte	696.67	1441.83	961.317	201.499	20.961
Senador Sá (CE)	Litoral Norte	673.00	1648.75	1079.013	226.595	21.000
Sobral (CE)	Litoral Norte	588.72	1316.60	854.883	186.909	21.864
Uruoca (CE)	Litoral Norte	673.00	1648.75	1079.013	226.595	21.000
Apuiarés (CE)	Litoral Pecem	450.75	1273.60	815.569	203.150	24.909
General Sampaio (CE)	Litoral Pecem	450.75	1174.78	770.754	186.644	24.216
Irauçuba (CE)	Litoral Pecem	518.53	1171.73	789.495	181.437	22.981
Itapajé (CE)	Litoral Pecem	491.40	1236.05	830.406	203.669	24.526
Itapipoca (CE)	Litoral Pecem	491.40	1355.28	897.879	211.750	23.583
Paracuru (CE)	Litoral Pecem	466.27	1618.87	1027.197	272.919	26.569
Paraipaba (CE)	Litoral Pecem	491.40	1479.40	952.467	237.227	24.907
Paramoti (CE)	Litoral Pecem	410.10	1113.50	711.098	175.770	24.718
Pentecoste (CE)	Litoral Pecem	439.17	1481.67	935.933	249.132	26.619
São Gonçalo do Amarante (CE)	Litoral Pecem	453.70	1654.60	1041.375	284.467	27.316
São Luís do Curu (CE)	Litoral Pecem	491.40	1411.40	906.092	226.300	24.975
Tejuçuoca (CE)	Litoral Pecem	464.30	1187.77	785.988	190.399	24.224
Trairi (CE)	Litoral Pecem	491.40	1453.47	945.596	228.464	24.161
Tururu (CE)	Litoral Pecem	491.40	1339.83	886.552	212.437	23.962
Umirim (CE)	Litoral Pecem	491.40	1236.05	830.406	203.669	24.526
Uruburetama (CE)	Litoral Pecem	491.40	1236.05	830.406	203.669	24.526
Acarape (CE)	Maçico do Baturité	380.70	1464.50	930.258	266.371	28.634
Aracoiaba (CE)	Maçico do Baturité	380.70	1247.50	841.910	231.128	27.453
Aratuba (CE)	Maçico do Baturité	400.30	1216.30	784.049	207.220	26.429
Barreira (CE)	Maçico do	380.70	1464.50	930.258	266.371	28.634

	Baturité					
Baturité (CE)	Maçido do Baturité	380.70	1247.50	841.910	231.128	27.453
Capistrano (CE)	Maçido do Baturité	380.70	1247.50	841.910	231.128	27.453
Guaiúba (CE)	Maçido do Baturité	380.70	1464.50	930.258	266.371	28.634
Guaramiranga (CE)	Maçido do Baturité	395.40	1300.15	827.652	223.724	27.031
Itapiúna (CE)	Maçido do Baturité	395.40	1169.85	776.428	204.445	26.332
Mulungu (CE)	Maçido do Baturité	395.40	1300.15	827.652	223.724	27.031
Ocara (CE)	Maçido do Baturité	380.70	1322.45	874.382	243.710	27.872
Pacoti (CE)	Maçido do Baturité	380.70	1464.50	930.258	266.371	28.634
Palmácia (CE)	Maçido do Baturité	380.70	1464.50	930.258	266.371	28.634
Redenção (CE)	Maçido do Baturité	380.70	1464.50	930.258	266.371	28.634
Acopiara (CE)	Sertão Central e Inhamus	353.53	1081.45	741.639	173.259	23.362
Aiuaba (CE)	Sertão Central e Inhamus	391.68	931.10	650.930	146.732	22.542
Antonina do Norte (CE)	Sertão Central e Inhamus	412.90	1030.30	694.435	152.940	22.024
Araripe (CE)	Sertão Central e Inhamus	419.55	1081.30	710.229	160.662	22.621
Arneiroz (CE)	Sertão Central e Inhamus	378.20	1030.30	700.927	163.003	23.255
Assaré (CE)	Sertão Central e Inhamus	416.23	1045.65	702.335	155.156	22.091
Boa Viagem (CE)	Sertão Central	320.00	943.23	633.845	156.395	24.674

	e Inhamus					
Campos Sales (CE)	Sertão Central e Inhamus	375.35	915.60	604.679	137.639	22.762
Canindé (CE)	Sertão Central e Inhamus	410.10	1075.85	697.970	173.241	24.821
Caridade (CE)	Sertão Central e Inhamus	427.40	1337.23	853.799	222.872	26.104
Catarina (CE)	Sertão Central e Inhamus	378.20	1030.30	700.927	163.003	23.255
Catunda (CE)	Sertão Central e Inhamus	458.15	1090.40	723.117	156.717	21.672
Choró (CE)	Sertão Central e Inhamus	376.15	1062.00	725.202	193.647	26.702
Crateús (CE)	Sertão Central e Inhamus	469.90	1128.03	743.828	158.193	21.267
Deputado Irapuan Pinheiro (CE)	Sertão Central e Inhamus	343.60	1092.40	757.256	181.104	23.916
Ibaretama (CE)	Sertão Central e Inhamus	380.70	1183.70	753.563	214.960	28.526
Iguatu (CE)	Sertão Central e Inhamus	420.15	1240.80	844.735	198.459	23.494
Independência (CE)	Sertão Central e Inhamus	352.93	875.18	606.720	136.594	22.514
Itatira (CE)	Sertão Central e Inhamus	410.10	1075.85	697.970	173.241	24.821
Madalena (CE)	Sertão Central e Inhamus	326.68	1018.20	679.195	173.862	25.598
Milhã (CE)	Sertão Central e Inhamus	291.45	1013.30	694.656	180.788	26.026
Mombaça (CE)	Sertão Central e Inhamus	337.18	986.38	684.331	159.505	23.308
Monsenhor Tabosa (CE)	Sertão Central e Inhamus	340.23	946.50	644.430	153.736	23.856
Novo Oriente (CE)	Sertão Central e	401.75	921.00	636.748	138.938	21.820

	Inhamus					
Parambu (CE)	Sertão Central e Inhamus	369.30	853.25	602.780	139.046	23.068
Pedra Branca (CE)	Sertão Central e Inhamus	306.88	902.35	622.111	151.570	24.364
Piquet Carneiro (CE)	Sertão Central e Inhamus	345.17	1031.80	717.814	168.047	23.411
Potengi (CE)	Sertão Central e Inhamus	407.43	1021.83	672.965	150.547	22.371
Quiterianópolis (CE)	Sertão Central e Inhamus	389.25	864.60	609.771	137.661	22.576
Quixadá (CE)	Sertão Central e Inhamus	335.05	1022.58	707.969	184.045	25.996
Quixelô (CE)	Sertão Central e Inhamus	347.65	1169.20	790.419	186.150	23.551
Quixeramobim (CE)	Sertão Central e Inhamus	310.38	1008.60	686.338	176.313	25.689
Saboeiro (CE)	Sertão Central e Inhamus	395.55	1030.30	697.683	156.278	22.400
Salitre (CE)	Sertão Central e Inhamus	357.60	879.20	593.379	134.125	22.604
Santa Quitéria (CE)	Sertão Central e Inhamus	477.96	1132.62	746.568	166.392	22.288
Senador Pompeu (CE)	Sertão Central e Inhamus	300.55	989.18	681.096	173.712	25.505
Solonópole (CE)	Sertão Central e Inhamus	309.52	1019.47	726.202	178.439	24.571
Tamboril (CE)	Sertão Central e Inhamus	427.95	1049.28	692.854	149.598	21.592
Tarrafas (CE)	Sertão Central e Inhamus	442.60	1230.40	790.433	178.053	22.526
Tauá (CE)	Sertão Central e Inhamus	353.03	910.51	635.807	145.387	22.866

Fonte: Valores estimados a partir dos dados da FUNCEME

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

<b>Matriz de correlações<sup>a</sup></b>								
		TEMP	CHUVA	VACA	PROD	PREÇO	LEITE	VALOR
Correlação	TEMP	1,000	0,265	-0,046	0,520	0,058	0,068	0,049
	CHUVA	0,265	1,000	-0,429	0,018	0,630	-0,353	-0,330
	VACA	-0,046	-0,429	1,000	0,197	-0,438	0,940	0,934
	PROD	0,520	0,018	0,197	1,000	-0,207	0,409	0,412
	PREÇO	0,058	0,630	-0,438	-0,207	1,000	-0,430	-0,336
	LEITE	0,068	-0,353	0,940	0,409	-0,430	1,000	0,981
	VBP	0,049	-0,330	0,934	0,412	-0,336	0,981	1,000
Sig. (unilateral)	TEMP		0,000	0,267	0,000	0,218	0,181	0,252
	CHUVA	0,000		0,000	0,406	0,000	0,000	0,000
	VACA	0,267	0,000		0,004	0,000	0,000	0,000
	PROD	0,000	0,406	0,004		0,002	0,000	0,000
	PREÇO	0,218	0,000	0,000	0,002		0,000	0,000
	LEITE	0,181	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
	VALOR	0,252	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
a. Determinante = ,000								

<b>Inverso de matriz de correlações</b>							
	TEMP	CHUVA	VACA	PROD	PREÇO	LEITE	VALOR
TEMP	1,619	-0,290	-0,842	-1,130	-0,311	-1,231	2,179
CHUVA	-0,290	2,040	0,550	-0,178	-1,366	-2,274	2,020
VACA	-0,842	0,550	17,068	4,451	1,877	-5,337	-11,681
PROD	-1,130	-0,178	4,451	3,011	1,075	0,178	-5,213
PREÇO	-0,311	-1,366	1,877	1,075	2,960	5,805	-7,332

LEITE	-1,231	-2,274	-5,337	0,178	5,805	44,829	-37,816
VALOR	2,179	2,020	-11,681	-5,213	-7,332	-37,816	49,257

Teste de KMO e Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		0,609
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	1429,548
	gl	21
	Sig.	0,000

Matrizes anti-imagem								
		TEMP	CHUVA	VACA	PROD	PREÇO	LEITE	VALOR
Covariância anti-imagem	TEMP	0,618	-0,088	-0,030	-0,232	-0,065	-0,017	0,027
	CHUVA	-0,088	0,490	0,016	-0,029	-0,226	-0,025	0,020
	VACA	-0,030	0,016	0,059	0,087	0,037	-0,007	-0,014
	PROD	-0,232	-0,029	0,087	0,332	0,121	0,001	-0,035
	PREÇO	-0,065	-0,226	0,037	0,121	0,338	0,044	-0,050
	LEITE	-0,017	-0,025	-0,007	0,001	0,044	0,022	-0,017
	VALOR	0,027	0,020	-0,014	-0,035	-0,050	-0,017	0,020
Correlação anti-imagem	TEMP	,461 <sup>a</sup>	-0,159	-0,160	-0,512	-0,142	-0,145	0,244
	CHUVA	-0,159	,665 <sup>a</sup>	0,093	-0,072	-0,556	-0,238	0,202
	VACA	-0,160	0,093	,759 <sup>a</sup>	0,621	0,264	-0,193	-0,403
	PROD	-0,512	-0,072	0,621	,416 <sup>a</sup>	0,360	0,015	-0,428
	PREÇO	-0,142	-0,556	0,264	0,360	,448 <sup>a</sup>	0,504	-0,607
	LEITE	-0,145	-0,238	-0,193	0,015	0,504	,696 <sup>a</sup>	-0,805
	VALOR	0,244	0,202	-0,403	-0,428	-0,607	-0,805	,604 <sup>a</sup>

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

<b>Comunalidades</b>		
	Inicial	Extração
TEMP	1,000	0,708
CHUVA	1,000	0,633
VACA	1,000	0,872
PROD	1,000	0,692
PREÇO	1,000	0,474
LEITE	1,000	0,930
VALOR	1,000	0,894
Método de Extração: análise de Componente Principal.		

<b>Variância total explicada</b>								
Componente	Autovalores iniciais			Somos de extração de carregamentos ao quadrado			Somos de rotação de carregamentos ao quadrado	
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância
1	3,543	50,614	50,614	3,543	50,614	50,614	3,490	49,851
2	1,661	23,722	74,335	1,661	23,722	74,335	1,714	24,484
3	0,994	14,197	88,532					
4	0,422	6,023	94,555					
5	0,332	4,746	99,301					
6	0,037	0,534	99,835					
7	0,012	0,165	100,000					
Método de Extração: análise de Componente Principal.								

<b>Matriz de componente<sup>a</sup></b>		
	Componente	
	1	2
TEMP	0,043	0,840
CHUVA	-0,557	0,568
VACA	0,931	-0,074
PROD	0,433	0,710
PREÇO	-0,618	0,303
LEITE	0,958	0,112
VALOR	0,936	0,130
Método de Extração: análise de Componente Principal.		
a. 2 componentes extraídos.		

<b>Correlações reproduzidas</b>								
		TEMP	CHUVA	VACA	PROD	PREÇO	LEITE	VALOR
Correlação reproduzida	TEMP	,708 <sup>a</sup>	0,453	-0,022	0,616	0,228	0,136	0,150
	CHUVA	0,453	,633 <sup>a</sup>	-0,561	0,163	0,517	-0,470	-0,448
	VACA	-0,022	-0,561	,872 <sup>a</sup>	0,350	-0,598	0,884	0,862
	PROD	0,616	0,163	0,350	,692 <sup>a</sup>	-0,052	0,494	0,497
	PREÇO	0,228	0,517	-0,598	-0,052	,474 <sup>a</sup>	-0,558	-0,540
	LEITE	0,136	-0,470	0,884	0,494	-0,558	,930 <sup>a</sup>	0,912
	VALOR	0,150	-0,448	0,862	0,497	-0,540	0,912	,894 <sup>a</sup>
Resíduo <sup>b</sup>	TEMP		-0,189	-0,024	-0,095	-0,170	-0,068	-0,100
	CHUVA	-0,189		0,132	-0,145	0,113	0,117	0,118
	VACA	-0,024	0,132		-0,154	0,160	0,056	0,072
	PROD	-0,095	-0,145	-0,154		-0,155	-0,086	-0,086

	PREÇO	-0,170	0,113	0,160	-0,155		0,128	0,204
	LEITE	-0,068	0,117	0,056	-0,086	0,128		0,070
	VALOR	-0,100	0,118	0,072	-0,086	0,204	0,070	
Método de Extração: análise de Componente Principal.								
a. Comunalidades reproduzidas								
b. Os resíduos são computados entre as correlações observadas e reproduzidas. Há 20 (95,0%) resíduos não redundantes com valores absolutos maiores que 0,05.								

<b>Matriz de componente rotativa<sup>a</sup></b>		
	Componente	
	1	2
TEMP	-0,099	0,835
CHUVA	-0,645	0,466
VACA	0,930	0,084
PROD	0,307	0,773
PREÇO	-0,661	0,195
LEITE	0,925	0,272
VALOR	0,901	0,286
Método de Extração: análise de Componente Principal. Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser. <sup>a</sup>		
a. Rotação convergida em 3 iterações.		

Matriz de transformação de componente		
Componente	1	2
1	,986	,168
2	-,168	,986

Método de Extração: análise de Componente Principal.

Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser.

Estatísticas Descritivas					
	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
REGR factor score 1 for analysis 1	184	-1,61069	4,81684	0,0000000	1,00000000
REGR factor score 2 for analysis 1	184	-2,22481	2,92683	0,0000000	1,00000000
N válido (de lista)	184				

Estatísticas Descritivas			
	N	Mínimo	Máximo
EF1	184	0,00	1,00
EF2	184	0,00	1,00
N válido (de lista)	184		

Matriz de coeficiente de escore de componente		
	Componente	Componente
	1	2
TEMP	-0,073	0,501
CHUVA	-0,213	0,311
VACA	0,267	0
PRODUT	0,048	0,442
PREÇO	-0,203	0,151
LEITE	0,255	0,112
VALOR	0,247	0,122
Método de Extração: análise de Componente Principal.		
Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser.		
Pontuações de componente.		

Matriz de covariâncias de escore de componente		
Componente	1	2
1	1	0
2	0	1
Método de Extração: análise de Componente Principal.		
Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser.		
Pontuações de componente.		

<b>Estatísticas Descritivas IPRO</b>						
	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	CV
SERTÃO CENTRAL E INHAMUS	40	0,17	0,89	0,348	0,152	43,720
MACIÇO DE BATURITÉ	14	0,20	0,28	0,246	0,024	9,636
LITORAL PECÉM	16	0,22	0,48	0,331	0,074	22,221
LITORAL NORTE	22	0,19	0,39	0,271	0,050	18,392
LITORAL FORTALEZA	14	0,25	0,59	0,351	0,108	30,716
JAGUARIBANA	24	0,28	0,96	0,437	0,155	35,542
IBIAPABA	26	0,16	0,32	0,221	0,043	19,262
CARIRI	28	0,16	0,39	0,263	0,063	24,098

**APÊNDICE D - OUTPUT RESULTANTE DA ANÁLISE FATORIAL PARA A CRIAÇÃO DO ÍNDICE DE INSTABILIDADE (INST)**

<b>Matriz de correlações<sup>a</sup></b>								
		CV_ TEMP	CV_ CHUVA	CV_ VACA	CV_ PROD	CV_ PREÇO	CV_ LEITE	CV_ VALOR
Correlação	CV_TEMP	1,000	-0,316	0,064	0,122	-0,138	0,088	0,138
	CV_CHUVA	-0,316	1,000	0,121	-0,177	0,438	0,075	0,097
	CV_VACA	0,064	0,121	1,000	0,123	0,262	0,603	0,574
	CV_PROD	0,122	-0,177	0,123	1,000	-0,131	0,600	0,453
	CV_PREÇO	-0,138	0,438	0,262	-0,131	1,000	0,114	0,047
	CV_LEITE	0,088	0,075	0,603	0,600	0,114	1,000	0,858
	CV_VALOR	0,138	0,097	0,574	0,453	0,047	0,858	1,000
Sig. (unilateral)	CV_TEMP		0,000	0,194	0,050	0,031	0,116	0,031
	CV_CHUVA	0,000		0,051	0,008	0,000	0,156	0,095
	CV_VACA	0,194	0,051		0,048	0,000	0,000	0,000
	CV_PROD	0,050	0,008	0,048		0,038	0,000	0,000
	CV_PREÇO	0,031	0,000	0,000	0,038		0,062	0,265
	CV_LEITE	0,116	0,156	0,000	0,000	0,062		0,000
	CV_VALOR	0,031	0,095	0,000	0,000	0,265	0,000	
a. Determinante = ,052								

<b>Inverso de matriz de correlações</b>							
	CV_ TEMP	CV_ CHUVA	CV_ VACA	CV_ PROD	CV_ PREÇO	CV_ LEITE	CV_ VALOR
CV_TEMP	1,155	0,384	-0,050	-0,043	-0,009	0,199	-0,319
CV_CHUVA	0,384	1,436	0,133	0,304	-0,549	-0,058	-0,332
CV_VACA	-0,050	0,133	1,928	0,637	-0,332	-1,227	-0,334
CV_PROD	-0,043	0,304	0,637	1,992	0,156	-1,900	0,330

CV_PREÇO	-0,009	-0,549	-0,332	0,156	1,370	-0,386	0,442
CV_LEITE	0,199	-0,058	-1,227	-1,900	-0,386	5,949	-3,541
CV_VALOR	-0,319	-0,332	-0,334	0,330	0,442	-3,541	4,135

Teste de KMO e Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,626
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	532.061
	gl	21
	Sig.	,000

Matrizes anti-imagem								
		CV_ TEMP	CV_ CHUVA	CV_ VACA	CV_ PROD	CV_ PREÇO	CV_ LEITE	CV_ VALOR
Covariância anti- imagem	CV_TEMP	0,866	0,231	-0,022	-0,019	-0,006	0,029	-0,067
	CV_CHUVA	0,231	0,696	0,048	0,106	-0,279	-0,007	-0,056
	CV_VACA	-0,022	0,048	0,519	0,166	-0,126	-0,107	-0,042
	CV_PROD	-0,019	0,106	0,166	0,502	0,057	-0,160	0,040
	CV_PREÇO	-0,006	-0,279	-0,126	0,057	0,730	-0,047	0,078
	CV_LEITE	0,029	-0,007	-0,107	-0,160	-0,047	0,168	-0,144
	CV_VALOR	-0,067	-0,056	-0,042	0,040	0,078	-0,144	0,242
Correlação anti- imagem	CV_TEMP	,583 <sup>a</sup>	0,298	-0,033	-0,028	-0,007	0,076	-0,146
	CV_CHUVA	0,298	,541 <sup>a</sup>	0,080	0,180	-0,391	-0,020	-0,136
	CV_VACA	-0,033	0,080	,726 <sup>a</sup>	0,325	-0,204	-0,362	-0,118
	CV_PROD	-0,028	0,180	0,325	,581 <sup>a</sup>	0,095	-0,552	0,115
	CV_PREÇO	-0,007	-0,391	-0,204	0,095	,549 <sup>a</sup>	-0,135	0,186
	CV_LEITE	0,076	-0,020	-0,362	-0,552	-0,135	,605 <sup>a</sup>	-0,714
	CV_VALOR	-0,146	-0,136	-0,118	0,115	0,186	-0,714	,681 <sup>a</sup>
a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)								

<b>Comunalidades</b>		
	Inicial	Extração
CV_TEMP	1,000	0,320
CV_CHUVA	1,000	0,667
CV_VACA	1,000	0,589
CV_PRODUTIVIDADE	1,000	0,547
CV_PREÇO	1,000	0,580
CV_LEITE	1,000	0,910
CV_VBP	1,000	0,828
Método de Extração: análise de Componente Principal.		
<b>Variância total explicada</b>		

Compon ente	Autovalores iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas de rotação de carregamentos ao quadrado	
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância
1	2,708	38,684	38,684	2,708	38,684	38,684	2,708	38,682
2	1,734	24,773	63,457	1,734	24,773	63,457	1,734	24,775
3	0,930	13,287	76,744					
4	0,666	9,510	86,254					
5	0,557	7,959	94,212					
6	0,297	4,249	98,461					
7	0,108	1,539	100,000					
Método de Extração: análise de Componente Principal.								

<b>Matriz de componente<sup>a</sup></b>		
	Componente	
	1	2
CV_TEMP	0,164	-0,541
CV_CHUVA	0,092	0,812
CV_VACA	0,725	0,252
CV_PROD	0,619	-0,406
CV_PREÇO	0,162	0,744
CV_LEITE	0,954	-0,019
CV_VALOR	0,910	-0,022
Método de Extração: análise de Componente Principal.		
a. 2 componentes extraídos.		

<b>Correlações reproduzidas</b>								
		CV_ TEMP	CV_ CHUVA	CV_ VACA	CV_ PROD	CV_ PREÇO	CV_ LEITE	CV_ VALOR
Correlação reproduzida	CV_TEMP	,320 <sup>a</sup>	-0,424	-0,018	0,321	-0,376	0,166	0,161
	CV_CHUVA	-0,424	,667 <sup>a</sup>	0,271	-0,272	0,619	0,073	0,065
	CV_VACA	-0,018	0,271	,589 <sup>a</sup>	0,346	0,305	0,687	0,654
	CV_PROD	0,321	-0,272	0,346	,547 <sup>a</sup>	-0,201	0,598	0,572
	CV_PREÇO	-0,376	0,619	0,305	-0,201	,580 <sup>a</sup>	0,141	0,131
	CV_LEITE	0,166	0,073	0,687	0,598	0,141	,910 <sup>a</sup>	0,868
	CV_VALOR	0,161	0,065	0,654	0,572	0,131	0,868	,828 <sup>a</sup>
Resíduo <sup>b</sup>	CV_TEMP		0,108	0,081	-0,199	0,238	-0,078	-0,024
	CV_CHUVA	0,108		-0,150	0,095	-0,181	0,002	0,032

	CV_VACA	0,081	-0,150		-0,223	-0,043	-0,084	-0,080
	CV_PROD	-0,199	0,095	-0,223		0,070	0,003	-0,119
	CV_PREÇO	0,238	-0,181	-0,043	0,070		-0,027	-0,084
	CV_LEITE	-0,078	0,002	-0,084	0,003	-0,027		-0,011
	CV_VALOR	-0,024	0,032	-0,080	-0,119	-0,084	-0,011	
Método de Extração: análise de Componente Principal.								
a. Comunalidades reproduzidas								
b. Os resíduos são computados entre as correlações observadas e reproduzidas. Há 14 (66,0%) resíduos não redundantes com valores absolutos maiores que 0,05.								

<b>Matriz de componente rotativa<sup>a</sup></b>		
	Componente	
	1	2
CV_TEMP	0,170	-0,539
CV_CHUVA	0,082	0,813
CV_VACA	0,722	0,260
CV_PROD	0,623	-0,398
CV_PREÇO	0,153	0,746
CV_LEITE	0,954	-0,007
CV_VALOR	0,910	-0,012
Método de Extração: análise de Componente Principal. Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser. <sup>a</sup>		
a. Rotação convergida em 3 iterações.		

<b>Matriz de transformação de componente</b>		
Componente	1	2
1	1,000	0,012
2	-0,012	1,000
<p>Método de Extração: análise de Componente Principal.  Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser.</p>		

<b>Matriz de coeficiente de escore de componente</b>		
	Componente	
	1	2
CV_TEMP	0,064	-0,311
CV_CHUVA	0,028	0,468
CV_VACA	0,266	0,148
CV_PROD	0,231	-0,231
CV_PREÇO	0,055	0,430
CV_LEITE	0,352	-0,006
CV_VALOR	0,336	-0,009
<p>Método de Extração: análise de Componente Principal.  Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser.  Pontuações de componente.</p>		

<b>Matriz de covariâncias de escore de componente</b>		
Componente	1	2
1	1,000	0,000
2	0,000	1,000

Método de Extração: análise de Componente Principal.  
Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser.  
Pontuações de componente.

<b>Estatísticas Descritivas</b>					
	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
REGR factor score 1 for analysis 1	184	-1,68295	3,22419	0,0000000	1,00000000
REGR factor score 2 for analysis 1	184	-2,03641	4,33474	0,0000000	1,00000000
N válido (de lista)	184				

<b>Estatísticas Descritivas ÍNDICE INSTABILIDADE</b>						
	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	CV
SERTÃO CENTRAL E INHAMUS	40	0,10	0,64	0,304	0,133	43,854
MACIÇO DE BATURITÉ	14	0,15	0,91	0,39	0,197	50,384
LITORAL PECÉM	16	0,15	0,58	0,265	0,124	46,857
LITORAL NORTE	22	0,14	0,47	0,279	0,071	25,549
LITORAL FORTALEZA	14	0,31	0,76	0,473	0,120	25,260
JAGUARUANA	24	0,23	0,71	0,415	0,1	31,807
IBIAPABA	24	0,23	0,71	0,415	0,132	31,903
CARIRI	28	0,22	0,63	0,348	0,109	31,232

**APÊNDICE E - OUTPUT RESULTANTE DA ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR  
COM VARIÁVEIS DUMMIES PARA AVALIAR AS DIFERENÇAS ENTRE O IPRO  
E INST DE CADA REGIÃO DO CEARÁ**

**Variáveis Inseridas/Removidas<sup>a</sup>**

Modelo	Variáveis inseridas	Variáveis removidas	Método
1	DMB, DLF, DLP, DLN, DJA, DIB, DCA <sup>b</sup>	.	Inserir

a. Variável Dependente: IPRO

b. Todas as variáveis solicitadas inseridas.

**Resumo do modelo**

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa
1	,553 <sup>a</sup>	,306	,278	,103967

a. Preditores: (Constante), DMB, DLF, DLP, DLN, DJA, DIB, DCA

**ANOVA<sup>a</sup>**

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	,837	7	,120	11,061	,000 <sup>b</sup>
	Resíduo	1,902	176	,011		
	Total	2,739	183			

a. Variável Dependente: IPRO

b. Preditores: (Constante), DMB, DLF, DLP, DLN, DJA, DIB, DCA

**Coeficientes<sup>a</sup>**

Modelo		Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados		Sig.
		B	Erro Erro	Beta	t	
1	(Constante)	,348	,016		21,155	,000
	DCA	-,085	,026	-,251	-3,322	,001
	DIB	-,127	,026	-,362	-4,839	,000
	DJA	,090	,027	,247	3,338	,001
	DLF	,003	,032	,007	,103	,918
	DLN	-,077	,028	-,205	-2,798	,006
	DLP	-,017	,031	-,039	-,548	,585
	DMB	-,102	,032	-,221	-3,149	,002

a. Variável Dependente: IPRO

**Variáveis Inseridas/Removidas<sup>a</sup>**

Modelo	Variáveis inseridas	Variáveis removidas	Método
1	DMB, DLF, DLP, DLN, DJA, DIB, DCA <sup>b</sup>	.	Inserir

a. Variável Dependente: INST

b. Todas as variáveis solicitadas inseridas.

### Resumo do modelo

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa
1	,553 <sup>a</sup>	,306	,278	,103967

a. Preditores: (Constante), DMB, DLF, DLP, DLN, DJA, DIB, DCA

### Coefficientes<sup>a</sup>

Modelo		Coefficients não padronizados		Coefficients padronizados		Sig.
		B	Erro Erro	Beta	t	
1	(Constante)	,304	,020		15,340	,000
	DCA	,044	,031	,115	1,429	,155
	DIB	-,030	,032	-,075	-,938	,350
	DJA	,112	,032	,272	3,456	,001
	DLF	,170	,039	,326	4,370	,000
	DLN	-,025	,033	-,059	-,753	,452
	DLP	-,039	,037	-,079	-1,052	,294
	DMB	,088	,039	,168	2,253	,025

a. Variável Dependente: INST

**Coeficientes<sup>a</sup>**

Modelo		Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados		Sig.
		B	Erro Erro	Beta	t	
1	(Constante)	,348	,016		21,155	,000
	DCA	-,085	,026	-,251	-3,322	,001
	DIB	-,127	,026	-,362	-4,839	,000
	DJA	,090	,027	,247	3,338	,001
	DLF	,003	,032	,007	,103	,918
	DLN	-,077	,028	-,205	-2,798	,006
	DLP	-,017	,031	-,039	-,548	,585
	DMB	-,102	,032	-,221	-3,149	,002

a. Variável Dependente: IPRO

## APENDICE F - OUTPUT RESULTANTE DA ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR PARA CORRELACIONAR OS INDICES DE INSTABILIDADE E PRODUTIVIDADE

### Variáveis Inseridas/Removidas<sup>a</sup>

Modelo	Variáveis inseridas	Variáveis removidas	Método
1	D7_BATURI, D4_LIT_FOR, D6_LIT_PEC, D5_LIT_NOR, D3_JAGU, D2_IBIA, D1_CAR <sup>b</sup>	.	Inserir

a. Variável Dependente: IPRO

b. Todas as variáveis solicitadas inseridas.

### Resumo do modelo

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa
1	,554 <sup>a</sup>	,307	,280	,103824

a. Preditores: (Constante), D7\_BATURI, D4\_LIT\_FOR, D6\_LIT\_PEC, D5\_LIT\_NOR, D3\_JAGU, D2\_IBIA, D1\_CAR

### ANOVA<sup>a</sup>

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	,841	7	,120	11,147	,000 <sup>b</sup>
	Resíduo	1,897	176	,011		
	Total	2,738	183			

a. Variável Dependente: IPRO

b. Preditores: (Constante), D7\_BATURI, D4\_LIT\_FOR, D6\_LIT\_PEC, D5\_LIT\_NOR, D3\_JAGU, D2\_IBIA, D1\_CAR

**Coefficientes<sup>a</sup>**

Modelo	Coefficients não padronizados		Coefficients padronizados		t	Sig.
	B	Erro Erro	Beta			
1	(Constante)	,348	,016		21,184	,000
	D1_CAR	-,085	,026	-,251	-3,327	,001
	D2_IBIA	-,127	,026	-,362	-4,845	,000
	D3_JAGU	,090	,027	,247	3,342	,001
	D4_LIT_FOR	,003	,032	,007	,099	,922
	D5_LIT_NOR	-,077	,027	-,210	-2,849	,005
	D6_LIT_PEC	-,013	,031	-,028	-,401	,689
	D7_BATURI	-,102	,032	-,221	-3,156	,002

a. Variável Dependente: IPRO

**Variáveis Inseridas/Removidas<sup>a</sup>**

Modelo	Variáveis inseridas	Variáveis removidas	Método
1	D7_BATURI, D4_LIT_FOR, D6_LIT_PEC, D5_LIT_NOR, D3_JAGU, D2_IBIA, D1_CAR <sup>b</sup>	.	Inserir

a. Variável Dependente: INST

b. Todas as variáveis solicitadas inseridas.

**Resumo do modelo**

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa
1	,464 <sup>a</sup>	,216	,184	,125148

a. Preditores: (Constante), D7\_BATURI, D4\_LIT\_FOR, D6\_LIT\_PEC, D5\_LIT\_NOR, D3\_JAGU, D2\_IBIA, D1\_CAR

**ANOVA<sup>a</sup>**

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	,757	7	,108	6,908	,000 <sup>b</sup>
	Resíduo	2,757	176	,016		
	Total	3,514	183			

a. Variável Dependente: INST

b. Preditores: (Constante), D7\_BATURI, D4\_LIT\_FOR, D6\_LIT\_PEC, D5\_LIT\_NOR, D3\_JAGU, D2\_IBIA, D1\_CAR

**Coefficientes<sup>a</sup>**

Modelo		Coefficients não padronizados		Coefficients padronizados Beta	t	Sig.
		B	Erro Erro			
1	(Constante)	,304	,020		15,342	,000
	D1_CAR	,044	,031	,115	1,429	,155
	D2_IBIA	-,030	,032	-,075	-,938	,349
	D3_JAGU	,112	,032	,272	3,456	,001
	D4_LIT_FOR	,170	,039	,326	4,371	,000
	D5_LIT_NOR	-,024	,033	-,059	-,748	,456
	D6_LIT_PEC	-,041	,038	-,081	-1,074	,284
	D7_BATURI	,088	,039	,168	2,253	,025

a. Variável Dependente: INST

**Correlações<sup>a</sup>**

		INST	I PRO
INST	Correlação de Pearson	1	,221
	Sig. (2 extremidades)		,449
	N	14	14
I PRO	Correlação de Pearson	,221	1
	Sig. (2 extremidades)	,449	
	N	14	14

a. REGIAO\_2 = 1

**Correlações<sup>a</sup>**

		INST	I PRO
INST	Correlação de Pearson	1	,325
	Sig. (2 extremidades)		,121
	N	24	24
I PRO	Correlação de Pearson	,325	1
	Sig. (2 extremidades)	,121	
	N	24	24

a. REGIAO\_2 = 2

**Correlações<sup>a</sup>**

		INST	I PRO
INST	Correlação de Pearson	1	,069
	Sig. (2 extremidades)		,814
	N	14	14
I PRO	Correlação de Pearson	,069	1
	Sig. (2 extremidades)	,814	
	N	14	14

a. REGIAO\_2 = 3

**Correlações<sup>a</sup>**

		INST	I PRO
INST	Correlação de Pearson	1	,096
	Sig. (2 extremidades)		,274
	N	132	132
I PRO	Correlação de Pearson	,096	1
	Sig. (2 extremidades)	,274	
	N	132	132

a. REGIAO\_2 = 4