



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

ELIZAMA CAVALCANTE DE PAIVA

**SIMULAÇÕES METODOLÓGICAS PARA DETECTAR FORMAÇÃO DE
EXPECTATIVAS E TORNAR A PRODUÇÃO DE LEITE SUSTENTÁVEL NO
SEMIÁRIDO CEARENSE**

FORTALEZA
2018

ELIZAMA CAVALCANTE DE PAIVA

**SIMULAÇÕES METODOLÓGICAS PARA DETECTAR FORMAÇÃO DE
EXPECTATIVAS E TORNAR A PRODUÇÃO DE LEITE SUSTENTÁVEL NO
SEMIÁRIDO CEARENSE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará, como requisito para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José de Jesus Sousa Lemos

FORTALEZA
2018

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

- P167s Paiva, Elizama Cavalcante de.
Simulações metodológicas para detectar formação de expectativas e tornar a produção de leite sustentável no semiárido cearense. / Elizama Cavalcante de Paiva. – 2018.
99 f.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. José de Jesus Sousa Lemos.
1. Expectativas racionais. 2. Pecuária. 3. Sustentabilidade. I. Título.

CDD 338.1

ELIZAMA CAVALCANTE DE PAIVA

**SIMULAÇÕES METODOLÓGICAS PARA DETECTAR FORMAÇÃO DE
EXPECTATIVAS E TORNAR A PRODUÇÃO DE LEITE SUSTENTÁVEL NO
SEMIÁRIDO CEARENSE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Economia Rural.

Aprovada em: 26/03/2018.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Robério Telmo Campos
Universidade Estadual do Ceará (UFC)

Prof.^a Dr.^a Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. José Vanglésio Aguiar
Prof. Aposentado da Universidade Federal do Ceará (UFC)

A meu amado esposo, Ricardo, por todo seu amor, e a minha querida filha, Iara.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida a mim concedida, pelos seus cuidados, e por estar sempre ao meu lado, sendo sempre o meu consolo e força nesta caminhada.

Aos meus pais, João Ferreira de Paiva (*in memoriam*) e Maria Cavalcante de Paiva por todos ensinamentos, apoio e, principalmente, por ter me guiado no caminho do bem e por me fazer conhecer o significado da reciprocidade de um amor incondicional.

A meu amado esposo, Ricardo Teixeira, por todo apoio, sorriso, afago, carinho, olhar, paciência, enfim, por todo seu amor. Sem você meus olhos não teriam o mesmo brilho, meu riso não seria feliz. Você é um presente de Deus em minha vida!

Aos meus queridos irmãos Elisabeth, Tiago, Elielda, Evilene, Edilene (*in memoriam*) e Eliade por toda a cumplicidade, união e amor. Aos meus amados cunhados Henrique e Artemis, por se fazerem presentes em minha vida em todos os momentos de ansiedade e, principalmente, pelas orações.

Agradeço imensamente ao SINDIAGUA, em especial na pessoa do Presidente da entidade, meu amigo e companheiro de luta, Jadson Sarto, por sempre me incentivar e apoiar.

A todos os amigos de turma que, nesses dois anos, foram verdadeiros exemplos de solidariedade e altruísmo. Aos queridos Stalys e Milena por todas as trocas de conhecimentos, amizade e ajuda. Com certeza, sem todos vocês a estrada teria sido bem mais árdua e difícil.

A minha amada amiga-irmã, Bruna Frazão, por estar sempre ao meu lado, me orientando, tendo as palavras certas de que eu precisava e necessitava ouvir, por ser meu ombro amigo, por todas as caronas, por todas as risadas, por todos os choros, pelas inúmeras vezes que estudamos, enfim, por me provar que para ser irmã não precisa nascer da mesma mãe, precisa apenas deixar o coração te guiar e confiar na voz de Deus.

A todos os professores do Mestrado Acadêmico em Economia Rural, por todos os ensinamentos, principalmente ao meu estimado orientador, Prof. Dr. José de Jesus Sousa Lemos, que desde a graduação vem sendo um exemplo de ser humano e provando a todos que a nossa passagem, apesar de rápida aqui nesse “Planeta azul”, deve ser plena e dedicada a fazer o bem, proporcionar felicidade e diminuir as vulnerabilidades pelas quais as pessoas menos favorecidas estão sujeitas. A ele a minha gratidão é imensurável!

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Robério Telmo Campos, Prof.^a Dr.^a Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima e Prof. Dr. José Vanglésio Aguiar, pela disposição e as valiosas colaborações e sugestões.

*“Aqueles que esperam no SENHOR renovam suas forças. Voam alto como águias; correm e não se fatigam, caminham e não se cansam.”
(Isaiás 40:31.)*

RESUMO

A pecuária é uma atividade histórica do Ceará e cumpre importante papel no desenvolvimento socioeconômico da Região Nordeste, participando na formação da renda de muitos produtores, além de ser importante fonte de ocupação da força de trabalho no semiárido do Estado. No Ceará, a economia é intensivamente influenciada por fenômenos climáticos e a instabilidade no regime pluviométrico é um importante definidor da produção, afetando o rendimento das culturas, os níveis de produção e as expectativas dos produtores quanto as suas produções. O crescimento da atividade, contudo, deve ocorrer de modo a garantir a sustentabilidade da produção, preservando equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade, haja vista que a pecuária é uma das atividades econômicas que mais causam impactos ao meio ambiente. Logo, estudar relações entre produção de leite, níveis de precipitação, vulnerabilidades relacionadas à situação de escassez hídrica e a sustentabilidade da produção agropecuária é providência relevante para o entendimento das dificuldades que afetam as populações rurais do Ceará. Assim, este ensaio tem como objetivo geral realizar simulações metodológicas para detectar a formação de expectativas e tornar a produção de leite sustentável no Semiárido cearense. A pesquisa utiliza dados secundários retirados da base de dados gerada no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, constituídos de séries históricas, cobrindo o período de 1974 a 2016. Foi constituído o INSUS (Índice de Sustentabilidade) para verificar a sustentabilidade da produção de leite, partindo da hipótese de que o tamanho do rebanho deva ficar estabilizado na sua média histórica. Além disso, o estudo utilizará o método proposto por Box e Jenkins (1970) para verificar como se dá a formação das expectativas dos produtores. Os resultados encontrados mostraram que é possível a produção sustentável de leite com o rebanho estabilizado, desde que se promovam melhoramentos genéticos e de manejo que incrementem a produtividade por vaca. As evidências também sugerem que a formação de expectativas nos preços do leite e tamanho do rebanho induzidos pela pluviometria afeta positivamente as expectativas de formação de renda bruta para os produtores de leite no Ceará, confirmando as hipóteses deste experimento. As simulações propostas na pesquisa sugerem que seria possível uma não emissão de 67,2 toneladas anuais de gás metano e que, em média, 62,6 mil hectares de áreas deveriam deixar de ser destinados a pastagens, podendo ter destinos como plantios de árvores para recuperar a caatinga devastada e/ou para o plantio de fruteiras.

Palavras-Chave: Expectativas racionais. Pecuária. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Livestock is a historical activity of Ceará State of Brazil, which plays an important role in the socioeconomic development of the Northeast Region participating in the formation of the income of many farmers. It is also an important source of occupation of the labor force in this State. Ceará's economy is strongly influenced by climatic phenomena, and instability in rainfall is a defining important production, affecting crop yields, production levels and the expectations of producers and their productions. However, the growth of the milk production should take place to ensure the sustainability of production, preserving balance between productivity and sustainability, given that livestock is one of the economic activities that cause most environmental impacts. Therefore, studying relationships between milk production, precipitation levels, vulnerabilities related to the situation of water scarcity and sustainability of agricultural production are topics relevant to understanding the difficulties affecting rural communities of Ceará. Thus, this study has the general objective to perform simulations in order to detect the formation of expectations and make the production of milk sustainable in Ceará. The research uses secondary data from the database generated in LabSar Laboratory of Ceará Federal University. It was made up of historical data covering the period from 1974 to 2016. It was built the INSUS (Sustainability Index) to simulate the sustainability of milk production, on the assumption that the herd size should be stabilized at its historical average. Besides that, the study will use the method proposed by Box and Jenkins (1970) to see how milk producers form their expectations in respect to their gross income. The results showed that the sustainable production of milk with stabilized herd is possible, since it promotes genetic and management improvements that increase the productivity per cow. Evidence also suggest that formation of expectations in milk prices and the herd size induced by rainfall affect positively expectations of gross income formation for dairy farmers in Ceará, confirming the hypothesis of this study. The simulations proposed in the research, suggest that would be a non-emission of 67.2 tons of methane gas of 67.2 and an average of 62.60 hectares should no longer be destined for pastures, and should be used to produce forests or fruits.

Keywords: Rational expectations. Livestock. Sustainability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pólos de produção de leite no Estado do Ceará.....	26
Figura 2 - Delimitação do semiárido.....	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Representação das áreas observadas e “congelada” no valor médio do rebanho.....	45
Gráfico 2 - Produção de leite e efetivo de vacas ordenhadas – Brasil - 1974 a 2016.....	69
Gráfico 3 - Evolução do valor da Produção de Leite – Brasil e Ceará– 1974 a 2016.....	72
Gráfico 4 - Evolução do INSUS e dos Índices de Preços e de Pluviometria no Ceará Leite (1974 = 100) Entre 1974 e 2016.....	77
Gráfico 5 - Comparação da emissão de gás metano liberado versus poupado via rebanho “corrigido”- Ceará - 1974 e 2016.....	80
Gráfico 6 - Áreas excedentes, que poderiam ser liberadas para outros usos. 1974 a 2016.....	81
Gráfico 7 - Dispersão dos resíduos associados à estimação dos <i>LN</i> dos valores de produção e dos preços – Ceará – 1974 a 2016.....	82
Gráfico 8 - Dispersão dos resíduos associados à estimação dos <i>LN</i> dos rendimentos e do rebanho – Ceará – 1974 a 2016.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção brasileira de leite e participação das regiões do País na produção....	68
Tabela 2 - Evolução e taxas geométricas de crescimento (TGC) produção de leite no Brasil, Nordeste, Ceará e das relações produção de leite no Ceará / produção no Brasil e produção no Ceará/ produção no Nordeste (1974 a 2016).....	70
Tabela 3 - Evolução e Taxas Geométricas de Crescimento (TGC) Preço do leite no Brasil, Nordeste, Ceará (1974 a 2016).....	72
Tabela 4 - Resultados obtidos pela análise fatorial com a decomposição em componentes principais.....	75
Tabela 5 - Evolução do INSUS, dos Preços médios corrigidos do litro de leite, e do índice de preços corrigidos do leite (1974 = 100) entre 1974 e 2016.....	76
Tabela 6 - Menores INSUS Ceará.....	78
Tabela 7 - Estimativas dos parâmetros autorregressivos para as previsões de valor da produção (VP), rebanho (V) e preço médio (P).....	84
Tabela 8 - Categorias de pluviometria utilizadas na pesquisa de 1974 a 2016.....	85
Tabela 9 - Resultados para a Estimação das Expectativas de Rendimento de Leite.....	85
Tabela 10 - Coeficientes estimados para as expectativas do valor da produção de leite no Ceará com base nas expectativas de preços, tamanho do rebanho e de rendimento entre 1974 e 2016, considerando diferentes cenários de pluviometria.....	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Produção de leite no período de 01/01 a 31/12, segundo as grandes regiões e unidades da Federação – Brasil, 2016.	23
Quadro 2 - Descrição das variáveis.	43
Quadro 3 – Índices Parciais de Sustentabilidade e suas respectivas descrições.....	51
Quadro 4 - Estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO).....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIP	Comissão Interministerial de Preços
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
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IGP – DI	Índice Geral de Preços
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
ONU	Organização das Nações Unidas
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	20
2.1	Objetivo geral	20
2.2	Objetivos específicos	20
3	REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1	Pecuária no Ceará	21
3.2	Escassez hídrica	27
3.3	Vulnerabilidade e resiliência	28
3.4	Desenvolvimento Sustentável	33
3.4	Evolução da Teoria das Expectativas	37
3.4.1	<i>Modelo de Expectativas e Naive</i>	38
3.4.2	<i>Modelo de Defasagens Distribuídas</i>	39
3.4.3	<i>Expectativas Adaptativas</i>	39
3.4.5	<i>Expectativas Racionais</i>	40
4	METODOLOGIA	43
4.1	Matriz de dados e área de estudo	43
4.2	Formulação teórica	43
4.2.1	<i>Criação do Índice de Sustentabilidade na Produção (INSUS) de Leite do Ceará de 1974 a 2016.</i>	44
4.2.2	<i>Elaboração dos indicadores do INSUS</i>	48
4.2.3	<i>Equação de Definição do INSUS</i>	50
4.2.4	<i>Estimação dos pesos da equação do INSUS</i>	52
4.2.5	<i>Métodos de Estimação - decomposição em componentes principais</i>	53
4.2.6	<i>Testes para identificar a adequação do uso da análise fatorial.</i>	56
4.2.7	<i>Decisão de como proceder às análises do INSUS.</i>	58
4.3	Formação das expectativas	59
4.3.1	<i>Modelo de Formação do Valor da Produção.</i>	59
4.3.2	<i>Modelo de Box e Jenkins, no que se aplica ao estudo.</i>	62
4.3.2.1	<i>Modelo de Box e Jenkins</i>	62
4.4	Expectativa do valor de produção	64
4.5	Estimação da formação das expectativas	66
4.6	Regressão linear	66

5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	68
5.1	Produção de leite	68
5.2	Sustentabilidade Econômica da Produção de Leite	75
5.2.1	<i>Resultados da análise fatorial</i>	75
5.3	Formação das expectativas	83
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
	REFERÊNCIAS	90
	ANEXO A – INSUS CEARÁ 1974 A 2016	98

1 INTRODUÇÃO

O semiárido é considerado a zona mais peculiar da região Nordeste, em razão da ocorrência sistemática de secas intensas, que diminuem os volumes de produção e incidem, sobretudo, na população desprovida de terra e de recursos financeiros (KHAN e CAMPOS, 1995). A estiagem tem por consequências perdas na produção agrícola, estagnação da pecuária e esgotamento das reservas de água. Assim, a população se torna mais frágil e susceptível as suas consequências (PEREIRA, 2012).

O Estado do Ceará ocupa uma extensão territorial da ordem de 148.016 km², incluindo a superfície hídrica. Possui 184 municípios distribuídos em 33 microrregiões que compõem as sete mesorregiões. É caracterizado pela irregularidade pluviométrica, com muita variabilidade espacial e temporal, bem como elevada taxa de evapotranspiração, favorecendo a baixa disponibilidade de água na região (IPECE, 2016).

De acordo com a última resolução do Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, em reunião realizada em Fortaleza, o Ceará, que antes detinha 150 dos seus municípios reconhecidos oficialmente como estando inseridos na Geografia do Semiárido, passou a ter 175, reconhecidos politicamente como fazendo parte desse ecossistema. As populações desses 175 municípios somavam 5.827.192 pessoas em 2017, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Em termos físicos, o Ceará detém mais de 95% de seu território reconhecido oficialmente como estando inserido na região do semiárido nordestino (SUDENE/CONDEL, 2017).

Dentre as atividades agrícolas mais relevantes do Estado se destacam as culturas de feijão, banana, arroz, mandioca, cana-de-açúcar, caju e milho. Na atividade pecuária, tem resalto a produção de aves, ovos, carne bovina e leite bovino, caprinos e ovinos. No extrativismo vegetal despontam a cera de carnaúba e o carvão vegetal (IPECE, 2016).

Em 2016, a produção de leite no Ceará foi uma das maiores do Brasil e a 3^o na região Nordeste, com um total de 534.479 vacas ordenhadas e uma produção de 528.138 mil litros de leite. No decurso dos anos, o Estado aumentando a produção leiteira e ganhou maior espaço no mercado nacional, apesar de ainda exibir níveis de produtividade aquém dos nacionais (PPM-IBGE 2016).

Pelo fato de o seu território estar quase todo inserido em regiões de climas semiáridos, a economia do Estado é intensivamente influenciada pelos fenômenos climáticos e a instabilidade no regime pluviométrico, com cíclica escassez de chuvas, má distribuição espacial e temporal, se consolidam como importantes definidores da produção do Estado,

afetando o rendimento das culturas, os níveis de produção e as expectativas dos produtores quanto as suas produções futuras.

Além de ser afetado pelos efeitos da seca, o agricultor também tem queda da produção causada pelo excesso de chuvas. A instabilidade dos cultivos agrícolas e da produção pecuária se torna um fator preocupante para toda a população do semiárido brasileiro, pois, geralmente, o rendimento dessas culturas é movido pela variabilidade climática. (LEMOS, 2012).

Acredita-se então, que os municípios com economia baseada na agricultura ou pecuária de sequeiro são diretamente tocados por estas irregularidades, dificultando e até inviabilizando o planejamento dos negócios, quer seja de base familiar ou empresarial. De acordo com dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, nos últimos 41 anos, o Ceará registrou apenas 18 anos de precipitações pluviométricas acima de 800,6 milímetros, com o quadro chuvoso considerado normal e 23 anos registraram chuvas abaixo desse parâmetro, considerando, portanto, escassez de chuva.

Mesmo passando, entretanto, por um período de cinco anos seguidos de seca (2011-2016), o volume de leite produzido no Estado, o número de vacas ordenhadas e o valor da produção conseguiram aumentar. Elevar porém, o número de cabeças de gado implica incentivar a degradação ambiental por distintas vertentes como a substituição da cobertura vegetal arbórea e arbustiva por pastagens, por exemplo, outro problema associado ao crescimento indefinido do rebanho é a compactação dos solos, que decorre do pisoteio de um número maior de animais. Essa compactação terá impactos importantes sobre a acumulação de água no subsolo, porque o solo perde boa parte da sua porosidade e toda a água que cair sobre a superfície não será absorvida, mas deslizará, provocando erosão. O terceiro problema que decorre da elevação do tamanho do rebanho é a eliminação de gás metano pela decomposição das fezes de um número maior de animais (ARAÚJO, 2010 apud LEITE *et al.*, 2011).

De tal modo, há a necessidade de se buscar ensaios que tornem sustentável a produção de leite no Estado. Assim, a empreitada envolvida na proposta de produção sustentável tem que ser entendida como um processo de implantações progressivas e diferenciais, sem retorno econômico imediato, ainda que com grandes oportunidades de retorno social a médio e longo prazos (AB' SABER, 1999).

Nessa realidade de incertezas, a cada ano, os agentes econômicos formulam suas expectativas com relação à possível quadra chuvosa e é com base em experiências que se organizam e fazem seus planejamentos para os anos seguintes, sobre quanto produzir e o quê

produzir. Estudar, todavia, as relações entre produção de leite, níveis de precipitação, vulnerabilidades dos agricultores à situação de escassez hídrica e a sustentabilidade da produção agropecuária é necessário, pois são temas relevantes para o entendimento das dificuldades que afetam as populações rurais deste Estado do Ceará.

Nessa perspectiva, o estudo ora relatado se faz importante, em razão da relevância socioeconômica e ambiental que a produção de leite possui para a economia do Estado. Deve-se destacar, também, a pouca produção de estudos que avaliem as vulnerabilidades, as capacidades de resiliência e, por consequência, a sustentabilidade da produção pecuária no Ceará inclusive, mostrando o papel das expectativas de pluviometria sobre a produção esperada. Por fim, a pesquisa realiza simulações metodológicas para detectar a formação de expectativas e tornar sustentável a produção de leite no semiárido cearense, tendo por base os dados do período de 1974 a 2016.

Desse modo, o ensaio, sem dúvidas é importante fonte de informações para os diversos setores da economia, mercados e governos. Ademais, permite direcionar políticas públicas e/ou administrativas que orientem o escoamento e ampliação da produção.

2 OBJETIVOS

Com base no que foi explanado até aqui, delinham-se os objetivos desta pesquisa, conforme segue.

2.1 Objetivo geral

- Realizar simulações metodológicas para detectar a formação de expectativas e tornar sustentável a produção de leite no semiárido cearense.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a produção de leite;
- Elaborar um Índice de Sustentabilidade (INSUS) na produção de leite no Ceará, tendo como base os indicadores de rendimento anual das vacas leiteiras, do tamanho anual do rebanho, pluviometria por ano e valor da produção, aferida em salários-mínimos anuais, no Estado no período de 1974 a 2016;
- Avaliar, mediante a da evolução do INSUS, e das suas características estatísticas, se a produção leiteira no Ceará pode ser considerada sustentável, de um ponto de vista econômico e ambiental, no período investigado;
- Estimar a quantidade anual mínima, média e máxima de gás metano que será poupada se os produtores utilizarem as simulações propostas no estudo, como também a área preservada.
- Verificar como os produtores de leite no Ceará formam as suas expectativas de renda bruta.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico consiste na apresentação e discussão de alguns conceitos que serão absolutamente necessários para reforçar a base teórica e facilitar a compreensão do tema proposto na pesquisa.

O referencial está dividido em duas etapas. Na primeira se mostra o estado da arte no que se refere à pecuária leiteira, com ênfase para o Estado do Ceará. Nessa etapa, se discutem os conceitos de escassez hídrica, vulnerabilidade, resiliência e desenvolvimento sustentável. Na segunda fase do referencial, serão apresentados os conceitos de expectativas racionais e expectativas adaptativas no que eles podem ser moldados a este estudo.

3.1 Pecuária no Ceará

A pecuária é uma das atividades mais tradicionais do Brasil. O bovino, em especial, teve grande contribuição na vida econômica do País, desde a época da colonização, seja no transporte de cargas, na alimentação dos bandeirantes no período das entradas e bandeiras, cumprindo, também, a função de força de trabalho nas atividades produtivas da terra. Somente após o período pós-guerra II Guerra Mundial teve-se efetivamente a formação da cadeia produtiva.

Gomes *et al.* (2002) destacam que, entre as diversas cadeias produtivas do Complexo Agroindustrial Brasileiro que, a cadeia leiteira nacional passou por grandes mudanças estruturais de 1990, causando sua reestruturação, nos moldes ocorridos em outros países onde a atividade leiteira se tornou mais desenvolvida. Com efeito, a reestruturação do sistema agropecuário brasileiro iniciou-se em meados de 1990, resultante de mudanças no ambiente institucional e econômico brasileiro, como: o fim do tabelamento de preços, a abertura comercial, a entrada do País no Mercosul e, principalmente, em virtude da estabilização da economia com o Plano de Estabilização Monetária, o Plano Real. Todas essas ações tiveram reflexos na expansão gradual da produção nacional.

As bacias leiteiras, contudo, se formaram com o propósito de suprir as demandas locais, sobretudo pelo fato de que com a estabilização econômica e o controle inflacionário, houve o aumento do poder de compra da população. Por isso, a demanda por leite e por seus derivados cresceu substancialmente. Prontamente, a pecuária leiteira passou a ser praticada em todo o Território brasileiro, dadas as condições edafoclimáticas do País, que permitem a adaptação da atividade às peculiaridades regionais, destacando-se a heterogeneidade dos

sistemas de produção, que utilizam desde técnicas rudimentares até técnicas comparáveis às mais competitivas do mundo (FREITAS *et al*, 2005).

A atividade leiteira participa na formação da renda de muitos produtores, além de ser responsável por grande absorção da mão de obra rural, propiciando a fixação do homem no campo (CAMPOS e PIACENTE, 2007).

No Brasil, o Estado de Minas Gerais é o maior produtor de leite, com 26,6% da produção nacional. Os Estados do Paraná (14,0%), Rio Grande do Sul (13,7%) e Goiás (8,7%) aparecem na segunda, terceira e quarta posições, respectivamente. Esses Estados são responsáveis pela maior parte (63%) da produção nacional (IBGE-PPM, 2016).

A importância da atividade agropecuária é incontestável no desempenho econômico e na geração de emprego e renda para milhares de produtores e trabalhadores rurais. A produção brasileira, em 2016, foi de 33,6 bilhões de litros de leite, gerando um valor bruto de aproximadamente 39,4 bilhões de reais naquele ano. A Região Nordeste foi responsável por 11% do total dessa produção, produzindo 3,7 bilhões de litros de leite, com valor agregado aproximado de 4,9 bilhões de reais a preços correntes de 2016. No mesmo ano, o Ceará produziu mais de 528 milhões de litros de leite, o que gerou 742,9 milhões de reais para compor a economia do Estado (IBGE-PPM, 2016) (Quadro 1).

Quadro 1 - Produção de leite no período de 01/01 a 31/12, segundo as grandes regiões e unidades da Federação – Brasil, 2016.

	Vacas ordenhadas (cabeças)	Quantidade (1 000 litros)	Valor da produção (1 000 R\$)	Produtividade (litros/vaca/ano)	Vacas ordenhadas / efetivo bovinos ⁽¹⁾ (%)
Brasil	19 678 817	33 624 653	39 441 516	1 709	9,0
Norte	2 084 186	1 876 004	1 709 393	900	4,3
Rondônia	600 065	790 947	592 001	1 318	4,4
Acre	81 284	56 870	60 550	700	2,7
Amazonas	97 104	45 978	69 747	473	7,4
Roraima	37 919	13 141	23 654	347	4,9
Pará	732 936	577 522	583 596	788	3,6
Amapá	6 777	5 983	10 653	883	8,9
Tocantins	528 101	385 563	369 191	730	6,1
Nordeste	3 505 866	3 772 384	4 919 050	1 076	12,3
Maranhão	591 520	371 250	434 866	628	7,7
Piauí	129 366	73 518	152 717	568	7,9
Ceará	534 479	528 138	742 901	988	22,0
Rio Grande do Nort	247 758	227 747	372 230	919	29,5
Paraíba	222 832	178 437	242 636	1 022	18,8
Pernambuco	488 780	839 029	1 103 292	1 717	25,8
Alagoas	192 181	337 974	441 453	1 759	15,2
Sergipe	218 744	357 882	435 843	1 636	18,3
Bahia	880 206	858 408	993 112	975	8,5
Sudeste	6 819 765	11 546 087	13 936 462	1 693	17,4
Minas Gerais	4 974 449	8 970 779	10 803 365	1 803	21,0
Espírito Santo	272 908	371 375	410 771	1 361	13,3
Rio de Janeiro	415 509	511 865	578 541	1 232	17,2
São Paulo	1 156 899	1 692 068	2 143 785	1 463	10,5
Sul	4 200 266	12 457 744	14 736 537	2 966	15,2
Paraná	1 621 957	4 730 195	5 838 834	2 916	17,1
Santa Catarina	1 116 994	3 113 769	3 672 024	2 788	24,8
Rio Grande do Sul	1 461 315	4 613 780	5 225 678	3 157	10,8
Centro-Oeste	3 068 734	3 972 434	4 140 075	1 294	4,1
Mato Grosso do Sul	258 919	346 300	331 855	1 337	1,2
Mato Grosso	553 100	662 720	622 792	1 198	1,8
Goiás	2 237 872	2 933 441	3 153 657	1 311	9,8
Distrito Federal	18 843	29 972	31 771	1 591	19,6

Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE).

A atividade demonstra crescimento significativo no Estado cearense, entretanto o desempenho da produtividade, apesar de ter crescido, ainda está inferior àquelas observadas noutras regiões brasileiras. Enquanto o Brasil, em 2016, exibiu rendimento médio de 1709 litros por vaca ano, o Nordeste exibiu produtividade de 1076 mil litros por cabeça/ano e o Ceará 988 mil litros por cabeça/ano. Ao analisar a série de 1974 a 2016, dados do IBGE, o Brasil aumentou em 161% o rendimento da produção leiteira, enquanto no Nordeste o incremento foi de 140% e no Ceará de 104%.

Na região Nordeste, apesar de a Bahia possuir maior rebanho e valor da produção, o Estado de Alagoas DENOTA a maior produtividade, com 1.759 litros/vaca/ano. Interessante destacar que é o fato de este Estado é o que possui o segundo menor número de cabeças de vacas ordenhadas em todo o Nordeste; o bom desempenho em produtividade pode estar relacionado com a realização de dois programas pioneiros de incentivo à pecuária leiteira executados pelo Governo do Estado de Alagoas, em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, os Programas Balde Cheio² e o Alagoas Mais Leite³.

O Estado do Ceará destaca-se por ter o 3^a maior número de vacas ordenhadas, porém, ao tratar da produtividade, o Estado cai para 5^a posição regional, com uma produtividade de 988 litros/vaca/ano.

Ainda assim, a pecuária é uma atividade histórica do Ceará e cumpre importante papel no desenvolvimento socioeconômico do País. De acordo com o último censo agropecuário, o Ceará contou com um total de 341.479 estabelecimentos agropecuários no ano de 2006, onde 83 mil, de alguma maneira, conserva a produção de leite (IBGE, 2006).

Ximenes (2009) salienta que a baixa oferta e a qualidade da pastagem do Ceará é um dos principais entraves à melhoria dos índices zootécnicos e econômicos, principalmente porque, nessa região, existe a instabilidade pluviométrica, pois há um curto período chuvoso (quatro meses) e o longo período seco, causando sazonalidade da oferta de leite no ano, o que é característico do ambiente semiárido.

Reis Filho e Carvalho (2009) complementam que são vários os fatores que resultam em baixa produtividade da produção leiteira como: a sazonalidade da oferta de forragem aos rebanhos, o baixo nível tecnológico, a necessidade de fortalecer e modernizar o parque industrial, dentre outros. Esses entraves, contudo, sempre foram, e continuarão sendo, um problema, porém não um fator limitante ao desenvolvimento da atividade na região, tendo em vista que, por intermédio de políticas públicas, aliadas ao conhecimento técnico-científico, é possível proporcionar condições que venham a possibilitar o crescimento da produtividade dos rebanhos e da produção de leite de modo a torná-la competitiva.

Apesar do baixo desempenho da atividade na região Nordeste, existe otimismo por parte dos especialistas quanto ao potencial para a produção de leite nas regiões semiáridas. Esse otimismo foi demonstrado por Alvim (2012), ao acentuar que não tinha dúvidas de que as adversidades do Nordeste brasileiro serão resolvidas em algum momento, e que a região se transformará em grande bacia leiteira brasileira, visto que, em todo o mundo, a produção de leite é mais eficiente onde há maior escassez de água. Para que isso aconteça, entretanto, o autor enfatiza ser preciso vencer etapas, a exemplo da melhoria de conhecimento técnico e gerencial dos produtores, da gestão eficiente das águas, da produção e armazenamento de forragens suficientes para atravessar períodos secos e, principalmente, do fortalecimento do cooperativismo e do associativismo.

Mais de 80% da produção de leite do Estado do Ceará se concentram em oito polos de produção, sendo as regiões, em termos de pecuária leiteira, as mais dinâmicas (figura 1).

Figura 1 – Pólos de produção de leite no Estado do Ceará.



Fonte: ADECE (2012).

No Ceará, em 1999, foi implantado o Projeto Pasto Verde, iniciativa pública cujo foco era a sustentabilidade para a cadeia produtiva do leite que diminuísse os efeitos das vulnerabilidades a que esses produtores estavam sujeitos, em decorrência, principalmente, de à escassez hídrica da qual a Região padece. Os principais desafios do projeto eram o uso do pastejo rotacionado e a irrigação de pastagens. A fonte hídrica utilizada para a irrigação das pastagens era diversificada, por meio de poços amazonas, poços tubulares rasos e profundos, açudes, leitos de rios e, em alguns casos, de perímetros públicos (REIS FILHO; OLIVEIRA, 2014).

O projeto Pasto Verde prosseguiu até o ano de 2006, impulsionado pelo advento de outro programa, chamado de Agente Rural. O projeto assistia cerca de 1.400 produtores, com uma equipe técnica formada por 141 profissionais de Ciências Agrárias especializados e

treinados para atuarem em pecuária de leite (REIS FILHO; OLIVEIRA, 2014). O uso da irrigação a produção de leite foi a principal tecnologia capaz de reduzir o risco a vulnerabilidade da atividade em razão das intempéries climáticas do semiárido brasileiro.

Segundo Reis Filho e Oliveira (2014), o Projeto Pasto Verde deixou muitos frutos positivos, como a comprovação das viabilidades técnicas e econômicas da atividade leiteira e a formação de técnicos voltados à produção de leite, entretanto seu maior benefício foi a efetivação da “cultura do uso da irrigação para a produção de volumosos”. Hoje o produtor cearense de leite, institivamente associa a produção de leite ao uso da irrigação, sendo esta a principal estratégia para reduzir as vulnerabilidades da atividade em decorrência das intempéries climáticas da região.

Logo, com base na necessidade da sustentabilidade da produção de leite, entende-se que, uma das maneiras de minimizar os entraves ao crescimento da produção e diminuição das vulnerabilidades, especialmente de teor hídrico, a que os produtores do semiárido estão sujeitos, é uma gestão eficiente da água *vis-a-vis* a escassez hídrica natural a qual a região está sujeita.

3.2 Escassez hídrica

A agropecuária nordestina, em sua maioria representada por sistemas agrícolas e pecuaristas de subsistência, cultivos de sequeiro e parcialmente mercantil, sofrem de modo acentuado com a restrição oriunda da escassez de recursos naturais disponíveis, principalmente da água. Na Região, a atividade pecuária está sujeita a elevados riscos de perdas de produtividade, tanto temporal como espacial, das precipitações pluviométricas (DUQUE, 1980). Assim, os prolongados períodos de seca, a qualidade e as condições de acesso à água na Região influenciam significativa e negativamente nos sistemas produtivos praticados, limitando a diversidade de produtos e a relação desses produtores com o mercado.

Consoante Pereira, Cordery e Iacovides (2002, p.6) a seca é um evento que “[...] consiste numa persistente precipitação abaixo da média, com frequência, duração e severidade incertas, devido à imprevisibilidade ou dificuldade de se prever sua ocorrência, resultando na diminuição da disponibilidade de água”. A água é um recurso essencial à vida, um bem natural renovável, primordial à sobrevivência dos seres vivos e, sobretudo, ao desenvolvimento humano.

Não existe na literatura definição única de seca. Segundo Campos e Studart (2001, p. 9), “[...] no Nordeste Brasileiro, a palavra seca adquiriu uma conotação bem particular. Na

região, a seca (escassez hídrica) está intimamente associada à penúria, à fome, ao êxodo rural, aos carros pipas e às frentes de serviço. Para o camponês nordestino, seca e catástrofe social são sinônimos”.

Como informa a FUNCEME (2013), para o termo seca existem vários significados. Há a seca pluviométrica, que representa chuvas em quantidade reduzida, ou seja, abaixo da média dos períodos anteriores, ou ausência de chuva. Em seu portal Calendário das Chuvas no Estado do Ceará, a Fundação considera Normal para o Estado a pluviometria de 800,6 m.m.. Níveis abaixo desse parâmetro são considerados períodos de seca. A FUNCEME destaca também, a definição de seca num sentido mais sociológico, quando a seca é entendida como a interação de um fenômeno meteorológico (pouca ou nenhuma chuva) com determinada condição social (pouca capacidade de adaptação, por parte de certa população, aos influxos causados por poucas chuvas).

No Brasil, toda a água é oriunda de fontes, como rios, lagos e aquíferos subterrâneos. Cerca de 61% desse montante são destinados ao setor agrícola, enquanto apenas 39% são dirigidos à indústria e ao uso doméstico (POZZEBON *et al.*, 2003). Logo, a água tem caráter estratégico para o desenvolvimento social e econômico da sociedade, podendo ser apontada como elemento-chave para o desenvolvimento da agricultura e pecuária de uma região. Se entretanto, não houver controle e a administração adequada, torna-se impossível o desenvolvimento de uma cultura sustentável no uso deste importante recurso natural.

3.3 Vulnerabilidade e resiliência

Gouvêa (2008) destaca o fato de que as adversidades climáticas, de previsibilidade difícil em médio e longo prazo, como geadas, secas, chuva excessiva ou granizo, aumentam o risco associado à agricultura, tanto na produção vegetal como na pecuária. Nesse sentido, Deschênes *et al.* (2007), salientam que a agropecuária é sensível às mudanças climáticas, pois depende diretamente da chuva para produzir e se organizar quanto à alimentação do gado. O planejamento, entretanto, é a palavra-chave para que o pecuarista consiga minimizar o impacto da sazonalidade de chuvas, e esse planejamento é fundamentado nas expectativas que dos produtores, pois, conforme predito na literatura, são baseadas em experiências.

Com efeito, a percepção dos problemas ambientais e a eminente falta dos recursos naturais colaboraram com a necessidade de rever os modelos de desenvolvimento até agora adotados. Com a intenção de inferir alternativas que envolvam o crescimento e o

desenvolvimento econômico em harmonia com todos os ecossistemas, diversos autores cuidam de aportar a necessidade de debates a respeito de temas de sustentabilidade e vulnerabilidade. Lemos (2015) analisa aspectos relacionados à pobreza e às vulnerabilidades induzidas no Nordeste e no semiárido brasileiro, e enfatiza a ideia de que a vulnerabilidade climática pode ter implicação decisiva na formação e na distribuição da renda, o que ocasiona, por conseguinte, vulnerabilidades sociais e econômicas.

Assim, as vulnerabilidades climáticas e fundiárias levam o Nordeste rural à vulnerabilidade tecnológica, que tem contribuição decisiva na formação e distribuição da renda da região. O autor, contudo, conceitua vulnerabilidade como a inabilidade de um sistema se contrapor aos efeitos de um ambiente hostil. A capacidade que tem um sistema de reagir satisfatoriamente à multidimensionalidade ou à sinergia de fatores que, combinados com forças encontradas no meio ambiente, é conhecida como resiliência. Assim, resiliência e vulnerabilidade são conceitos que se contrapõem. Sistemas muito vulneráveis são, em geral, pouco resilientes. Por outro lado, sistemas resilientes têm melhores capacidades de se contraporem a vulnerabilidades (LEMOS, 2015).

Ainda segundo Lemos (2015), os pobres são mais vulneráveis tanto de um ponto de vista físico, como econômico, social e ambiental. Ao serem mais vulneráveis tem baixa capacidade de resiliência, ou seja, capacidade de a pessoa lidar com problemas, adaptar-se a mudanças, superar obstáculos ou resistir à pressão de situações adversas.

Assim, vulnerabilidade e pobreza caminham juntas, de sorte que a elevada vulnerabilidade socioeconômica das populações rurais age como elemento motivador da degradação ambiental, seja por práticas que busquem a subsistência ou por meio de hábitos culturais.

Na perspectiva de Mesquita (2016), não se pode falar de vulnerabilidade climática sem juntá-la aos eventos extremos. A seca, por exemplo, acomete várias regiões do Planeta e, no Brasil atinge uma das regiões mais pobres e populosas do País, o Nordeste, e que se configura como evento de alto de risco, com sérias consequências.

De acordo com Ximenes (2014), as mudanças climáticas merecem destaque de alerta aos produtores da região Norte e Nordeste brasileiro, pois estas regiões recebem influência direta dos fenômenos El Niño e La Niña. Ambos afetam diretamente a produtividade das culturas ali estabelecidas, já que boa parte destas é cultivada em sistemas de sequeiro, dependentes da quantidade, distribuição e intensidade das chuvas.

Em decorrência da instabilidade climática do Nordeste, os produtores da região ficam mais vulneráveis ao colapso do sistema produtivo e a destruição dos meios de produção

acumulados à custa de grandes sacrifícios, sendo esta condição intensificada pela ocorrência dos períodos de seca.

O Ceará, como ficou evidente no primeiro capítulo deste trabalho, está quase que totalmente inserido no semiárido. Conforme a figura 02, que exhibe a nova delimitação do semiárido, de acordo com a última resolução do Conselho Deliberativo da SUDENE, em reunião realizada em Fortaleza, o Ceará que antes detinha 150 dos seus municípios reconhecidos oficialmente como estando inseridos na Geografia do Semiárido, passou a ter 175 politicamente reconhecidos, como fazendo parte desse ecossistema. As populações desses 175 municípios somavam 5.827.192 pessoas em 2017, de acordo com o IBGE. Em termos físicos, o Ceará detém cerca de 95% de seu território reconhecido oficialmente como estando inserido na região do semiárido nordestino (SUDENE/CONDEL, 2017).

Figura 2 - Delimitação do Semiárido.



Fonte: SUDENE/CONDEL (2017).

Nesse contexto de vulnerabilidades cabe discorrer ainda sobre a resiliência, cujo o primeiro cientista a tratar do assunto foi o inglês Thomas Young, em 1807. O conceito de

resiliência na Física e Engenharia foi introduzido pela noção de módulo de elasticidade (TIMOSHENKO, 1953). Na Física a resiliência é definida como a capacidade de um material absorver energia sem sofrer deformação. Em Psicologia a ideia consiste no fato de que uma pessoa não pode absorver um evento maléfico e voltar à forma anterior sem nenhum vestígio, pois ela aprende, cresce e desenvolve.

Existem duas concepções na literatura ecológica, bastante reconhecidas entre os pesquisadores, sobre resiliência. Na primeira, a resiliência definida como a taxa de retorno ao equilíbrio após distúrbio (PIMM, 1984); e, na segunda, resiliência considerada como uma propriedade emergente dos sistemas e concebida como a intensidade e frequência de distúrbios que um sistema socioecológico pode absorver sem que passe por mudanças fundamentais nas suas características funcionais (HOLLING, 1973). Assim, pode-se entender resiliência como a capacidade que um sistema possui de, ao ser deslocado do seu equilíbrio, se reorganizar enquanto prepara mudanças para manter as mesmas funções, estruturas, identidades e capacidades de prover retornos (PIMM, 1991; LEMOS, 2015).

As definições, apesar de imprecisas, salientam os processos de enfrentamento e de superação das adversidades (YUNES; SZYMANSKI, 2001). Resiliência não denota, no entanto, resistência absoluta às adversidades, mas sim implicam enfrentamento (ANTHONY; COHLER, 1987). Recentemente, grupos de ecólogos e economistas vêm aplicando o tema em análises de sistemas socioeconômicos, a fim de entender a dinâmica de ecossistemas (LEVIN *et al.*, 1998; HOLLING, 1973).

De acordo com Carpenter *et al.* (2006) e Cabbell e Oelofse (2012), os aspectos climáticos, o déficit hídrico, a erosão do solo, e a degradação geral dos recursos dos ecossistemas, são aspectos que deixam produtores mais vulneráveis, influenciando negativamente na resiliência da produção agrícola e das famílias que necessitam do alimento para sobreviver. Em geral, existe um antagonismo: de um lado, a vulnerabilidade que a pecuária está sujeita ante os riscos climáticos e socioeconômicos, e, de outro porte, à necessidade de uma produção sustentável que possua resiliência socioambiental, capaz de absorver ou se recuperar de tais choques.

Como ensina Lemos (2015), resiliência na agricultura/pecuária deve ser entendida como a capacidade das culturas de se recuperarem de choques sofridos por condições edafoclimáticas (por exemplo, a seca) e voltarem ao estado inicial, ou aproximarem-se dele, com o mesmo potencial observado antes do abalo. Essa visão de resiliência tem como base o conceito físico da elasticidade.

Lira (2016) avaliou a resiliência da produção da agricultura familiar no Nordeste brasileiro no período de 1990 a 2012, por meio da estimação do Índice de Resiliência dessas culturas com suporte dos indicadores parciais de participação da agricultura familiar na formação do PIB agregado dos estados do Nordeste.

Em consequência de tal situação, encontra-se a figura do sertanejo cearense que busca conviver com as imposições de um ambiente hostil, criando estratégias de sobrevivência apoiadas em conhecimentos empíricos, que possibilitem minimizar os riscos de perda da sua produção. Entre esses conhecimentos, Folhes e Donald (2007) citam os respeitados “profetas das chuvas”, que se baseiam em observações tradicionais e empíricas do ambiente, para interpretar a instabilidade climática da região e as suas implicações diretas na produção agrícola e pecuária, ou seja, fazem previsões para com amparo nelas, os agricultores se precaverem de modo a minimizar as vulnerabilidades a que estão expostos.

Por fim, é com base também nas crenças dos “profetas das chuvas” que os produtores criam expectativas e formulam decisões sobre as futuras produções. É com origem nessa *communis opinio* que a pesquisa proposta se faz inovadora ao estudar como se dá a formação das expectativas racionais ou adaptativas ao valor da produção de leite no Ceará.

Destarte, se faz necessário, além dos conceitos discutidos até o momento, reportar-se ao desenvolvimento sustentável, haja vista que o estudo se propõe elaborar um índice de sustentabilidade da produção de leite com base em ensaios metodológicos oriundos de dados do período de 1974 a 2016.

3.4 Desenvolvimento Sustentável

A noção de desenvolvimento sustentável encerra o princípio de que não se deve brigar com a natureza, mas sim conviver com suas particularidades e limitações impostas. Desse modo, as peculiaridades econômicas, naturais, sociais e culturais de um lugar devem ser entendidas e respeitadas para o alcance de um real desenvolvimento sustentável.

Apesar de muitas discussões e reflexões sobre o tema de sustentabilidade, o conceito só foi consolidado em 1987, pela World Comissio in Environment (BRUNTLAND, 1987), que produziu o documento conhecido como: “Relatório Bruntland”, no qual foi entendido e acordado que o Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades Além das críticas aos processos de desenvolvimento até então vigentes, esse documento trouxe recomendações para a prática de medidas que deveriam ser

tomadas pelos governos, quanto a preservação da natureza, crescimento populacional, energia renovável e implantação, pela Organização das Nações Unidas (ONU), de um programa de desenvolvimento sustentável (UN, 2003).

No Brasil já em 1974, Celso Furtado lançou seu livro *O mito do desenvolvimento econômico*, em que já demonstrava preocupação com problemas ecológicos e com a introdução do desenvolvimento sustentável nas discussões.

Para o economista Sachs (1986), o ecodesenvolvimento, termo utilizado muito antes da expressão desenvolvimento sustentável, significa um desenvolvimento socioeconômico equitativo e implica optar por um processo de desenvolvimento que seja harmonioso com o meio ambiente. A sustentabilidade, contudo, deve ser caracterizada sob diversas ópticas: sustentabilidade social (diminuição das diferenças entre ricos e pobres), Sustentabilidade econômica (alocação mais eficiente dos recursos), sustentabilidade ecológica (potencial dos recursos da Terra), sustentabilidade espacial (equilíbrio entre zonas rurais e urbanas) e sustentabilidade cultural (desenvolvimento local). Enfim, o desenvolvimento sustentável é a modalidade de administrar a natureza, a fim de assegurar aos homens de nossa geração e das gerações futuras a possibilidade de se desenvolver. (PROJETO ARIDAS, 1995; SACHS, 1986).

Segundo Reijntjes (1994), o conceito de sustentabilidade é tratado na agricultura e, por conseguinte, se estende à pecuária, como a capacidade de possibilitar a permanência da produtividade, conservando a qualidade ambiental e mantendo intactos os recursos naturais. Esse conceito passou a receber grande importância, quando foram percebidos os efeitos danosos causados pelo modelo tecnológico produtivista imposto aos agricultores nos anos de 1960/1970, que se baseava em princípios de elevação da produtividade por meio do emprego de insumos químicos, mecanização intensiva e cultivares de elevado rendimento (BUTTEL, 1989; REIJNTJES, 1994; GLIESSMAN, 2001).

Apesar, porém, de esse modelo ter elevado os níveis de produtividade agrícola, ele teve como efeito colateral uma forte pressão sobre os recursos naturais, provocando desflorestamento e deterioração dos solos (ALMEIDA, 1997, HARRIGAN, *et al.*, 2002; FERNANDES, 2005; KAIMOWITZ, 2008). Essa teoria reforça a proposta expressa na pesquisa de congelamento/estagnação do tamanho do rebanho, forçando assim que o aumento da produção ocorra pela elevação da produtividade por vaca, o que possibilitaria uma produção sustentável.

De acordo com Paehlke (1999), a sustentabilidade social e ambiental é definida como “bem-estar social por unidade de impacto ambiental”, em que podem ser reunidas: a

poluição, perda de ambientes naturais, alterações climáticas e genéticas e extração de energia e matéria que excedem a capacidade de reposição.

Lemos *et al.* (1999) leciona que, para uma região conseguir alcançar o desenvolvimento sustentável, ela deve renunciar ao vigente modelo de exploração dos recursos naturais, dado que ele devasta as possibilidades das gerações futuras, condicionando-as a riscos maiores do que à nossa geração.

Somente ao perceber esse modelo de exploração citado por Lemos *et al.* (1999), em que for possível verificar a atual situação da agricultura mundial e os efeitos danosos que o uso excessivo de técnicas intensivas em capitais, sobretudo como os maquinários pesados e agroquímicos, trazia sobre o ambiente e a humanidade, é que se compreenderam as razões da crescente importância do conceito de sustentabilidade aplicado ao desenvolvimento agrícola/pecuário.

Sendo entretanto, os ambientes agropecuários manipulados por seres humanos, estes se fazem reféns de um sistema capitalista que atribui maior importância aos fatores econômicos, sob a influência do mercado, em detrimento das bases ecologicamente sustentáveis. Assim, enquanto os interesses por detrás das práticas agrícolas residem somente na rentabilidade econômica em curto prazo, a agricultura e pecuária nunca poderão ser sustentáveis (GLEIESSMAN, 2001).

O que se busca hoje é um equilíbrio entre incremento de produtividade da terra e do trabalho, e sustentabilidade, como opção ao modelo tecnológico produtivista, imposto ao mundo nos anos de 1960/70. O modelo rígido, que servia como “receita única”, era aplicado indistintamente em qualquer tipo de ecossistema, e com isso trouxe sérias consequências ambientais de degradação e desertificação, e problemas sociais que aprofundaram os níveis de pobreza (FERNANDES, 2005).

Na compreensão de Pedreira e Primavesi (2006), a atividade pecuária é a principal responsável pela degradação do meio ambiente, pois, em virtude do desmatamento para aumentar as áreas de pastagem e convívio dos animais, ocorrem a devastação de áreas produtoras e, conseqüentemente, o aumento de áreas refletoras de calor, aumentando a temperatura da região. De acordo com Araújo (2010 apud LEITE *et al.*, 2011), a pecuária causa conseqüências de mensuração difícil.

No sistema de exploração extensivo, o uso de grandes áreas para a produção não representa necessariamente a garantia da sustentabilidade do pastoreio, pois provoca um dos impactos ambientais negativos mais expressivos, como o superpastoreio, que gera, pelo pisoteio excessivo, alterações significativas na estrutura da camada superficial do solo e na

composição das espécies vegetais. O superpastoreio intensifica a compactação dos solos e a subtração da cobertura vegetal, favorecendo a erosão (ARAÚJO, 2010 apud LEITE *et al.*, 2011).

Ainda sobre o tema Gomide e Paciullo (2011) acentuam que a atividade pecuária influencia, direta e negativamente, a biodiversidade do meio ambiente, pois muitas espécies de plantas e animais acabam sendo extintas, além das repercussões que causam ao solo com a diminuição das propriedades e fins da fertilidade da terra, além dos efeitos sobre a água doce que, segundo os autores, é contaminada e utilizada indiscriminadamente.

Nesse sentido, a pecuária extensiva é uma das atividades econômicas que mais causa desgastes ao meio ambiente, entretanto esta investigação propõe “congelar/estagnar” o rebanho com a intenção de reduzir os males provocados pelo aumento do gado. Sabe-se que com o aumento no número de vacas haverá a necessidade de expansão ou alteração no uso da terra, principalmente por meio do desmatamento da vegetação caatinga para pastagem.

Tal ação influencia diretamente na perda de solo e na sua degradação, uma vez que a retirada da cobertura vegetal mais densa dificulta a infiltração de água no solo, bem como o aumento do escoamento superficial, que remove sedimentos, gerando incisões caminhos preferenciais para a água além da compactação do solo, que se torna grande problema, ocasionado, sobretudo por práticas de manejo inadequado dos rebanhos (GUERRA, 2003). Destaca-se, também, o aumento da emissão de gases na atmosfera, como o metano, liberado das fezes do rebanho, e, assim, acentuam o efeito estufa no globo terrestre.

A proposta do estudo, todavia, de “congelamento do rebanho” comunga também com a ideia de Bartelmus (2003), o qual assinala que o eixo econômico da sustentabilidade está relacionado à manutenção do capital natural, requisito essencial para que não haja o enfraquecimento econômico, ou seja, é a capacidade que um sistema econômico tem de produzir riqueza e emprego para a população, mediante a combinação mais eficiente dos recursos, a fim de favorecer o crescimento constante dos seus indicadores.

Assim, para se atingir a sustentabilidade, é necessário o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto acerca do desenvolvimento sustentável, destaca-se mais uma variante: o desenvolvimento rural sustentável, o qual, de acordo com Lemos (2012), deve ser entendido como:

Conjunto de ações sinérgicas capazes de incrementar a qualidade de vida das populações rurais, ao tempo que mantêm intacta a base dos recursos naturais renováveis, ou não-renováveis. Estes são os fundamentos deste conceito e que precisam ser internalizados para o fomento de políticas públicas que fustiguem a sua conquista. (LEMOS, 2012, p. 54).

No setor rural, especificamente na produção de leite, objeto de exame da pesquisa, o objetivo da sustentabilidade se inicia com os agricultores/pecuaristas tendo acesso em quantidade e qualidade adequadas aos principais fatores de produção, que são a terra e a água. Não apenas isso, porém, pois precisam de tecnologias adequadas e adaptadas às suas condições e acesso aos ativos sociais, como educação, saneamento, água encanada, dentre outros (LEMOS, 2015).

Reis Filho e Oliveira (2014) salientam, entretanto, que é de enorme importância que todos os agentes da cadeia produtiva do leite se unam em busca de soluções e opções capazes de remover as vulnerabilidades e potencializar a atividade no meio rural. A tecnologia da irrigação e a assistência técnica especializada são dois meios altamente essenciais à sustentabilidade da pecuária de leite, em longo prazo, no Nordeste.

Assim, sem a ciência desses conceitos, mas por força da sabedoria do senso comum, os produtores, involuntariamente, fazem previsões e criam expectativas quanto à disponibilidade de água, sobretudo das chuvas, inclusive ao esperar o diagnóstico dos “profetas da chuva” e, então fazem seu planejamento quanto as produções futuras, quer sejam agrícolas ou pecuárias.

A próxima seção trará discussão científica a respeito da Teoria da Evolução das Expectativas, instrumento que possibilitará o entendimento de como se dá a formação das expectativas.

3.4 Evolução da Teoria das Expectativas

A percepção de que as expectativas que os agentes formavam poderiam determinar a situação presente foi conjecturada em decorrência da mudança temporal, ou seja, as expectativas iriam determinar as especificidades dos acontecimentos. Esse pensamento trouxe avanços para a Teoria Econômica, na medida é possível determinar as influências de quaisquer variáveis sobre outras a despeito de defasagem temporal. Assim, a ciência econômica auferiu mais força, uma vez que se pode avaliar de maneira contínua a variável em relação ao tempo (BALDUSCO, 2009).

No geral a Ciência Econômica estuda os aspectos relacionados às expectativas somente para avaliar variáveis em níveis macroeconômicos, como prever inflações, taxa de câmbio etc. Não obstante essa “tradição”, este estudo se destaca por atrelar essa literatura à formação de expectativa de produção de leite no Ceará.

No estabelecimento de uma linha evolutiva de modelos de expectativas, pode-se dizer que a Economia passa pelos Modelos de Expectativas Naive (considerados os mais simples nas modelagens econômicas para a previsão séries temporais), Modelos de Defasagens Distribuídas, Modelos de Expectativas Adaptativas e Modelos de Expectativas Racionais.

3.4.1 Modelo de Expectativas e Naive

À procura de se delinear um método de formação de expectativas capaz de prever séries temporais, surgem os modelos Naive, ou ingênuos, que, mesmo contendo menor rigor estatístico e até conceitual, proporcionaram aos estudiosos trabalhar com dados de baixo coeficiente de variação, ou, ainda, quando exprimiam variações frequentes ou contínuas. As aplicações ou modelagem, porém, só seriam eficientes no curto prazo, visto que, no longo prazo, a crescente probabilidade de risco de erro tornaria os resultados imprecisos (BALDUSCO, 2009).

Assim, as expectativas dos agentes econômicos eram formadas apenas desde o último preço da série que, durante o tempo, convergia para um estado estacionário por não haver, por suposição deste tipo de expectativas, os choques aleatórios. Assim, as expectativas eram evidenciadas apenas desde os de modelos autorregressivos.

Conforme Sachs (1998), a modelagem de Expectativas Naive é estática, porque acredita que os agentes econômicos tendem a tomar decisões, supondo que o estado futuro será igual ao presente, ou ao passado recente. Hirsch e Lovell (1969) realizaram estudos com essa técnica, que buscava averiguar a expectativa de venda na indústria de manufatura e a sua relação direta com os estoques.

Malgrado modelos Naive terem sido considerados uma grande evolução do tema, eles foram superados rapidamente pelo padrão de defasagens distribuídas, de Irving Fisher (1930). Tido como precursor da hipótese das expectativas adaptativas, Fisher inovou ao propor que os efeitos não são sentidos de uma vez em um só período, julgando necessário que esses efeitos fossem distribuídos durante um período de maior duração. Para justificar a sua hipótese, esse autor assinaram que a taxa nominal de juros era determinada pela relação entre a taxa real de juros e a variação dos preços. Assim, no modelo de defasagens distribuídas de Fisher, o efeito de uma variação de preços é tão menor quanto for sua defasagem temporal do período analisado (BALDUSCO, 2009).

3.4.2 Modelo de Defasagens Distribuídas.

Nos modelos de Defasagens Distribuídas, as ferramentas são aprimoradas. Há projeção para séries temporais que apresentam dados variáveis. Irving Fisher (1930) foi o primeiro autor a reconhecer que as mudanças na Economia podem ter distintos efeitos no tempo. Com isso se necessitava ponderar esses efeitos de maneira diversa para cada período.

O modelo estima efeitos das variáveis explicativas distribuídas no tempo. A mudança de uma variável explicativa no tempo $t - 1$ afeta uma variável resposta no tempo t e, também, com efeitos defasados nos tempos até $t - p$ sendo $p > 1$ (GUJARATI, 2011).

Conforme Fisher (1930), a influência de uma alteração de preço durante o tempo se dá de maneira decrescente, e seu efeito de variação de preço tende a ser menor, quanto mais remota for a defasagem de tempo. O estudo das expectativas de inflação é intensamente influenciado pela inovação de Fisher, uma vez que pode ser avaliado de modo contínuo em relação ao tempo. E a ideia de defasagem distribuída produzirá o que é conhecido como Expectativas Adaptativas.

3.4.3 Expectativas Adaptativas

São modelos em que os agentes constituem expectativas sobre o que irá acontecer com base no que já aconteceu. Baseiam-se nos erros para tomar as suas decisões econômicas e, por isso, são conhecidas na literatura como Expectativas Adaptativas. As pessoas, todavia, formam suas expectativas, corrigindo aquelas que constituíram no período anterior, levando em conta o erro cometido no mesmo período.

Arrow e Nerlove (1958) foram os primeiros a abordar a hipótese das expectativas adaptativas, com amparo na concepção teórica de Elasticidade das Expectativas, de Hicks (1946). Assim, os autores assumem a ideia de que os agentes econômicos formam expectativas, de acordo com o que já observaram.

Tomando como exemplo os preços, seria admissível afirmar que os preços passados representam fenômenos de curto prazo, e eles podem representar a estabilidade do mercado em cada período. Seria inverídica, todavia, a hipótese de que haveria expectativas constantes no tempo, necessitando, portanto, de algum mecanismo de variação, que estabelecesse os efeitos dos preços passados nos preços presentes (DUYNE, 1982).

De efeito, quanto mais remoto for o período a ser analisado, menor será o seu efeito sobre as expectativas. De outro modo, quanto mais próximo do presente for à variação

dos dados analisados, maior sua relevância sobre as expectativas, definindo, assim, expectativas baseadas em uma estrutura de dados passados ponderados pela sua influência.

Cagan (1956) elaborou estudos sobre hiperinflações e trabalhou com a Teoria das Expectativas Adaptativas para entender os fenômenos monetários. Nesse trabalho, ele aborda a relação entre as variações mensais na quantidade de moeda e no nível de preços durante sete períodos de hiperinflação acontecidos em países europeus. Como resultado do seu trabalho, ele assinala que a taxa de variação esperada de inflação será a média ponderada das taxas passadas, com os pesos atribuídos conforme uma função exponencial.

Baldusco (2009) assume o argumento de que a possibilidade dos erros das expectativas estarem correlacionados, poderia gerar incertezas nas quais os agentes econômicos não conseguiriam assimilar as informações disponíveis no passado, por exemplo, dos preços ou da inflação, alterando a tendência dos modelos, sendo esta ideia incorporada posteriormente aos modelos de Expectativas Racionais.

3.4.5 Expectativas Racionais

Conforme Maddala (1992), a hipótese das Expectativas Racionais foi primeiramente formulada por John Muth em 1961.

A ideia básica de expectativas racionais vem de um trabalho pioneiro de John Muth, que observou que as várias fórmulas expectativas racionais que eram usadas na análise de modelos econômicos dinâmicos tinham pouca semelhança com a forma pela qual a economia funciona. Se o sistema econômico muda, o modo como as expectativas são formadas deveria mudar, porém os modelos tradicionais de expectativas não permitem qualquer destas mudanças. “A fórmula das expectativas adaptativas, por exemplo, diz que os agentes econômicos revisam suas expectativas para cima ou para baixo baseadas no erro mais recente” ((MADDALA, 1992, p. 431).

O uso da hipótese na Macroeconomia ganhou grande popularidade após, principalmente terem sido editados os dois trabalhos de Robert Lucas e Thomas Sargent, publicados em 1972 e 1976. Estes trabalhos exerceram grande influência sobre a Macroeconomia da época e as expectativas racionais foram, entre outros, fundamentos da emergente escola nova clássica (LUCAS, 1987).

Não demorou muito para que esse tema, Expectativas Racionais, ultrapassasse os muros da academia e chegasse a ser incorporadas políticas econômicas. Debates hoje bastante conhecidos como o da ineficácia da política econômica, análise de inflação e desemprego, e o

da tese da independência dos bancos centrais surgiram desde a influência da hipótese das Expectativas Racionais.

De acordo com a literatura existem vários estudos sobre as Expectativas Racionais e sua influência na Economia. Rossi (2015) mostra que a redução do crescimento econômico no País é causada pelo modelo de crescimento econômico e a rigidez do tripé Macroeconômico formado por metas de inflação, meta fiscal primária e regime de câmbio flutuante. O seu trabalho tem como objetivo debater a relação entre o tripé e uma estratégia para a Economia brasileira, cuja finalidade seja o alcance do desenvolvimento econômico, fazendo uso dos pressupostos das Expectativas Racionais.

Snowdon e Vane (2005) veem as Expectativas Racionais de duas maneiras distintas: Fraca e Forte. A fraca reside na ideia de, que na formação de previsões ou expectativas sobre o valor futuro de uma variável, os agentes econômicos farão o melhor uso de todas as informações disponíveis. Logo, a formação de expectativas é feita no sentido de maximização da utilidade pela pessoa.

A de teor forte deriva do trabalho de Muth (1961). Admite erros de previsão, entretanto esses erros não são correlacionados com o conjunto de informações do período em que a expectativa foi formada. Para Muth, a previsão dos agentes para os eventos futuros será essencialmente a mesma previsão da teoria econômica relevante. Muth argumentava que, se as previsões fossem diferentes haveria oportunidades grandes de lucros pelos conhecedores da teoria como economistas.

De acordo com Barro (1984), esta nova abordagem mudou de modo permanente o modo como os economistas efetivam seus modelos e fazem avaliações de mudanças do comportamento dos governos. Nesse sentido ressaltou a importância do uso das Expectativas Racionais, ao ponto de citá-la como “revolução”.

Sargent (2008) define Expectativas Racionais como um conceito de equilíbrio que pode ser aplicado a modelos econômicos dinâmicos. Por tanto, as variáveis endógenas são influenciadas pelas expectativas que os agentes fazem em relação aos valores futuros no modelo.

Na literatura existem muitos estudos sobre as Expectativas Racionais e sua influência na Economia, entretanto a maioria analisa pontos de previsão de inflação. Lemos (1989) analisa o papel que as Expectativas Inflacionárias dos preços agrícolas (flex prices) exerciam sobre a inflação então prevalente nos anos e 1980 no Brasil. O trabalho aborda o papel da política monetária ativa sobre as variáveis macroeconômicas: taxa de juros, desemprego e inflação. O autor conclui que os preços as Expectativas Racionais em torno da

formação dos preços agrícolas exerciam papel importante nas expectativas inflacionárias daqueles anos de forte instabilidade monetária.

As hipóteses das Expectativas Racionais, contudo divergem das hipóteses de formação de Expectativas Adaptativas (toma por base o ocorrido no passado), as Regressivas (espera-se que a variável retorne a algum valor do passado) e as Extrapolativas (mudanças recentes de direção continuem).

4 METODOLOGIA

Nesta seção, é descrito o método de análise escolhido para o tratamento dos dados e para o alcance dos objetivos da proposta de pesquisa.

4.1 Matriz de dados e área de estudo

A base de dados será utilizada com suporte nos de informações coletadas na Pesquisa Pecuária Municipal, disponibilizada pelo IBGE, das informações sobre pluviometria retiradas da FUNCEME e da liberação de gás metano catalogadas pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). O período escolhido para análise foi de 1974 a 2016. As variáveis empregadas na pesquisa são: os valores da produção anual de leite (R\$1.000,00), quantidade anual produzida de leite (mil litros), rendimento médio anual de leite (mil litros/vaca), vacas em lactação anual (unid.) e níveis anuais de pluviometria (m.m.) do Estado do Ceará. Os valores nominais foram corrigidos para níveis de 2016. Para tal ação recorre-se ao utilizar-se-á ao Índice Geral de Preços - IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas. (Quadro 2).

Quadro 2 - Descrição das variáveis.

Variáveis	Descrição
VP_t	Valor de Produção anual de leite
Q_t	Quantidade anual produzida de leite em mil litros
P_t	Preço médio anual de leite
R_t	Rendimento médio anual (mil litros por vacas) ou produtividade
V_t	Vacas em lactação anual
CH_t	Precipitação média anual em milímetros
SM_t	Salário mínimo do período

Fonte: IBGE – FUNCEME

Nota: Elaboração própria

4.2 Formulação teórica

A seguir delineiam-se esses procedimentos de acordo com a sequência de objetivos específicos da pesquisa.

4.2.1 Criação do Índice de Sustentabilidade na Produção (INSUS) de Leite do Ceará de 1974 a 2016.

Para atender ao objetivo geral do estudo que consiste em realizar ensaios metodológicos para detectar a formação de expectativas e tornar a produção de leite sustentável no semiárido cearense, sob o ponto de vista econômico e ambiental, será necessário atender ao primeiro objetivo específico deste trabalho consiste em elaborar o Índice de Sustentabilidade (INSUS) com base na rentabilidade/produtividade anual das vacas, tamanho do rebanho, precipitação média anual de chuva e valor anual da produção de leite em salários-mínimos.

Para desenhar o índice de sustentabilidade, parte-se da definição de valor da produção de leite (VP), indexada para 2016 com base no IGP-DI. Por definição:

$$VP_t = P_t.Q_t \quad (1)$$

em que P_t é o preço médio de leite recebido pelos produtores cearenses no ano t , devidamente corrigido para Reais de 2016; e Q_t é a quantidade, em mil litros, produzida de leite no t -ésimo ano pelos criadores cearenses. Por sua vez, a quantidade produzida de leite no ano t é igual ao tamanho do rebanho (V_t), multiplicado pela produtividade ou rendimento anual (R_t) de cada vaca que a partir deste momento será sempre chamada de rendimento:

$$Q_t = V_t.R_t \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1) o resultado obtido será:

$$VP_t = P_t.V_t.R_t \quad (3)$$

Indexando o Valor da produção de leite pelo Salário-Mínimo anual (SM_t), ter-se-á a aferição do poder de compra da produção de leite em termos de um indexador importante da Economia brasileira. Assim, a equação (3) pode ser reescrita levando em consideração este fato:

$$VP_t/SM_t = (P_t.V_t.R_t) / SM_t \quad (4)$$

Tomando o logaritmo natural dos dois lados da equação (4), fazendo o diferencial total em relação ao tempo desses logaritmos, chega-se, por definição, a taxa de crescimento de cada um dos componentes. Assim, pode-se escrever que:

$$TGC(VPt/SMt) = TGCp_t + TGCv_t + TGCr_t - TGCSM_t \quad (5)$$

Calculando a derivada no tempo do logaritmo da equação (2) se obtém o seguinte resultado:

$$d\{\log(Q_{it})\}/dt = d\{\log(V_{it})\}/dt + d\{\log(R_{it})\}/dt \quad (6)$$

Prontamente a equação (6) informa que a variação do logaritmo da produção no tempo, ou a sua taxa de crescimento no tempo, varia com o crescimento (ou o decréscimo) do número de vacas em lactação no tempo e com o crescimento (ou o decréscimo) do rendimento/produktividade de cada vaca, também no tempo. Define-se \tilde{V} como a média do número de vacas em lactação no Ceará de 1974 a 2016. Como nesta pesquisa se faz a simulação de que desde o tamanho médio do rebanho, ele se estabiliza, para tanto se impõem as seguintes condições:

$$d\{\log(V_t)\}/dt \neq 0, \text{ se } V_t \leq \tilde{V}; \text{ e} \quad (7a)$$

$$d\{\log(V_t)\}/dt = 0 \text{ se } V_t > \tilde{V} \quad (7b)$$

Com essas simulações de restrições, impõe-se que o tamanho do rebanho leiteiro não poderá crescer além da média histórica avaliada no período. Além disso, se o crescimento do salário-mínimo acontecer na mesma magnitude do aumento da inflação, o valor bruto da produção de leite apenas crescerá por duas fontes: crescimento do seu preço, ou incremento do rendimento, por vaca leiteira.

Como os criadores são tomadores de preços, ou ajustadores de quantidades, eles não têm qualquer influência sobre os preços que receberão. Assim, a variável única de decisão que estará no seu alcance será o rendimento. Com efeito, o esforço para manter valores da produção ao menos igual ao que seria obtido se o rebanho crescesse a partir do seu tamanho médio, será via tecnologias que elevem a produção, por vaca.

Fundamentando-se deste modo, se estabelecem as seguintes condições que complementam as anteriormente emitidas. Assim o Rebanho Corrigido será dado por:

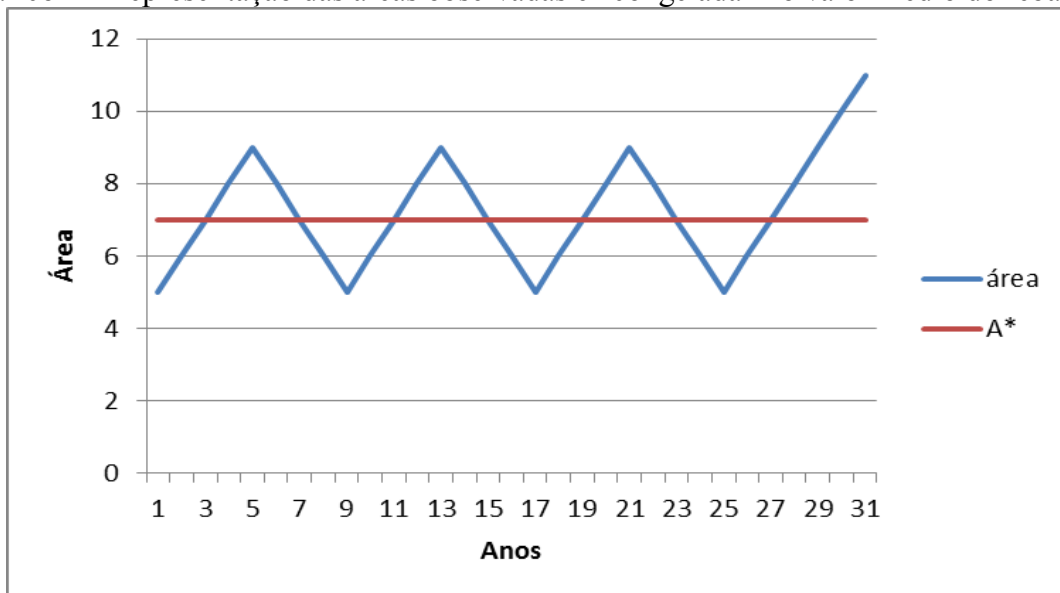
$$\bullet \text{VCOR}_{it} = (V_t / \tilde{V}), \text{ nos casos em que } V_{it} < \tilde{V}; \quad (8a)$$

$$\bullet \text{VCOR}_{it} = (\tilde{V} / V_t), \text{ quando } V_{it} > \tilde{V} \quad (8b)$$

Com este procedimento, “congelam-se” o tamanho do rebanho (o número de vacas leiteiras) no seu valor médio no período. Por meio do Gráfico 1, visualiza-se tal procedimento, sob a hipótese de forma simplificada, mostrando uma continuidade no tamanho do rebanho acima da média, que não acontece na prática. Esse gráfico serve apenas para mostrar que as áreas “excedentes” a partir do experimento proposto neste estudo poderiam ficar disponibilizadas para outras atividades como plantio de fruteiras, reflorestamento etc.

No gráfico 1 há uma ilustração didática de como seriam poupadas áreas de pastagens, caso o tamanho do rebanho fosse “congelado” na sua média histórica. No eixo horizontal do Gráfico 1, mostra-se a evolução do tempo. No eixo vertical (ordenadas), a trajetória “A” mostra uma evolução hipotética das áreas com pastagens, tal como aconteceriam no Ceará no período sob investigação. A área A* representa a média histórica. As áreas acima da linha vermelha denotam os anos que estão acima da média e, assim, representam os excedentes de áreas com pastagens que seriam poupadas na hipótese das simulações propostas por esta pesquisa prevalecerem.

Gráfico 1 - Representação das áreas observadas e “congelada” no valor médio do rebanho.



Fonte: Elaboração própria.

Além disso, se estabelece a hipótese de que o rendimento é influenciado pela pluviometria no período t (CH_t). Assume-se na pesquisa a noção de que será por desta via que as chuvas influenciarão no valor da produção de leite anual. Assim, escreve-se que:

$$R_t = f(CH_t) \quad (9)$$

Estes fundamentos ancoram o estabelecimento do INSUS, que será o instrumento aferidor da sustentabilidade da produção de leite no Ceará assentada em bases tecnológicas que propiciem o crescimento dos rendimentos.

Este índice foi criado na pesquisa com base no rendimento anual das vacas, no tamanho do rebanho, precipitação média anual de chuva, e valor anual da produção de leite em salários-mínimos que, no trabalho, é tomado como *proxy* da renda bruta dos produtores de leite no Ceará.

Assim, o referencial teórico trouxe um arcabouço sobre a evolução do conceito e suas justificativas a respeito da necessidade de se trabalhar e buscar o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, a tentativa de aferição de índices, que traduzam, com alguma fidedignidade, o que se propõe mensurar em pesquisas, se tem constituído numa constante preocupação dos estudiosos, haja vista que essas aferições podem e devem servir de subsídios para a formulação de políticas públicas, e de instrumento de planejamento de medidas econômicas e sociais de curto, médio e longo prazo.

De acordo com Briguglio (1995 *apud* LEMOS, 2015), a elaboração de um índice deve atender ao menos a três critérios, para que possa ser de utilidade prática ao menos como instrumento indicador de tendências de um conceito que se está querendo aferir:

- i – simplicidade, significando que o índice não seja difícil de elaborar, tanto no seu desenho como na acessibilidade aos indicadores;
- ii – ser de fácil compreensão. Por este critério, o índice deve demonstrar um significado intuitivo. Ser de fácil captação por quem o utiliza. Produza resultados plausíveis e seja capaz de sintetizar muitos indicadores que mantenham interfaces;
- iii – ser passível de aplicação ou replicações em outros lugares (inclusive fora do País) para fazer comparações.

O Relatório das Nações Unidas, de 2003 comunga com a ideia de Briguglio e resume que para estabelecer um índice, as variáveis utilizadas e a metodologia devem ser simples, de fácil compreensão e tenham a facilidade de ser reproduzidas em outros locais. Somente assim, seria possível estabelecer comparações entre locais distintos. O Índice de

Desenvolvimento Humano (IDH), elaborado pelas Nações Unidas em 1990 para medir o conceito de desenvolvimento humano, é um exemplo bem-sucedido de uma medida que dispõe dessas características, a despeito das críticas a que está submetido, quando tenta aferir desenvolvimento humano em áreas de pobreza como o Nordeste, América Latina, África e partes da Ásia. Nestes casos, o problema do IDH não está na sua formatação nem no número restrito de indicadores. As dificuldades do Índice estão relacionadas à qualidade das estatísticas produzidas nessas regiões (LEMOS, 2012).

Não obstante, o “pecado original”, a que está submetido todo índice é, o de ser uma tentativa reducionista de enquadrar um conceito holístico (independentemente do número de indicadores que utilize), deve-se encarar os resultados obtidos nessas tentativas como aproximações, ou como sinalização do patamar das variáveis estudadas e que entram na composição do Índice. Tendo este conhecimento, acredita-se que qualquer índice, desde que atenda àqueles requisitos propostos até aqui, poderá ser de utilidade como sinalizador de tendências para aferição de um problema econômico, social e/ou ambiental. De efeito, ainda se constituem nas melhores opções de entendimento de fenômenos complexos como o são os sociais, ambientais e econômicos (LEMOS, 2015).

Apesar de toda limitação a que estão sujeitos todos os índices, a intenção do estudo é que ele consiga se tornar uma fonte de informações e de conhecimentos para quem pretende atuar de forma prospectiva no entendimento da sustentabilidade, ou não, da produção de leite no Ceará.

4.2.2 Elaboração dos indicadores do INSUS

Os indicadores que entrarão no INSUS são: Tamanho Corrigido do Rebanho no ano t ($VCOR_t$), cujas equações de definições estão indicados nas inequações (8a) e (8b). Como decorrência dessas imposições metodológicas, para que a produção anual de leite, bem como o valor da produção, se mantenham constantes nos anos em que o tamanho do rebanho excede a média histórica, o rendimento terá que ser amplificado.

Assim, o INSUS terá três indicadores modificados: o tamanho corrigido do rebanho ($VCOR_t$), já definido neste trabalho, o rendimento anual corrigido do rebanho ($RCOR_t$) e a precipitação anual de chuvas ($ICHCOR_t$). Por estas razões, são oferecidas as seguintes definições para o rendimento anual corrigido no Ceará ($RCOR_t$):

$$RCOR_t = R_t \text{ nos anos em que } V_t \leq \tilde{V}. \text{ Neste caso } R_t = Q_t / V_t \quad (10a)$$

$$RCOR_t = Q_t / \tilde{V}, \text{ nos anos em que } V_t > \tilde{V} \quad (10b)$$

O terceiro indicador que entrará na constituição do INSUS é a precipitação de chuvas. Para a sua definição, há a necessidade de se fazer algumas reflexões.

A precipitação anual de chuvas é uma variável aleatória que traz muitos impactos para a vida do produtor. As chuvas atrapalham na produção agrícola, tanto se ocorrerem acima ou abaixo do valor requerido pela atividade agrícola. Nesta pesquisa, não se encontrou na literatura o que seria a quantidade ideal de chuvas para o bom desempenho da produção leiteira cearense. Por esta razão, foram considerados como os valores adequados aqueles que estiverem em torno da precipitação média anual do Ceará.

A FUNCEME entende normal para o Estado do Ceará uma precipitação pluviométrica da ordem de 800,6 milímetros por ano. A série estudada, como não poderia ser diferente, exprime várias oscilações para mais e para menos, em torno desta média.

Na pesquisa, considerou-se CH_n como a pluviometria normal esperada para o Estado tal como definido pela FUNCEME (800,6 mm.). Assim, nesta etapa da pesquisa este indicador, chuva corrigida (ICHCOR_t), também terá que ser corrigido da seguinte maneira: nos anos em que a pluviometria efetiva foi menor do que a normal (800,6 mm.), a pluviometria corrigida será obtida dividindo-se a chuva registrada pela normal. Nos anos em que a chuva efetiva foi superior à normal, a pluviometria corrigida será obtida dividindo-se o seu valor normal pela pluviometria efetiva do ano.

$$\bullet \text{ ICHCOR}_{it} = (CH_t / CH_n) \cdot 100, \text{ nos anos em que } CH_{nt} < CH_t ; \quad (11a)$$

$$\bullet \text{ ICHCOR}_{it} = (CH_n / CH_t) \cdot 100, \text{ quando } CH_t > CH_n. \quad (11b)$$

Adotando-se este procedimento a pluviometria anual foi transformada em índices com valores contidos no intervalo de zero a cem. Valores em torno de 100% indicam proximidade da normalidade pluviométrica. Valores mais distantes de 100% apontam dificuldades pluviométricas tanto por falta como por excesso.

O quarto indicador utilizado para a constituir o INSUS é o valor anual da produção de leite indexado pelo salário-mínimo. Este valor será o observado, porque, por hipótese se busca neste trabalho a manutenção desse valor indexado ao longo da série, apenas modificando o tamanho do rebanho.

4.2.3 Equação de Definição do INSUS

O INSUS, que será o instrumento a ser utilizado para testar se as simulações feitas nesta etapa da pesquisa fazem com que a produção de leite seja sustentável de um ponto de vista econômico e ambiental no Ceará, terá a seguinte equação de definição:

$$\text{INSUS} = \sum W_{it} \cdot Y_{it}; \quad i = 1, 2, 3, 4; \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

Na equação (12) os W_{it} são os pesos estritamente maiores do que zero e menores do que um e somam um. Assim escreve-se que:

$$(0 < W_{it} < 1) \text{ e que } \sum W_{it} = 1,0.$$

Y_{it} são índices parciais de tamanho do rebanho corrigido (Y_{1t}); do rendimento corrigido (Y_{2t}); do valor da produção de leite indexado pelo salário-mínimo em valores reais Y_{3t} ; e da pluviometria anual corrigida (Y_{4t}).

Os indicadores do INSUS são transformados em índices parciais, dentre outras razões para contornar problemas de unidades de medida em que são aferidos os indicadores. Transformando-os em índices, esses problemas são contornados, transformando-os em valores adimensionais, sem alterar a distância relativa que mantêm na serie original. Para que isso seja possível, com exceção do indicador de pluviometria, como já mostrado no estudo, observam-se os valores máximos atingidos por porte de cada um dos indicadores. A esse valor atribui-se o índice 100, ao passo que os demais valores serão ajustados proporcionalmente. Com este procedimento os valores originais (ou modificados) dos indicadores utilizados ficarão incluídos no intervalo de zero a cem, contudo, sem atingir o valor inferior.

Há outro modo de construir esse tipo de índice, também bastante utilizado. Por essa modalidade alternativa, elabora-se uma equação em que o numerador é constituído da subtração dos valores observados do indicador pelo seu valor mínimo e no denominador se coloca a diferença entre o valor máximo e o valor máximo do indicador. Se ao resultado da divisão se aplicar o fator multiplicador igual a 100, o índice ficará contido no intervalo fechado de zero a cem. O inconveniente dessa alternativa está justamente na rigidez de se impor valor zero para o limite inferior de um indicador, mesmo aferido como de índice. Por

esta razão, optou-se por pela alternativa de o índice ficar contido no intervalo de zero a cem, sendo aberto à esquerda.

Sendo assim, Y_{1t} que se constitui no índice parcial do tamanho corrigido do rebanho se constitui da seguinte maneira:

$$Y_{1t} = (VCOR_{it} / VCOR_{max}) . 100;$$

O indicador Y_{2t} que é o índice parcial do rendimento corrigido foi definido da seguinte forma:

$$Y_{2t} = (RCOR_t / RCOR_{max}) . 100.$$

O indicador Y_{3t} , que é o índice parcial do valor da produção anual de leite indexado pelo salário mínimo anual, será definido da seguinte forma:

$$Y_{3t} = (VP_t / VP_{max}) . 100$$

O Indicador de índice parcial de chuva corrigida, Y_{4t} , já foi definido nas equações (11a) e (11b).

$$ICHCOR_{it}, = Y_{4t} = (CH_t / CH_n) . 100, \text{ nos anos em que } CH_{nt} < CH_t ; \quad (11a)$$

$$ICHCOR_{it} = Y_{4t} = (CH_n / CH_t) . 100, \text{ quando } CH_t > CH_n. \quad (11b)$$

Assim, se faz uma escala que varia de zero (excluindo este limite inferior, por construção) a cem para cada índice parcial. A combinação ponderada desses indicadores é o que se chama, nesta pesquisa, de Índice de Sustentabilidade da Produção de Leite no Ceará (INSUS). Segue no Quadro 3 a lista dos Indicadores Parciais criados na pesquisa.

Quadro 3 – Índices Parciais de Sustentabilidade e suas respectivas descrições.

Índices	Descrição dos indicadores
Y_{1t}	Índice Parcial do Rebanho Corrigido
Y_{2t}	Índice parcial do Valor da Produção Corrigido de leite indexado pelo salario mínimo
Y_{3t}	Índice Parcial do Rendimento Relativo da produção de leite
Y_{4t}	Índice Parcial da Pluviometria média anual

Fonte: Elaboração própria.

Assim constituído, o INSUS varia de 0% (excluindo este limite) a 100%. Em anos em que o valor esteve mais próximo de 100 a produção de leite foi mais sustentável, com base nos indicadores utilizados. Nos anos em que se aproxima de zero, menos sustentável foi

a produção de leite no Ceará. O indicador que mostrará, no entanto, se as simulações feitas nesta pesquisa tornam sustentável a produção de leite no Ceará de um ponto de vista econômico e ambiental, é a Taxa Geométrica de Crescimento desse índice. Caso seja positiva, pode-se concluir que as simulações são válidas e as políticas públicas poderiam ser encaminhadas para incrementar tecnologias que viabilizassem as elevações de rendimento do rebanho leiteiro cearense, mantendo estabilizado o tamanho desse rebanho. Caso a TGC seja negativa, significa que os procedimentos não viabilizariam sustentabilidade na produção de leite e, portanto, não deveriam ser incrementados, ou repensados.

O fato é que um rebanho muito grande requer mais áreas com pastagens, o que implica a substituição da paisagem natural. Sendo possível fazer com que esse rebanho não avance de modo extensivo, pode poupar a caatinga cearense de mais pastagens e viabilizar o plantio de espécies florestais, recuperação das áreas com vegetação nativa ou plantio de fruteiras. Todas essas opções têm impactos na maior captação de CO₂, redução da emissão de gás metano (menos gado vacum produzindo dejetos), e, portanto, impactos importantes nos Gases do Efeito Estufa (GEE).

Inclusive, no dia 1 de janeiro de 2016, entrou em vigor a Resolução da ONU intitulada “Transformar o nosso mundo: Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável”. Ela é composta por 17 objetivos centrais que pretendem atuar nas áreas sociais, econômicas e ambientais. A intenção da estratégia do milênio para a preservação da natureza é, sobretudo, conter o esgotamento dos recursos naturais e os influxos negativos da degradação ambiental, incluindo a desertificação, secas, a degradação dos solos, a escassez de água doce e a perda de biodiversidade acrescentam e exacerbam a lista de desafios que a humanidade enfrenta (ONU, 2016).

4.2.4 Estimação dos pesos da equação do INSUS

Na equação de definição do INSUS w_1 , w_2 , w_3 , e w_4 são os pesos associados aos indicadores. Por definição, estes pesos terão valores estimados maiores do que zero e menores do que um, sendo que a soma dos pesos deve ser um (1). Como os indicadores do INSUS estão aferidos em percentuais (%), o índice também será medido em percentual. A interpretação poderá ser de percentual de sustentabilidade em determinado ano para a produção de leite, segundo os indicadores utilizados na sua definição, como foi descrito no subitem anterior.

Os pesos podem ser estimados de várias maneiras. Na formulação do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), foram utilizados arbitrariamente, valores iguais aos pesos associados a cada indicador na sua equação de definição que é a média geométrica. Este é um procedimento que não é incorreto, mas que pode suscitar dúvidas, no que concerne às ponderações com que cada indicador deve entrar na composição do índice, que ficará inteiramente ao critério do pesquisador (LEMOS, 2012).

Para tentar evitar que se caia na tentação de estabelecer valores arbitrários para esses pesos estabelecidos ao critério do pesquisador, nesta pesquisa optou-se por estimá-los mediante de análise fatorial pelo método de extração de decomposição em componentes principais. Breve discussão deste método é proferida no próximo seguimento.

Conforme Bezerra (2016) e Lira (2016), cabe salientar que a sofisticação metodológica envolvida na formação de um índice não o isenta do seu “pecado original”, mas se constitui apenas de uma tentativa de o pesquisador não interferir no jeito como os pesos dos indicadores fazem parte no índice criado. Acredita-se que tal procedimento promova maior credibilidade ao índice. A seguir, faz-se breve discussão dos procedimentos técnicos utilizados na estimação dos pesos. Este subíndice foi baseado nos trabalhos de DILLON E GOLDSTEIN, 1984 e FÁVERO *et al.*, 2009.

4.2.5 Métodos de Estimação - decomposição em componentes principais

Com o objetivo de estimar os pesos utilizados para estimar o INSUS, se fará um breve resumo do método de análise multivariada que, neste estudo, será a decomposição em componentes principais.

De acordo com Fávero *et al.* (2009), a análise multivariada é utilizada para estudar modelos envolvendo mais de duas variáveis em que todas elas sejam aleatórias e inter-relacionadas, de modo que seus distintos efeitos não possam ser interpretados de maneira separada. Enquanto a análise univariada estuda os comportamentos e as distribuições de uma variável isolada, a análise bivariada examina as associações e correlações e elabora as análises de variância relativas a duas variáveis, simultaneamente.

Nesta pesquisa, foi escolhida a técnica de Análise Fatorial, com a decomposição em componentes principais, cuja principal finalidade do uso dessa estratégia é estimar os pesos dos índices parciais propostos no estudo. Intenta-se, contudo, revelar as relações que devem existir entre as variâncias das variáveis envolvidas que serviram de base para a constituir os índices parciais: Índice Parcial do Rebanho Corrigido (Y_{1i}); Índice Parcial do

Rendimento Relativo da produção de leite (Y_{2t}); Índice parcial do Valor da Produção Corrigido de leite indexado pelo salário-mínimo (Y_{3t}) e Índice Parcial da Pluviometria média anual (Y_{4t}).

Realizada a etapa de preparação dos dados, foi necessária a execução de alguns testes para validar o emprego da Análise Fatorial normalidade e linearidade e análise da matriz de correlações com valores significativos. Esses testes foram feitos no *software* Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 24.

Em termos econométricos, de acordo com Lemos (2015), pode-se representar assim um modelo de análise fatorial:

$$X = \alpha f + \varepsilon ; \quad (12)$$

Em que $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)^T$ se constitui num vetor transposto de variáveis aleatórias observáveis; $f = (f_1, f_2, \dots, f_r)^T$ é um vetor transposto $r < p$ de variáveis não observáveis, ou variáveis latentes, chamadas de fatores; α é uma matriz ($p \times r$) de coeficientes fixos chamados de cargas fatoriais; $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p)^T$ é um vetor transposto de termos aleatórios. Normalmente $E(\varepsilon) = E(f) = 0$; uma propriedade adicional associada aos fatores, é que eles são ortogonais (DILLON E GOLDSTEIN, 1984; FÁVERO *et al.*, 2009).

Estimam-se os escores associados aos fatores e ao(s) componente(s) extraído(s). Por definição, o escore fatorial situará cada observação no espaço dos fatores comuns. Assim para cada fator f_i o i -ésimo escore fatorial que pode ser extraído é definido por F_i , e pode ser expresso pela seguinte equação:

$$F_i = B_1 X_{i1} + B_2 X_{i2} + \dots + B_p X_{ip} ; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, p \quad (13)$$

Onde B_1, B_2, \dots, B_p são n coeficientes de regressão; $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ip}$ são p variáveis observáveis.

A variável F_i não é observável, contudo pode-se estimá-la por intermédio das técnicas de Análise Fatorial, utilizando-se da matriz X de variáveis observáveis. Agora se pode reescrever a equação (13) de maneira compacta, utilizando-se notação matricial. Esta redefinição assume a seguinte expressão:

$$F_{(n \times q)} = X_{(n \times p)} \cdot B_{(p \times q)} \quad (14)$$

Nas equações (13) e (14), os escores fatoriais serão afetados tanto pela magnitude como pelas unidades em que as variáveis X são medidas. Para evitar este tipo de problema, substitui-se a variável X pela variável normalizada Z , em que

$$Z_{ij} = [(X_i - \mu_{xi})/\sigma_{xi}] \quad (15)$$

Na qual μ_{xi} é a média de X_i , e σ_{xi} é o seu desvio-padrão. Assim a equação (14) pode ser modificada para a obtenção do seguinte resultado:

$$F_{(n \times q)} = Z_{(n \times p)} \cdot \beta_{(p \times q)}. \quad (16)$$

Na equação (16), o vetor β substitui B , porque as variáveis estão normalizadas em ambos os lados da equação.

Pré-multiplicando ambos os lados da equação (16) pelo valor $(1/n)Z^T$, onde n é o número de observações, e Z^T é a matriz transposta de Z , obtém-se:

$$(1/n)Z^T F = (1/n)Z^T Z \beta. \quad (17)$$

A expressão $(1/n)Z^T Z$ se constitui na matriz de correlação entre os termos da matriz X . Será designada de R . A equação $(1/n)Z^T F$ representa a correlação entre os escores fatoriais e os próprios fatores. Será chamada de Λ . Agora se pode reescrever a equação (17) da seguinte forma:

$$\Lambda = R \cdot \beta \quad (18)$$

Se for possível assumir a ideia de que R é uma matriz não singular, pode-se pré-multiplicar ambos os lados de (18) pela inversa de R (R^{-1}). Neste caso obtém-se o seguinte resultado.

$$\beta = R^{-1} \cdot \Lambda. \quad (19)$$

Tendo estimado o vetor β , pode-se substituí-lo na equação (18), objetivando obter o escore fatorial associado a cada observação.

4.2.6 Testes para identificar a adequação do uso da análise fatorial.

De modo geral, a análise fatorial é uma técnica multivariada de interdependência que visa a resumir as relações observadas entre um conjunto de variáveis inter-relacionadas, com o objetivo de identificar fatores comuns (FÁVERO *et al.*, 2009). O principal objetivo da análise fatorial consiste em simplificar ou reduzir um grande número de variáveis, determinando um grupo com dimensões latentes comuns, chamadas de fatores. Assim, a interpretação e entendimento das dimensões latentes obtidas na aplicação da análise fatorial descrevem os dados em número muito menor de conceitos do que as variáveis individuais originais. Por outro lado, a redução de dados pode ser alcançada mediante o cálculo dos escores fatoriais de cada dimensão latente e substituindo as variáveis originais pelos mesmos (HAIR *et al.*, 2005).

Segundo Fávero *et al.*, (2009), para identificar se a utilização da análise fatorial é adequada, é necessário, primeiramente, efetuar os seguintes passos: analisar a matriz de correlações. Pela expressão (18) observa-se que para fazer análise fatorial, é necessário que a matriz de correlação não seja uma identidade, para poder ser invertida como ficou demonstrado na equação (19); ou seja, é necessário que os componentes das diagonais secundárias (leiam-se as correlações entre as variáveis utilizadas) sejam diferentes de zero.

Para verificar se é possível aplicar análise fatorial e depois, uma vez admitida a possibilidade de ser utilizada se aplicam os testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de esfericidade de Bartlett. Avalia-se, também, a magnitude da variância explicada pelo(s) componentes selecionados na análise fatorial (HAIR *et al.*, 2005; FÁVERO, 2009 e LEMOS, 2017).

Na perspectiva de Bezerra (2016), a aplicação do Teste de Esfericidade de Bartlett, é feita para analisar a matriz de correlações e verificar a adequação da análise fatorial. O teste é feito com finalidade de avaliar a hipótese nula de que a matriz de correlações é matriz identidade com determinante igual a um (1). Assim, caso a hipótese nula seja rejeitada haverá indícios de que existem correlações significativas entre as variáveis originais. Por outro lado, se a matriz de correlação de fatores for igual à matriz-identidade, isso significa que as inter-relações das variáveis são iguais a 0 e, neste caso, deve-se reconsiderar a utilização da análise fatorial.

A estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), é adequada para comparar as correlações simples com as correlações fortes. Seus valores variam de zero (0) a um (1), ou seja, avalia se a amostra é adequada ao grau de correlação parcial entre as variáveis, que deve

ser pequeno. Assim, quanto mais próximo de zero (0), maiores serão os indícios de que a análise fatorial não é adequada (correlação fraca). Já no caso de ser mais próximo de um (1), mais adequada é a utilização da técnica. Como lecionam Fávero *et al.* (2009), o Quadro 4 exemplifica os valores e suas adequações para análise fatorial da estatística KMO.

Quadro 4 - Estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO).

Estatística KMO	Adequação para Análise fatorial
1	Muito boa
$0,8 < 0,9$	Boa
$0,7 < 0,8$	Média
$0,6 < 0,7$	Razoável
$0,5 < 0,6$	Má

Fonte: Fávero *et al.* (2009).

No geral, para o uso da análise fatorial, o pesquisador deve se precaver e verificar algumas premissas básicas com a intenção de validar seus resultados. As principais proposições são da distribuição normal multivariada das variáveis, existência de *outlier* e se há distribuição dos dados viesados. A ocorrência desses fenômenos pode destorcer os resultados (LIRA, 2016). Basicamente, a análise fatorial é dividida em etapas: 1 – Análise da matriz de correlação; 2 – Extração dos fatores iniciais e determinação do número de fatores; 3 – Rotação dos fatores; e 4 – Interpretação dos fatores.

A análise da matriz de correlação consiste em verificar se existem valores significativos para justificar a utilização da técnica. Hair *et al.*, (2005) assinalam que, se a inspeção visual da matriz de correlações não revelar um número substancial de valores superiores a 0,30, há fortes indícios de que a utilização da técnica não seja apropriada.

Por conseguinte, a Extração dos fatores iniciais e a determinação do número de fatores na análise fatorial procuram uma combinação das variáveis observadas com o intuito de maximizar a variância total explicada. As variáveis serão combinadas de modo a formar um fator que explique a maior quantidade de variância da amostra. O segundo componente terá a segunda maior quantidade de variância e não será correlacionada ao primeiro e, assim, consecutivamente (BEZERRA, 2016).

Os fatores produzidos na fase de extração nem sempre são facilmente interpretados. Nesse contexto, a utilização de um método de rotação tem como finalidade

principal a transformação dos componentes principais retidos numa estrutura simplificada. (FÁVERO *et al.*, 2009).

Existem dois métodos de rotação, que podem ser ortogonais ou oblíquos. No método ortogonal, os fatores devem ser não correlacionados e, no método oblíquo, os fatores são correlacionados. Os métodos ortogonais são Varimax, Equimax e Quartimax, enquanto os oblíquos são Oblimin, Promax e Orthoblique. O método utilizado neste trabalho, porém, é o de rotação ortogonal, por ser indicado como maneira de alcançar uma estrutura mais simples de interpretar. Na rotação ortogonal, os fatores estimados na estrutura inicial são transformados em novos fatores independentes, mantendo-se os valores das comunalidades e a proporção da variância explicada pelo conjunto de fatores. O método rotacional ortogonal utilizado neste trabalho é o *Varimax*, o qual busca minimizar o número de variáveis que têm altas cargas em um fator, no intuito de simplificar a interpretação dos fatores gerados. (FÁVERO *et al.*, 2009).

Por fim, a quarta etapa consiste na interpretação dos fatores nesse sentido. O pesquisador deve decidir quais cargas fatoriais devem ser consideradas. Conforme apontam Hair *et al.* (2005), as cargas fatoriais acima de 0,3 atingem o nível mínimo, cargas fatoriais de 0,4 são mais importantes; e as maiores do que 0,5 são consideradas estatisticamente significativas.

4.2.7 Decisão de como proceder às análises do INSUS.

Após a criação do INSUS, e passada toda a etapa da discussão dos indicadores e análise pra estimar seus pesos, há de se analisar o índice de sustentabilidade, com a intenção de responder ao objetivo geral do estudo, ou seja, inferir se a produção de leite da série de 1974 a 2016 poderia ter sido feita sob a óptica da sustentabilidade, no que consiste, sobretudo, na manutenção de um valor ótimo para o tamanho do rebanho.

Tendo estimado os INSUS anuais, calculam-se os respectivos valores médios, os coeficientes de variação (CV) e as taxas médias de crescimento anual. Os CV aferirão a respeito do grau de estabilidade nos índices calculados, ou seja, medirão dispersão ou variabilidade e informarão acerca da homogeneidade (heterogeneidade) dos dados em relação à média, motivo que pode ser entendido como uma medida de risco relativo. Conforme ensinam Fávero *et al.* (2009), CV é calculado dividindo o desvio-padrão pela média e, por fim, multiplica por 100. Assim o valor obtido será dado em percentual e, caso seja superior a 30%,

o conjunto de dados poderá ser considerado heterogêneo. Se for abaixo de 30%, no entanto, os dados poderão ser considerados homogêneos.

As taxas de crescimento sinalizarão se houve crescimento estável do índice no decurso do período para o qual foi constituído (1974/2016). Sendo positiva, e significativamente maior do que zero, a taxa de crescimento sinalizará para sustentabilidade da produção de leite. Sendo nula, significa produção estagnada. Sendo negativa, indicará insustentabilidade da produção aos moldes em que foi praticada no período estudado. A taxa de crescimento será estimada pela equação (20) a seguir:

$$\text{INSUS}_t = \alpha_0 + \alpha_1 T + e_{it} \quad (T = 0, 1, 2, \dots, 19) \quad (20)$$

Na equação (20), T é o tempo; α_0 é o parâmetro linear, α_1 é o coeficiente angular que mede a derivada de INSUS_{it} em relação ao Tempo (T) e, que, multiplicada por 100, representa a taxa geométrica de crescimento (TGC) no período analisado do INSUS. O termo e_{it} é o erro aleatório que, por hipótese, tem variância constante e não é autorregressivo, o que permite estimar os coeficientes α e ρ utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários (WOOLDRIDGE, 2011).

Assim, quando

$d(\text{INSUS}_t)/dt = \alpha_1 > 0$; há sustentabilidade na produção de leite

E quando:

$d(\text{INSUS}_t)/dt = \alpha_1 < 0$; não há sustentabilidade na produção de leite

Logo, o INSUS responderá ao objetivo geral do estudo para cada ano da série analisada. A proposta de pesquisa, entretanto, ainda pretende inferir sobre como a formação das expectativas de produção ancoradas nas expectativas dos indicadores econômicos e a influência da expectativa de chuvas sobre a produção de leite no Ceará. Para isso a seguinte seção procede a um levantamento sobre a formação do valor da produção e depois apresentará o procedimento de Box – Jenkins que possibilita identificar como se dá a formação das expectativas dos agentes.

4.3 Formação das expectativas

A seguir exibi-se como a formação de expectativa se adequa ao modelo ora proposto.

4.3.1 Modelo de Formação do Valor da Produção.

O modelo teórico prevê a formação das expectativas do valor de produção (VP_{it}) de leite por meio das informações baseadas nos preços P_{it} .

Por definição:

$$VP_t^{\alpha_0} = P_t^{\alpha_1} \cdot Q_t^{\alpha_2} \quad (21)$$

$$Q_{it}^{\alpha_2} = V_t^{\alpha_2} \cdot R_t^{\alpha_3} \quad (22)$$

Substituindo a equação (22) na equação (21) obtém-se:

$$VP_t^{\alpha_0} = P_t^{\alpha_1} \cdot V_t^{\alpha_2} \cdot R_t^{\alpha_3} \quad (23)$$

Até aqui as equações são identidades ($\alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 1$), portanto não há fator aleatório. Introduzindo a pluviometria no modelo que, por hipótese deste trabalho, afetando o rendimento de leite por vaca, pode-se escrever a equação:

$$R_t = \beta_0 C_t^{\beta_1} \cdot e^{\xi_t} \quad (24)$$

Na equação (24) “e” se constitui na base dos logaritmos naturais e o termo “ ξ_t ” se constitui no fator que introduzirá a aleatoriedade, ou imprevisão ao rendimento das vacas do Ceará no período t. Assim, substituindo a equação (24) na equação (23), o resultado será a equação (25) que agora não será mais determinística porque o termo aleatório, associado a imprevisão da quadra chuvosa, a fará também aleatória.

$$VP_t^{\alpha_0} = P_t^{\alpha_1} \cdot \beta_0 \cdot C_t^{\beta_1} \cdot V_t^{\alpha_2} \cdot e^{\xi_t} \quad (25)$$

Aplicando o operador dos logaritmos nos termos da equação (25) ela se transformará em:

$$\ln VP_{it} = \lambda_0 + \alpha_1 \ln(P_t) + \alpha_2 \ln(V_t) + \beta_2 \ln(C_t) + \xi_t \quad (26)$$

Na Equação (26) o parâmetro linear $\lambda_0 = \beta_0 - \alpha_0$.

Aplicando o operador de esperança matemática na equação (28) obtém-se:

$$E \{ \ln(VP_t) \} = \lambda_0 + \alpha_1 E \{ \ln(P_t) \} + \alpha_2 E \{ \ln(V_t) \} + \beta_2 E \{ \ln(C_t) \} \quad (27)$$

Ao fazer o mesmo procedimento para a equação (24), estima-se o valor esperado para o rendimento da produção de leite. Assim, escreve-se que:

$$E\{\ln(R_t)\} = \beta_0 + \beta_1 \{\ln(C_t)\} \quad (28)$$

As estimativas dos parâmetros das equações (27) e (28) acontecem em três etapas. Na primeira, realizam-se os procedimentos necessários para tornar as séries estacionárias, depois, estimam-se os parâmetros e em seguida, se ajustam os modelos, aplicando os conceitos de expectativas racionais, para verificar o melhor ajustamento. Após essas etapas, recolhem-se os valores esperados segundo esses ajustamentos.

Na equação (27), aplicam-se os conceitos de expectativas adaptativas e de expectativas racionais. Assim, a teoria das expectativas adaptativas sugere que o valor esperado para uma variável no período “t” é uma média ponderada dos valores observados nos períodos imediatamente anteriores; sendo que os agentes atribuem pesos maiores para as informações mais próximas e pesos menores para as observações mais remotas. Neste estudo, as expectativas adaptativas de cada uma das variáveis serão dadas por:

$$E\{\ln(VP_t)\} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(VP_{t-1}) + \alpha_2 \ln(VP_{t-2}) + \dots + v_1 t \quad (29)$$

De maneira idêntica, formam-se as expectativas adaptativas para todas as outras variáveis que compõem a equação (27).

As expectativas racionais sugerem que o valor esperado para o período (t + 1) associado a uma variável aleatória X_t é dado pela seguinte expressão:

$$X^{(t+1)} = \theta_0 + \theta_1 X_{(t-1)} + \theta_2 X_{(t-2)} + \dots + \mu_{(t+1)} \quad (30)$$

Realizados os procedimentos necessários para tornar as séries estacionaria estimar os parâmetros e ajustar o modelo, o último passo realizado nesta análise consiste em efetuar as expectativas dos valores da série temporal em estudo.

$$E\{\ln(X^{t+1})\} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(X_{t-1}) + \alpha_2 \ln(X_{t-2}) + \dots + \mu_{t+1} \quad (31)$$

Para se verificar se ha expectativa racional em relação ao modelo de formação do valor da produção, usado como *proxy* de renda bruta, se utilizam os procedimentos de Box-

Jenkins (1976) para análises de séries temporais. Antes dessa etapa, entretanto, se faz necessário verificar se a série é estacionária, pois os modelos de regressão que envolvem dados de séries temporais são com frequência utilizados para fazer previsões.

4.3.2 Modelo de Box e Jenkins, no que se aplica ao estudo.

Procede-se, na sequência, a uma breve síntese do modelo desenvolvido por Box, Jenkins (1976) no que se aplica a este estudo.

4.3.2.1 Modelo de Box e Jenkins

Os modelos conhecidos como Box-Jenkins, expressos na literatura como ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Averages), são estruturas matemáticas que visam a captar o comportamento da correlação seriada ou autocorrelação entre os valores da série temporal, e, com base nesse comportamento realizar previsões, dado que exista uma correlação entre as variáveis, o modelo de previsão denotará maior grau de exatidão nas estimativas reveladas (GUAJARATI, 2006; WOOLDRIDGE, 2011).

O primeiro passo para aplicação da técnica de Box & Jenkins, consiste em verificar se a série é estacionária e ainda nessa etapa, se procura identificar o modelo mais apropriado para estimação dos parâmetros, passo ser visto no tópico imediatamente anterior. Caso a serie não seja estacionaria, pode-se realizar esse procedimento por meio da primeira diferenciação da série, assim:

$$Y_t = Y_t - Y_{t-1}, \text{ sendo } t = 2, \dots, n \quad (32)$$

Caso a função de autocorrelação se estabilize com as primeiras defasagens em torno do valor nulo, pode-se assegurar, que a série é estacionária. Sendo assim, a função de autocorrelação também proporciona informações que sugerem os possíveis modelos que deveremos utilizar para realizar o estudo da serie temporal.

Consideremos que uma serie temporal Y_t possa ser representada da seguinte maneira:

$$Y_t = \theta_0 - \theta_1 Y_{t-1} - \theta_2 Y_{t-2} - \dots - \theta_p Y_{t-p} + \epsilon_t \quad (33)$$

Em que, $\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_p$ são parâmetros. O modelo descrito na equação acima é identificado como auto regressivo de ordem P. O processo AR(P) tem como característica fundamental a ideia de correlação entre uma observação no tempo t com uma observação no período t - p. O procedimento de estimação dos parâmetros é realizado por via do método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), e os testes de adequação consistem em verificar se a função de autocorrelação dos resíduos é ruído branco.

Em geral, pode-se escrever uma série temporal assim configurada:

$$\{Y_1, Y_2, \dots, Y_T\} \text{ ou } \{Y_t\}, t= 1, 2, \dots, T \quad (34)$$

Já em um modelo de médias móveis (do inglês *moving average*), a série Y_t resulta da combinação dos ruídos brancos ε do período atual com aqueles ocorridos em períodos anteriores. Assim, um modelo de médias móveis de ordem q ou MA(q) é dado por:

$$Y_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (35)$$

Onde θ_i é o parâmetro que descreve como Y_t se relaciona com o valor ε_{t-i} para $i = 1, 2, \dots, q$.

Em alguns casos, se faz necessário utilizar um grande número de parâmetros em modelos puramente AR ou puramente MA. Nesses casos, é vantajoso misturar os componentes de um modelo AR como os componentes de um modelo MA, gerando, assim, um modelo ARMA. O modelo ARMA combina a questão básica do AR (quão fortemente o passado influencia o presente) com a do MA (modelar o presente usando erros passados de predição). Esse modelo pode ser expresso conforme a equação (36):

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} - \phi_2 Y_{t-2} - \dots - \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (36)$$

A maioria dos procedimentos de análise estatística de séries temporais supõe que estas sejam estacionárias. Caso não sejam, se faz necessário transformá-las. Dentre as transformações, a mais comum consiste em tomar, geralmente, uma ou duas diferenças sucessivas da série original para que a série se torne estacionária (MORRETIN E TOLOI, 1987). Com isso, o número d de diferenças necessárias para que a série se torne estacionária é denominado ordem de integração (BOX E JENKINS, 1976). Ao incluir a de ordem de integração, podem ser utilizados os modelos ARIMA (p,d,q) dados pela equação (37):

$$w_t = \theta_1 w_{t-1} + \dots + \theta_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (37)$$

em que: $w_t = \Delta^d Y_t$

Assim, neste estudo, os modelos serão testados, a fim de se avaliar os melhores ajustamentos.

Os testes consistem em verificar se a função de autocorrelação está associada a resíduos do tipo “ruído branco”. Uma sequência é dita *ruído branco* se cada valor da série tiver média zero, variância constante e não expressar correlação serial. Assim, escreve-se:

$$\varepsilon_t \sim N(0; \sigma^2) \quad (38)$$

Que tem as seguintes implicações:

- 1 – $E(\varepsilon_t) = E(\varepsilon_t \mid \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots) = 0$;
- 2 – $E(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-j}) = \text{Cov}(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-j}) = 0$;
- 3 – $\text{Var}(\varepsilon_t) = \text{Var}(\varepsilon_t \mid \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots) = \sigma^2$

A primeira e a segunda condições estabelecem a ausência de qualquer autocorrelação entre os resíduos, ou qualquer previsibilidade. A terceira condição estabelece a homocedasticidade condicional ou variância condicional constante (COCHRANE, 1997).

Para verificar se a série dos resíduos gerados na estimação em que se quer fazer a previsão é “ruído branco”, se observa graficamente se distribuição dos resíduos se realiza de modo errático. O teste de verificação é feito utilizando-se a metodologia de Qui-Quadrado de Box-Pierce modificado por Ljung e Box (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998). Para que a série seja totalmente aleatória (ruído branco), essa estatística deve ser não significativamente diferente de zero em níveis elevados de probabilidade de erro normalmente, acima de 30%.

4.4 Expectativa do valor de produção

Dada uma variável aleatória X_t . A Teoria das Expectativas Racionais assinala que o valor atual desta variável diferirá do seu valor esperado $E(X_t)$, se houver choques de informações causadas por situações imprevistas no tempo em que se formaram as expectativas.

$$X_t = E(X_t) + \xi_t \quad (39)$$

Sendo ξ_t os choques ou erros aleatórios. Pode-se reescrever (39) da seguinte forma:

$$E(X_t) = X_t - \xi_t \quad (40)$$

Supondo que para estabelecer expectativas de uma variável aleatória os agentes econômicos se baseiam nas suas informações passadas, pode-se escrever a seguinte estrutura de previsões:

$$X_t = \lambda_0 + \lambda_1 X_{(t-1)} + \lambda_2 X_{(t-2)} + \dots + \lambda_p X_{(t-p)} + \xi_t + \theta_1 \xi_{t-1} + \theta_2 \xi_{t-2} + \dots + \theta_q \xi_{t-q} \quad (41)$$

A estrutura mostrada na equação 41 é chamada de modelo autorregressivo de médias móveis e se escreve que é *ARMA*(P, Q). Esse modelo, o modelo *ARMA*, combina a questão básica do *AR* (quão fortemente o passado influencia o presente) com a do *MA* (modelar o presente usando erros passados de predição).

Substituindo a equação (41) na equação (40), chega-se ao valor esperado de X_t :

$$E(X_t) = \lambda_0 + \lambda_1 X_{(t-1)} + \lambda_2 X_{(t-2)} + \dots + \lambda_p X_{(t-p)} + \xi_t + \theta_1 \xi_{t-1} + \theta_2 \xi_{t-2} + \dots + \theta_q \xi_{t-q} - \mu_t \dots \quad (42)$$

No geral pode-se escrever que a formação de expectativas para a variável X no período “ t ” está relacionada com o que aconteceu com esta variável em períodos anteriores. A Teoria das Expectativas Racionais estipula que os agentes atribuem maiores pesos para as suas decisões atuais, com base nas informações mais recentes. Quando isso acontece com suporte no período imediatamente anterior pode-se representar o valor esperado de X_t pela equação a seguir:

$$E(X_t) = \lambda_0 + \lambda_1 X_{(t-1)} + \xi_t + \theta_1 \xi_{t-1} + \mu_t \quad (43)$$

Para $|\lambda| < 1$. O termo de erro aleatório $\theta_t = (\mu_t - \xi_t)$ incorpora outras informações não levadas em consideração na formação do valor esperado para X_t .

Por fim, com o uso dessa ferramenta, será permitido inferir sobre a formação das expectativas dos produtores de leite.

4.5 Estimação da formação das expectativas.

A metodologia para se chegar a este objetivo se desenvolva em duas etapas. Na primeira, estimam-se os valores esperados de cada variável que compõe o valor da produção por meio do modelo de Box Jenkins, pelos procedimentos descritos no item anterior. Após esta etapa geram-se os valores previstos sob a hipótese do melhor ajustamento conseguido nas distintas tentativas feitas e substituem-se esses valores previstos na equação de definição das expectativas na equação 43.

4.6 Regressão linear

A metodologia foi feita em duas fases. Na primeira estimam-se os valores esperados de cada variável que compõe o valor da produção por via do modelo de Box Jenkins. Após geram-se as expectativas e as substitui na equação geral da produção na qual será estimada por via de regressão simples com a finalidade verificar, por meio da metodologia de Box Jenkins, como as demais variáveis (preço, rebanho, rendimento e pluviometria) impactam a formação de expectativa do valor de produção.

A análise de regressão é um dos métodos mais importantes da Econometria. É interessante conhecer os efeitos que algumas variáveis exercem, ou que parecem exercer, sobre outras. Mesmo que não exista relação causal entre as variáveis é possível relacioná-las por meio de uma expressão matemática, que pode ser útil para se estimar o valor de uma das variáveis quando se conhecem os valores das outras, sob determinadas condições (GUAJARATI, 2011).

Logo tem-se uma regressão linear múltipla quando se admite que o valor da variável dependente é função linear de duas ou mais variáveis explanatórias. O modelo estatístico de uma regressão linear múltipla com k variáveis explanatórias é:

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} + u_{jt}, j = 1, \dots, n \quad (44)$$

São exemplos de relações funcionais entre variáveis: crescimento da população em função dos anos; crescimento da renda em função dos anos de estudos, dentre outros. Neste estudo, a proposta é avaliar como a pluviometria afeta o valor da produção.

De acordo com Fávero *et al.* (2009), uma regressão linear tem como objetivo estudar a relação entre duas ou mais variáveis explicativas, que se apresentam na forma linear,

e uma variável dependente métrica. Prontamente um modelo geral de regressão linear pode ser escrito conforme está na Equação 44.

Não obstante, ainda no concernente a regressão, os autores acrescentam que alguns pressupostos devem ser respeitados quando se faz uso da técnica citada, os quais são resumidos da seguinte maneira:

1 a variável dependente (Y_t) e uma função linear de um conjunto especificam de variáveis e do erro.

2 o valor esperado do termo de erro é zero, $E(u_j) = 0$. Se for violado, os estimadores serão viesados;

3 o erro tem distribuição normal e não demonstra auto correlação ou correlação com qualquer variável X , isto é, $E(u_j) = 0, i \neq j$;

4 as observações das variáveis explicativas podem ser consideradas fixas em amostras repetidas; e

5 não existe relação linear exata entre as variáveis explicativas e há mais observações do que variáveis explicativas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo está dividido em seções para demonstrar de modo mais organizado os resultados conforme os objetivos *a priori* elencados, os quais servirão de base para o entendimento da pecuária no Estado do Ceará, desde o conjunto de informações analisadas no trabalho.

O Estado do Ceará exprime, predominantemente, características físicas de regiões semiáridas, com cobertura vegetal típica de caatinga e solos com bom potencial agrícola - relevo e fertilidade natural – quando irrigados. Por não possuir rios perenes e ser um dos estados do Nordeste mais vulneráveis à seca, este potencial é alvo de severas limitações. É com base nessa problemática que a pesquisa buscou realizar ensaios metodológicos para detectar a formação de expectativas e tornar sustentável a produção de leite no semiárido cearense.

5.1 Produção de leite

A produção de leite de vaca no Brasil cresceu a uma taxa relativamente constante, de 1974 até os dias atuais. Segundo dados da Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE), o País saiu do patamar de 7,1 bilhões de litros de leite produzidos naquele ano, alcançando o de 33,6 bilhões de litros de leite em 2016 (crescimento superior a 350% no período).

Há décadas, a maior parte do leite produzido no País é oriunda da região Sudeste. A região, entretanto, que era responsável por mais da metade da produção nacional em 1974, vem perdendo participação relativa e, em 2016, passou a responder por, aproximadamente, um terço da produção do leite brasileiro. O Nordeste manteve sua contribuição estável (em torno de 13% da produção), enquanto as regiões Norte, Centro-Oeste e, sobretudo, a Região Sul ganharam participação. Esta última registrou um salto de produção nos anos de 2000, chegando, em 2016, a 37% da produção nacional (Tabela 1).

Tabela 1 - Produção brasileira de leite e participação das regiões do País na produção.

	Produção de leite anual – Brasil*	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
1974	7,1	1%	13%	54%	23%	9%
1980	11,9	1%	14%	51%	23%	11%
1990	14,4	4%	14%	48%	23%	12%
2000	19,7	5%	11%	43%	25%	16%
2010	30,7	6%	13%	36%	31%	14%
2016	33,6	6%	11%	34%	37%	12%

Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE)

Nota: * Em bilhões de litros - Elaboração própria

O crescimento observado da produção de leite pode ser associado ao incremento do número de vacas ordenhadas e, portanto, da capacidade produtiva, como também à evolução da produtividade de leite por vaca no período.

De acordo com a EMBRAPA (2016), o leite é um dos seis produtos mais importantes da agropecuária brasileira, sendo essencial no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda para a população. Corrêa *et al.* (2010) e Souza *et al.* (2009) afirmam que, desde o início dos anos de 1990, a atividade leiteira passa por grandes transformações no Brasil, buscando tornar-se competitiva e inovadora no mercado global, focando na produção em escala com qualidade, agregação de valor e industrialização de produtos diferenciados.

O País, a cada ano, aufere maior espaço no mercado internacional de leite. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação - FAO a produção mundial de leite em 2015 foi de 656 mil toneladas, e dez países com maior volume produziram 374 mil toneladas, ou seja, 57% do total da produção mundial. Entre esses dez países, o Brasil se destaca como o quarto maior produtor, atrás apenas dos Estados Unidos, Índia e China. Ao verificar a produção de 1974 a 2016, o País aumentou em mais de 374% o volume em mil litros de leite produzidos.

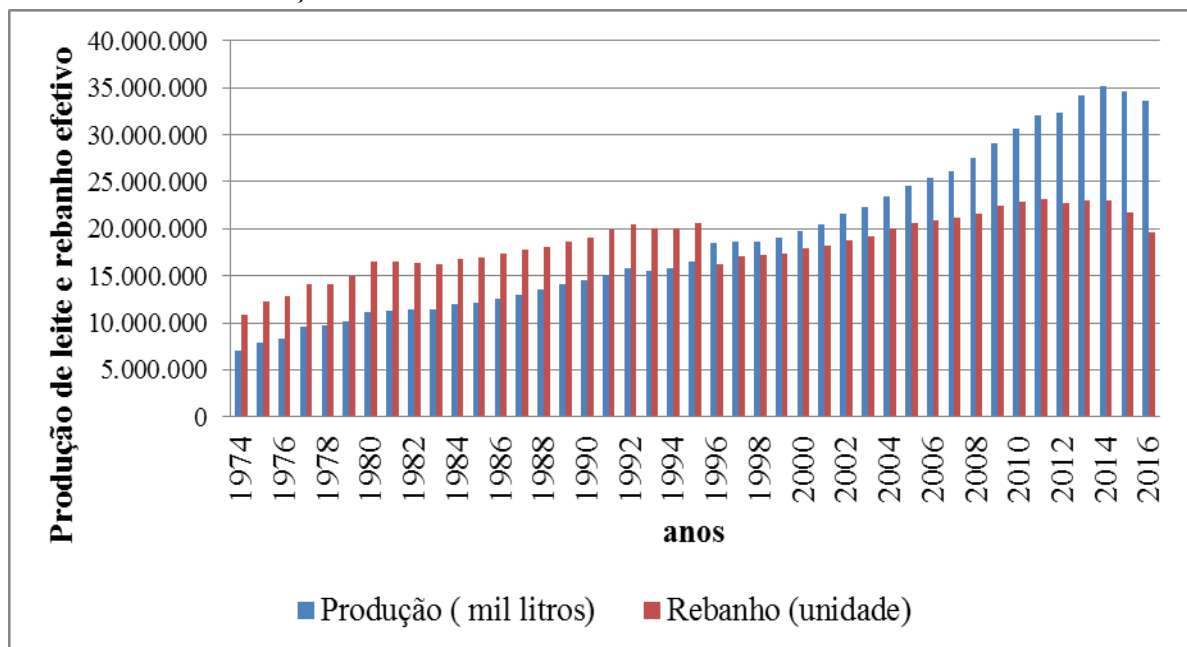
O efetivo rebanho de vacas ordenhadas, em 1974, era de 10,8 milhões, enquanto a produção era de 7,1 bilhões de litros de leite. Assim como a produção, o rebanho cresceu até a primeira metade dos anos 1990, apesar de a produção (132%) crescer a uma taxa superior ao crescimento do tamanho do rebanho (90%). Em toda a série, observam-se duas significativas quedas no número de vacas ordenhadas no Brasil. Em 1996, a queda foi de 20,5 milhões para 16,2 milhões no número do rebanho e em 2016 retração de 21,7 para 19,6 milhões. Em 1996,

a retração no número de vacas não comprometeu a produção, entretanto, em 2016 a redução no número de vacas ordenhadas trouxe consigo diminuição na produção nacional, conforme se observa no Gráfico 2.

No Brasil, o setor produtor de leite foi marcado pela intervenção governamental até os primeiros anos do decênio 1990. Os preços dos produtos lácteos eram controlados pela Comissão Interministerial de Preços - CIP e definidos aos produtores. A renda obtida pelo produtor oscilava de acordo com a sazonalidade da produção, mas estava, de alguma maneira, protegida pelo regime de controle de preços.

A abertura comercial e a estabilidade inflacionária formaram um novo cenário, em que o preço do leite passou a ser definido pela interação oferta e demanda, não mais pela interferência do poder público. Pode-se observar com clareza essa afirmação no gráfico 2, que mostra a evolução do tamanho do rebanho e produção de leite no Brasil no período de 1974 a 2016.

Gráfico 2 - Produção de leite e efetivo de vacas ordenhadas – Brasil - 1974 a 2016.



Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE)

Nota: Elaboração própria

O Estado de Minas Gerais é o maior produtor de leite do País, com 26,6% da produção nacional. Os Estados do Paraná (14%), Rio Grande do Sul (13,7%) e Goiás (8,7%) aparecem na segunda, terceira e quarta posições, respectivamente. Esses estados são responsáveis pela maior parte (63%) da produção nacional (IBGE-PPM, 2016). A região Nordeste fica na terceira posição quando se compara às outras regiões, apesar de, ao longo da

série analisada, expressar crescimento de 301% em sua produção. O Ceará, no período investigado mostrou elevação da ordem de 233%. Cabe ressaltar, ainda, que, mesmo em anos consecutivos de seca, não se observou queda na produção de leite do Estado, malgrado a produção ter crescido aquém da produção nacional e regional (Tabela 2).

Tabela 2 - Evolução e taxas geométricas de crescimento (TGC) produção de leite no Brasil, Nordeste, Ceará e das relações produção de leite no Ceará / produção no Brasil e produção no Ceará/ produção no Nordeste (1974 a 2016) (*Continua*).

Ano	Brasil	Nordeste	Ceará	Ceará/Brasil (%)	Ceará/Nordeste (%)
1974	7.101.261	939.996	158.682	2,2	16,9
1975	7.947.382	1.078.232	160.421	2,0	14,9
1976	8.256.942	1.141.710	163.696	2,0	14,3
1977	9.565.637	1.265.216	177.825	1,9	14,1
1978	9.782.169	1.405.508	194.866	2,0	13,9
1979	10.187.228	1.455.254	199.713	2,0	13,7
1980	11.162.245	1.568.707	190.563	1,7	12,1
1981	11.323.967	1.513.058	186.485	1,6	12,3
1982	11.461.215	1.424.458	184.283	1,6	12,9
1983	11.463.018	1.244.251	148.845	1,3	12,0
1984	11.932.908	1.447.929	182.800	1,5	12,6
1985	12.078.398	1.575.003	207.892	1,7	13,2
1986	12.491.814	1.695.404	226.866	1,8	13,4
1987	12.996.496	1.647.453	222.054	1,7	13,5
1988	13.521.881	1.786.964	224.671	1,7	12,6
1989	14.094.857	1.965.291	225.459	1,6	11,5
1990	14.484.414	2.045.268	293.562	2,0	14,4
1991	15.079.187	2.174.500	299.232	2,0	13,8
1992	15.784.011	2.266.926	304.458	1,9	13,4
1993	15.590.882	1.682.911	243.088	1,6	14,4
1994	15.783.557	1.772.817	267.555	1,7	15,1
1995	16.474.365	1.886.614	292.346	1,8	15,5
1996	18.515.391	2.355.009	390.384	2,1	16,6
1997	18.666.011	2.389.062	387.990	2,1	16,2
1998	18.693.915	2.069.959	313.298	1,7	15,1
1999	19.070.048	2.041.819	325.267	1,7	15,9
2000	19.767.206	2.159.230	331.873	1,7	15,4
2001	20.509.953	2.266.111	328.127	1,6	14,5

Tabela 2 – Evolução e taxas geométricas de crescimento (TGC) produção de leite no Brasil, Nordeste, Ceará e das relações produção de leite no Ceará / produção no Brasil e produção no Ceará/ produção no Nordeste (1974 a 2016) (*Conclusão*).

Ano	Brasil	Nordeste	Ceará	Ceará/Brasil (%)	Ceará/Nordeste (%)
2002	21.642.780	2.362.973	341.029	1,6	14,4
2003	22.253.863	2.507.793	352.832	1,6	14,1
2004	23.474.694	2.704.988	363.272	1,5	13,4
2005	24.620.859	2.972.130	367.975	1,5	12,4
2006	25.398.219	3.198.039	380.025	1,5	11,9
2007	26.137.266	3.338.638	416.453	1,6	12,5
2008	27.585.346	3.454.696	425.210	1,5	12,3
2009	29.085.495	3.813.455	432.537	1,5	11,3
2010	30.715.460	3.997.890	444.144	1,4	11,1
2011	32.096.214	4.109.527	464.596	1,4	11,3
2012	32.304.421	3.501.316	461.662	1,4	13,2
2013	34.255.236	3.598.249	455.452	1,3	12,7
2014	35.124.360	3.892.394	498.133	1,4	12,8
2015	34.609.588	3.956.670	489.257	1,4	12,4
2016	33.624.653	3.772.384	528.138	1,6	14,0
TGC (% a.a.)	3,6 (0,000)	3,1 (0,000)	2,9 (0,000)	-0,07 (0,000)	-0,02 (0,079)

Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE). Elaboração própria.

TGC estimada pela regressão $\ln(Y) = \alpha + \rho T + \xi$; em que ρ multiplicado por cem é a TGC. Valores entre parênteses mostram o nível de margem de erro das estimativas das TGC.

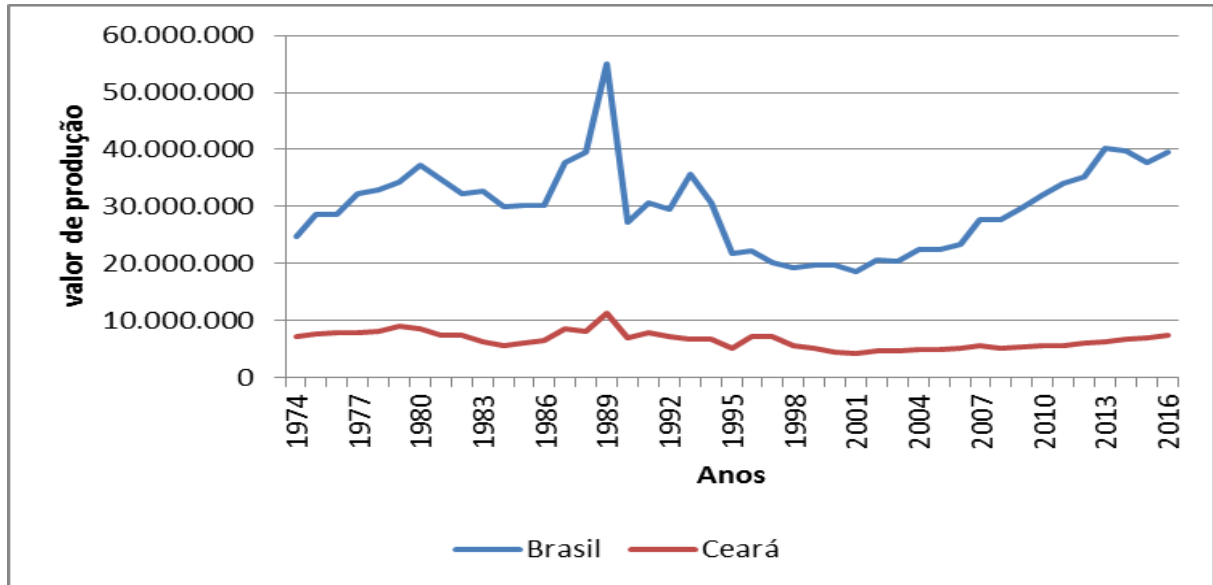
De modo geral, a produção leiteira demonstra crescimento significativo, tanto no Brasil, como no Nordeste e Ceará. No Ceará o crescimento desta produção, aferida pela Taxa Geométrica de Crescimento, aconteceu de modo menos acelerado do que no Brasil e no Nordeste. Além disso, a produção do Ceará em relação ao que aconteceu no Brasil e na Região declinou no período de 1974 a 2016.

Além disso, o desempenho da rentabilidade/produktividade, por vaca, no Estado do Ceará se encontra inferior a níveis nacionais e regionais. Enquanto o Brasil, em 2016, expôs um rendimento de 1709 litros por cabeça, por ano, o Nordeste exibiu produtividade de 1076 mil litros por cabeça/ano e o Ceará 988 mil litros por cabeça/ano (IBGE, 2016).

Como no restante do País, os sistemas de produção locais apresentam diversos gargalos: tecnológicos, mercado, elevados custos de produção e baixos preços pagos ao produtor, dentre outros. Observe-se no gráfico 3 que, em 43 anos, de 1974 a 2016, apesar da estabilização da economia desde o Plano Real, o valor da produção do Ceará praticamente

estagnou. A produção nacional conseguiu aumentar sua receita em 60% e o Ceará em apenas 2%.

Gráfico 3 - Evolução do valor da Produção de Leite – Brasil e Ceará– 1974 a 2016.



Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE)

Nota: Elaboração própria.

Sabe-se que valor de produção é igual a preço multiplicado pela quantidade. Então, no período sob investigação, o preço do litro de leite em reais no Ceará caiu 69%, ao passo que no Brasil a queda de preços foi de 66%. A quantidade produzida no Estado, todavia, aumentou em 233% e no País, o incremento foi de 374%. Assim, a maior produção nacional possibilitou a magnitude do incremento do valor de produção, conforme acentua o gráfico 3.

Ainda sobre os preços, a Taxa Geométrica de Crescimento do preço do leite no Ceará ficou abaixo da Taxa de Crescimento do Nordeste e do Brasil, mostrando, assim, que os preços no Estado foram mais susceptíveis à queda do que as regiões comparadas. (Tabela 3).

Tabela 3 - Evolução e Taxas Geométricas de Crescimento (TGC) Preço do leite no Brasil, Nordeste, Ceará (1974 a 2016)(*Continua*).

Ano	Brasil	Nordeste	Ceará
1974	3,47	3,59	4,58
1975	3,61	3,85	4,83
1976	3,46	3,86	4,79
1977	3,38	3,78	4,37
1978	3,36	3,71	4,21

Tabela 3 – Evolução e Taxas Geométricas de Crescimento (TGC) Preço do leite no Brasil, Nordeste, Ceará (1974 a 2016)(*Continua*).

Ano	Brasil	Nordeste	Ceará
1980	3,33	3,90	4,51
1982	2,82	3,34	4,00
1983	2,85	3,65	4,20
1984	2,51	3,12	3,12
1985	0,00	0,00	2,96
1986	2,42	2,83	2,91
1987	2,91	3,57	3,87
1988	2,93	3,46	3,62
1989	3,90	6,27	5,01
1990	1,88	2,25	2,36
1991	2,03	2,67	2,66
1992	1,87	2,75	2,36
1993	2,28	3,23	2,75
1994	1,94	2,74	2,54
1995	1,32	1,85	1,77
1996	1,20	1,67	1,84
1997	1,09	1,55	1,85
1998	1,03	1,54	1,82
1999	1,04	1,45	1,59
2000	1,00	1,30	1,38
2001	0,91	1,18	1,31
2002	0,96	1,23	1,40
2003	0,92	1,12	1,31
2004	0,96	1,13	1,33
2005	0,91	1,09	1,34
2006	0,92	1,13	1,36
2007	1,06	1,18	1,33
2008	1,01	1,18	1,23
2009	1,02	1,21	1,25
2010	1,05	1,17	1,28
2011	1,06	1,14	1,23
2012	1,09	1,34	1,33
2013	1,17	1,39	1,40
2014	1,13	1,31	1,37
2015	1,09	1,30	1,44
2016	1,17	1,30	1,41

Tabela 3 – Evolução e Taxas Geométricas de Crescimento (TGC) Preço do leite no Brasil, Nordeste, Ceará (1974 a 2016)(*Conclusão*).

Ano	Brasil	Nordeste	Ceará
TGC (% a.a.)	- 0,068 (0,00)	- 0,078 (0,00)	- 0,096 (0,00)

Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE). Elaboração própria.

TGC estimada pela regressão $\ln(Y) = \alpha + \rho T + \xi$; em que ρ multiplicado por cem é a TGC.

Valores entre parênteses mostram o nível de margem de erro das estimativas das TGC.

5.2 Sustentabilidade Econômica da Produção de Leite

Nesta seção, registram-se as estimativas dos quatro índices parciais (Índice Parcial do Rebanho Corrigido, Índice parcial do Valor da Produção Corrigido de leite indexado pelo salário-mínimo, Índice Parcial da Pluviometria e Índice Parcial do Rendimento da produção de leite). Inicialmente vêm as evidências encontradas nas estimativas utilizando análise fatorial, por meio do Método de Decomposição em Componentes Principais.

5.2.1 Resultados da análise fatorial

Segundo Fávero *et al.* (2009), para saber se a utilização da análise fatorial é adequada, é necessário efetuar os seguintes passos: analisar a matriz de correlações; verificar a estatística KMO; o teste de esfericidade de Bartlett; e analisar a matriz anti-imagem.

Por meio da decomposição em componentes principais, observou-se (Tabela 4) que foi extraído um só fator (componente principal), que explicou 47,4% da variância total das variáveis estudadas.

Para interpretação dos resultados dos testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que medem a adequação da amostra, é válido frisar que valores próximos de 1 (um) indicam que o Método de Análise Fatorial é perfeitamente adequado para o tratamento dos dados. Valores inferiores a 0,5 indicam a inadequação do método (FÁVERO *et al.*, 2009). Nesta investigação, os testes de KMO indicaram que a análise fatorial consegue descrever razoavelmente as variações dos dados originais.

Consoante os testes de significância de esfericidade de Bartlett, que verifica a homogeneidade de variância, houve a rejeição da hipótese de que a matriz de correlações seja matriz-identidade, ou seja, de que as variáveis são não correlacionadas. Como a matriz de correlações não é igual à matriz identidade, evidencia-se, portanto, que há correlações entre as variáveis.

Com efeito, esses dois testes (KMO e Bartlet), além da análise da matriz de correlações e a matriz anti-imagem, ratificaram que os resultados obtidos foram válidos para prosseguir com a análise fatorial. Para tanto, pôde-se estimar os pesos associados a cada variável envolvida na pesquisa para criar o INSUS.

De acordo com Fávero *et al.*(2009), as comunalidades variam de zero a 1, mais próximas de zero quando os fatores comuns explicam baixa ou nenhuma variância da variável e 1 quando todas as variáveis possuem intensiva relação com os fatores retidos. Nos coeficientes da pesquisa, observou-se que o Y_1 - Índice Parcial do Rebanho Corrigido e o Y_3 - Índice parcial do Valor da Produção Corrigido de leite indexado pelo salário-mínimo foram as variáveis que estiveram mais relacionadas, no período em análise, ao fator desenvolvido; ou seja, os resultados evidenciam a importância da variável rebanho e valor da produção para a formação do Índice de Sustentabilidade no Estado do Ceará (Tabela 4). Desse modo, alterações no conjunto das variáveis provocam mudanças significativas nos seus resultados individuais.

Tabela 4 - Resultados obtidos pela análise fatorial com a decomposição em componentes principais.

Variáveis	Comunalidade	Componentes (Fator 1)	Escores	Pesos
Y_{1t}	0,716	0,846	0,446	0,318
Y_{2t}	0,350	0,592	0,312	0,222
Y_{3t}	0,664	0,815	0,430	0,306
Y_{4t}	0,166	0,408	0,215	0,153

Variância explicada pelo único componente estimado = 47,4%; Teste de KMO = 0,608; Teste de Bartlett para 6 graus de liberdade: Qui- quadrado = 25,016 significativa a 0,000% de erro.

Fonte: Valores estimados com base nos dados da pesquisa.

Nota: Y_1 - Rebanho Corrigido; Y_2 - Rendimento; Y_3 - Valor da Produção e Y_4 - Pluviometria

Quanto à análise da matriz anti-imagem, não houve necessidade de excluir variáveis, pois os resultados das correlações entre as variáveis que ficam nas diagonais secundárias à matriz de correlação ficaram acima de 0,59. Fávero *et al.* (2009) sugerem que valores nessas diagonais acima de 0,300 sinalizam que a análise fatorial se aplica.

Com base nos pesos estimados e apresentados na Tabela 4, a equação (12) pode ser reescrita assim:

$$\text{INSUS}_t = 0,318. Y_{1t} + 0,222. Y_{2t} + 0,306. Y_{3t} + 0,153. Y_{4t}$$

Desse modo, concluiu-se que os pesos associados aos índices parciais são os acima indicados. Para o Índice Parcial do Rebanho Corrigido (Y_{1t}) o peso foi 0,318; para o Índice Parcial do Rendimento Relativo da produção de leite (Y_{2t}) o peso foi de 0,222; para o Índice Parcial do Valor da Produção Corrigido de leite indexado pelo salário-mínimo (Y_{3t}), o peso foi de 0,306; e, por fim, para o Índice Parcial da Pluviometria média anual (Y_{4t}), o peso foi de 0,153

Após estimar por análise fatorial os pesos relacionados a cada variável, pôde-se calcular o INSUS para cada ano da referida pesquisa, segundo apontado. Os valores estimados para cada ano do INSUS estão na Tabela 01, em anexo. Na Tabela 5 e no Gráfico 03 encontram-se a síntese desses resultados.

Tabela 5 - Evolução do INSUS, dos Preços médios corrigidos do litro de leite, e do índice de preços corrigidos do leite (1974 = 100) entre 1974 e 2016.

Característica	INSUS	Preços Médios	Pluviometria Anual	Pluviometria	Pluviometria
	(%)	R\$/litro	(mm)	Quando o INSUS alcança valores médio e extremos	Quando o preço alcança valores médio e extremos
Média	69,26	2,55	791,36	403	1013,8
Desvio Padrão	9,23	1,31	300,25	-	-
CV (%)	13,32	48,24	37,94	-	-
Mínimo	47,6	1,23	341,7	341,7	923,1
Máximo	88,97	5,01	1708,3	689,6	1140,7
TGC (% a.a.) ^a	0,28 (0,013) ^b	- 2,10 (0,000) ^b	Não se Aplica	-	-

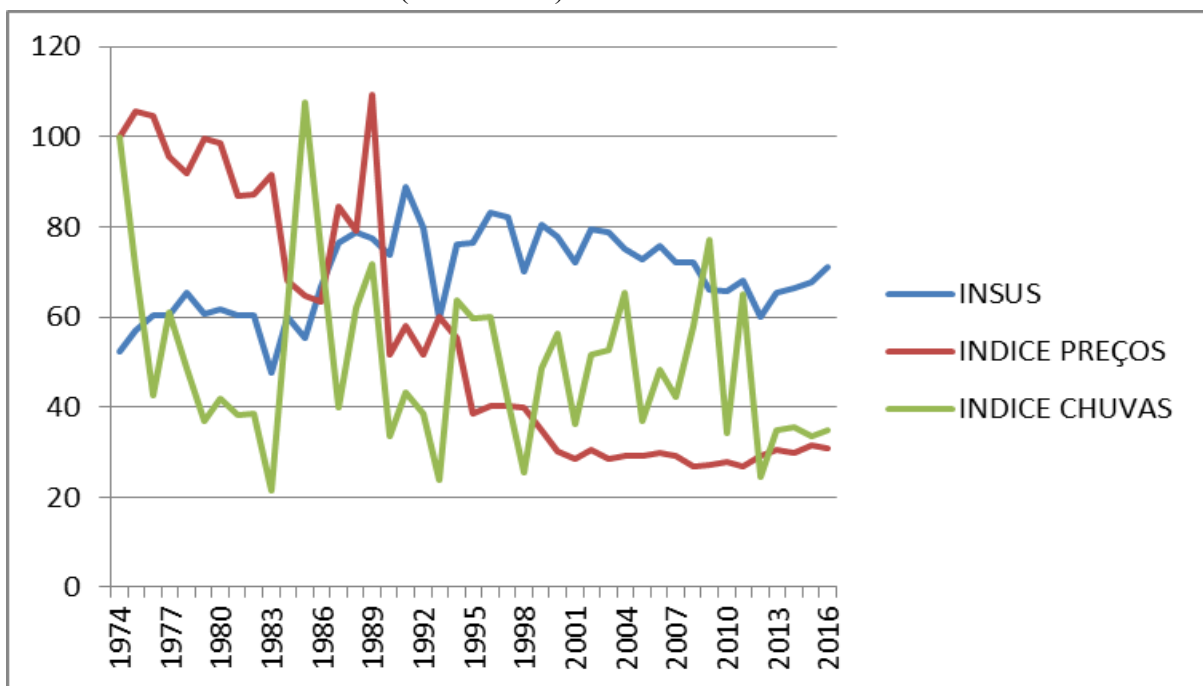
Fonte: Valores estimados a partir dos dados da pesquisa.

*TGC (α_1) estimada pela equação $INSUS_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \xi_t$; TGC (β_1) estimada pela equação $\log(P) = \beta_0 + \beta_1 T + \mu_t$; b – nível de significância do erro de previsão.

Os resultados da Tabela 5 e ilustrados no Gráfico 4 sinalizam que o INSUS formado no trabalho sob as imposições feitas indica valor médio de 69,26%. Em torno dessa média, gravitam valores extremos, de 47,6%, em 1983, ano de seca intensa no Ceará, a 8,979%, em 1991, ano de pluviometria de 689,60 mm, próxima da média observada na série, que foi de 791,36. Esses valores propiciam estimar um CV de 13,32%, que sinaliza uma certa estabilidade do índice de 1974 a 2016. Observa-se, ainda, que a TGC associada ao INSUS é ligeiramente positiva, e significativamente diferente de zero ao nível de ao menos 1,3% de erro um indicador de que é possível produzir leite no Ceará sem expandir extensivamente o rebanho leiteiro.

E isso aconteceu numa realidade de preços em que estes apresentaram TGC negativa e significativamente diferentes de zero ao nível de 1% de erro (-2,10% a.a.), variando, em valores de 2016, de R\$1,23 em 2011 a R\$5,01 em 1989. Observa-se, também, que o cenário de produção acontece num período de grande instabilidade na precipitação de chuvas no Estado, haja vista que a média do período foi 791,36mm, com o coeficiente de variação de 37,94, em que os valores extremos variaram de 341,70 mm a 1708,30 mm (Tabela 5)

Gráfico 4 - Evolução do INSUS e dos Índices de Preços e de Pluviometria no Ceará Leite (1974 = 100) Entre 1974 e 2016.



Fonte: Valores estimados com suporte nos dados da pesquisa.

Observa-se também que o preço do leite exibiu o seu melhor valor no ano em que houve uma precipitação de 1140 mm. No pior ano em termos de preço do leite, a pluviometria média do Ceará foi de 923,10 mm. Esses dois valores sinalizam que as variações pluviométricas não foram fatores importantes na definição dos preços do leite no Ceará nos anos estudados (Tabela 5).

No que se refere ao INSUS, observa-se que, no ano em que o seu valor foi máximo, a pluviometria do Ceará foi de 689,60 mm, valor próximo da média do Estado que foi de 791,36 mm. No ano em que apresentou o seu menor valor, a pluviometria do Ceará foi de 341,70mm, o que caracteriza período seco (Tabela 5).

Na Tabela 6, mostra-se que tanto escassez como excesso de chuvas são prejudiciais à produção de leite. Os menores valores dos INSUS aconteceram nos anos em que a pluviometria do Ceará indicou ou problemas de seca (1983, 1993 e 2012) ou nos anos em que houve chuva em abundancia (1974, 1975 e 1985).

Os dados do INSUS se coadunam com a literatura, ao analisar que, além de ser afetado pelos efeitos da seca, o agricultor também tem queda da produção causada pelo excesso de chuvas (LEMOS, 2012).

Tabela 6 - Menores INSUS Ceará.

	Pluviometria	INSUS
1974	1588,20	52,40
1975	1121,10	57,02
1983	341,70	47,60
1985	1708,30	55,42
1993	376,90	59,83
2012	388,80	59,93

Fonte: Valores estimados com base nos dados da pesquisa.

Após aferidos os INSUS anuais, conforme exibido na tabela 6, as taxas de crescimento sinalizaram o crescimento estável do índice ao longo do período para o qual foi construído (1974/2016), sendo positivo, e significativamente maior do que zero (1%). A taxa de crescimento sinalizou para a sustentabilidade da produção de leite, seguindo as simulações feitas no estudo. Logo, segundo o Índice criado, há sustentabilidade na produção de leite do Ceará, respeitadas as imposições sobre o tamanho do rebanho e garantindo mudanças na produtividade/rendimento das vacas em lactação.

A proposta metodológica de “congelamento do rebanho” no tamanho médio, também proporcionou a constatação de que haveria mais possibilidades de liberação de áreas para as quais poderiam ser destinadas a outras modalidades de produção de renda, como, por exemplo, cultivando árvores para fins de reflorestamento ou plantando fruteiras; além de citar que os produtores estarão contribuindo com a preservação ambiental, diminuição de produção de gás metano e, ainda, obtendo outras fontes de renda.

O gás carbônico é o primeiro e mais importante gás no efeito estufa, pelo simples fato de que este possui a maior quantidade de emissões na atmosfera e está em concentrações muito maiores do que qualquer outro gás (FAO, 2004). O gás metano é considerado o

segundo maior contribuinte para o aquecimento da Terra, e estima-se que 70% das emissões desse gás provenham de atividades humanas, entre as quais a pecuária. Este contribui em 15% para o aquecimento global e uma vez emitido na atmosfera terrestre, permanece nela de 9 a 15 anos (FAO, 2004).

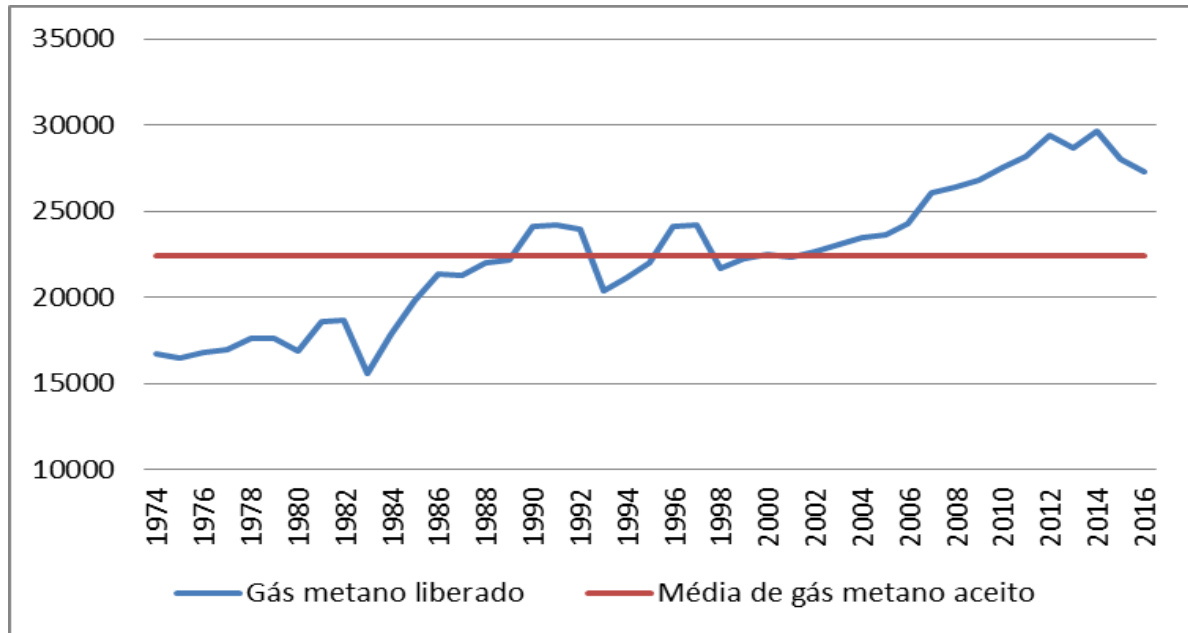
Os gases citados são emitidos em largas quantidades pela atividade pecuária. O gás carbônico é diretamente emitido na respiração dos animais e, indiretamente, pelo desmatamento em razão do pastoreio, de queimadas pelo uso da terra e produção de alimentos advindos dos produtos agropecuários (FAO, 2003).

O projeto “Seleção para produção de carne bovina com redução de gases de efeito estufa”, que teve sua pesquisa de 2011 a 2014 da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), concluiu que há uma similaridade da quantidade de metano emitida entre animais classificados como mais e menos eficientes, considerando a quantidade de alimentos que consomem para ganhar peso. Tanto os que ingerem mais alimentos como os que ingerem menos eliminaram pelas fezes para a atmosfera, em média, pouco mais de 140 gramas de metano por dia. Tendo por base esse dado faz-se o cálculo médio de quanto seria poupado caso o ensaio proposto no estudo fosse praticado (Gráfico 5).

O gás metano é majoritariamente emitido pelos ruminantes a partir das fezes e por meio de gases intestinais, em razão aos seus processos digestivos envolvendo fermentação microbiana em consequência da alimentação rica em fibras. São estimadas 80 milhões de toneladas de metano por ano geradas dos processos entéricos (FAO, 2003). Tendo por base a liberação de 140 gramas por dia, o Ceará, nos anos de 1974 a 2016, liberou por meio de seu rebanho leiteiro cerca de 964, 8 mil toneladas do gás. Isto representa uma média de 22,4 mil toneladas ano. O mínimo de liberação de gás, conforme a série histórica, ocorreu no ano de 1983 (15,5 mil toneladas) e o máximo no ano de 2014 (29,6 mil toneladas).

A média de liberação do gás metano no Ceará, anos em que o rebanho efetivo superou o simulado nesta pesquisa no período analisado foi de 25,6 mil toneladas/ano, conforme-se pode se observar no gráfico 5. Em média, foi liberado pelo rebanho excedente cerca de 3,2 mil toneladas ano, sendo a maior emissão no ano de 2014 com excedente de 7,2 mil toneladas/ano e a menor no ano 2000, com 81 toneladas. O gráfico 5 exhibe a comparação da emissão de gás metano liberado *versus* poupado via rebanho “corrigido”, onde, de acordo com a simulação metodológica tendo por base o tamanho médio do rebanho, haveria anos em que a emissão do gás seria bem menor do que a que realmente se concretizou e, assim, haveria economia de 67,2 mil toneladas que não seriam emitidas, caso houvesse a correção do tamanho do rebanho no período analisado.

Gráfico 5 - Comparação da emissão de gás metano liberado *versus* poupado via rebanho “corrigido”. Ceará - 1974 e 2016.



Fonte: Valores estimados com base nos dados da pesquisa.

Ao analisar a área a ser poupada, de acordo com os ensaios propostos, tem-se que, segundo a EMBRAPA (2014), o número de animais por hectare varia muito de acordo com espécie animal, idade dos animais, espécie forrageira, tipo de solo (levando-se em consideração sua fertilidade), umidade do solo (se tem irrigação ou não), idade da forrageira etc, tudo isso associado à necessidade de matéria seca de que cada espécie de animal necessita. No Brasil, a taxa de lotação das pastagens (cabeças de bovinos por hectare de pastagem) é muito baixa, cerca de uma vaca de 450kg ou 15 arrobas por hectare, taxa essa que varia para mais em época de chuva e se agrava em tempos de seca (EMBRAPA, 2014).

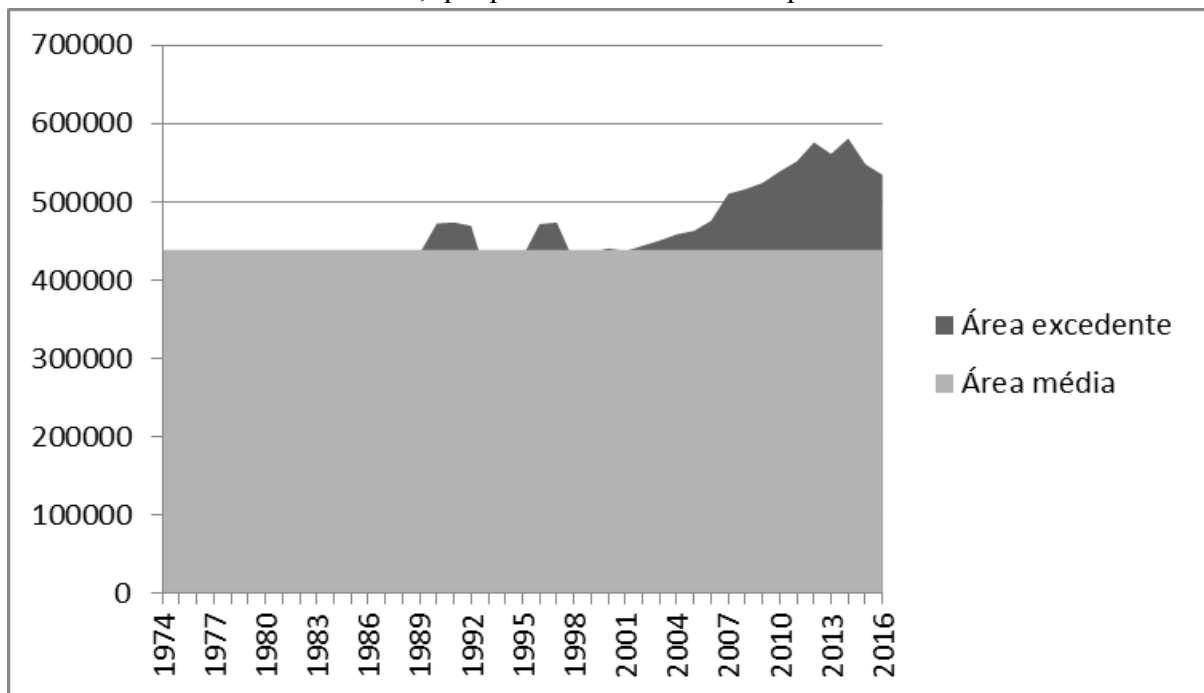
Complementarmente, observa-se, por meio do gráfico, 6 que, durante o período analisado, os anos de 1990 a 1992, 1996 e 1997, 2000, e a partir do ano de 2002, teriam maiores quantidades de áreas liberadas para outras atividades. Para que essas áreas estivessem no alcance dos produtores, contudo, seria necessário que eles pudessem alcançar os rendimentos simulados para atingir ao menos a produção alcançada com as áreas acima da média.

De acordo com Soares de Andrade (2014), no âmbito nacional, calcula-se que a pecuária na faixa de 32 - 34% do seu potencial, baseado na área de produção já existente e ocupa cerca de 170 milhões de hectares, o que corresponde a 20% do Território Nacional (851 milhões de hectares). Tem-se, então, que o máximo de área ocupada no Ceará para pastagem

foi de 580 mil hectares no ano de 2014, mínima de 304 mil hectares em 1983 e a área média de pastagem no período analisado de 439 mil hectares.

A pesquisa induz, pois, que a média de área que excedeu a área média calculada foi de 62,6 mil hec, a qual, de acordo com a aplicação do ensaio ora proposto poderiam ser esses hectares destinados a outras atividades, contando, inclusive, para reflorestamento, deixando de produzir em média 67,2 mil toneladas de gás metano para a atmosfera. O máximo excedente de área para pastagem, de acordo com o ensaio ora proposto, foi verificado no ano de 2014, com o excedente de 141,8 mil hectares ocupados em razão do tamanho do rebanho e o mínimo, dos anos que excederam a média, foi em 2000, com excesso de mil e quinhentos hectares ocupado.

Gráfico 6 - Áreas excedentes, que poderiam ser liberadas para outros usos. 1974 a 2016.



Fonte: Valores estimados com base nos dados da pesquisa.

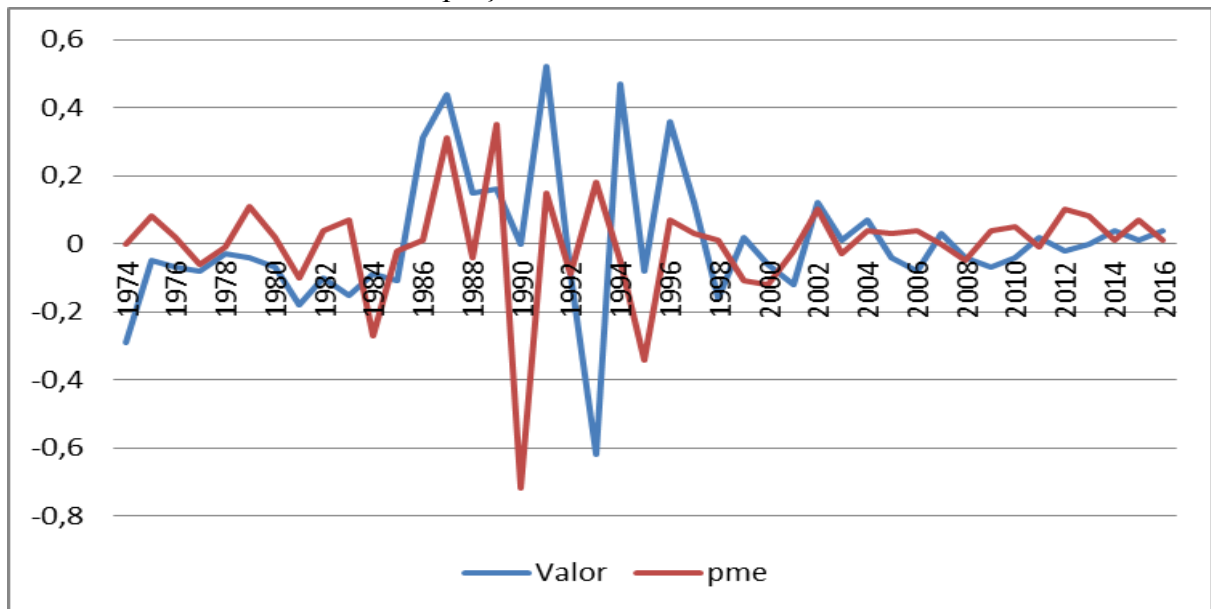
Assim, o objetivo geral, que consiste em realizar simulações metodológicas para tornar sustentável a produção de leite sob o ponto de vista econômico e ambiental, como também mensurar as consequências desses ensaios sobre a área ocupada e emissão de gás metano foi alcançado. Os próximos passos do trabalho consistem em mostrar como os produtores, provavelmente, formam as suas expectativas de produções ancoradas nas expectativas dos indicadores econômicos e a influência da expectativa de chuva sobre a produção de leite. Para isso, se procederia a um levantamento sobre a formação do valor da

produção e se utilizará o procedimento de Box – Jenkins para identificar como se dá a formação das expectativas dos agentes.

5.3 Formação das expectativas

O gráfico 7 mostra a trajetória da distribuição temporal dos resíduos associado à série de valor da produção (VPNE) e preços (P) do leite, após o ajustamento da primeira diferença. A trajetória errática dos resíduos depois do ajustamento oscilando em torno da média zero, as estatísticas que podem ser visualizadas na tabela 7 em que constata por meio da estatística de Ljung-Box para cada uma das variáveis que se mostraram não significativas e diferentes de zero sugerem que o ajustamento alcançado exprime as qualidades estatísticas desejáveis para este tipo de análise.

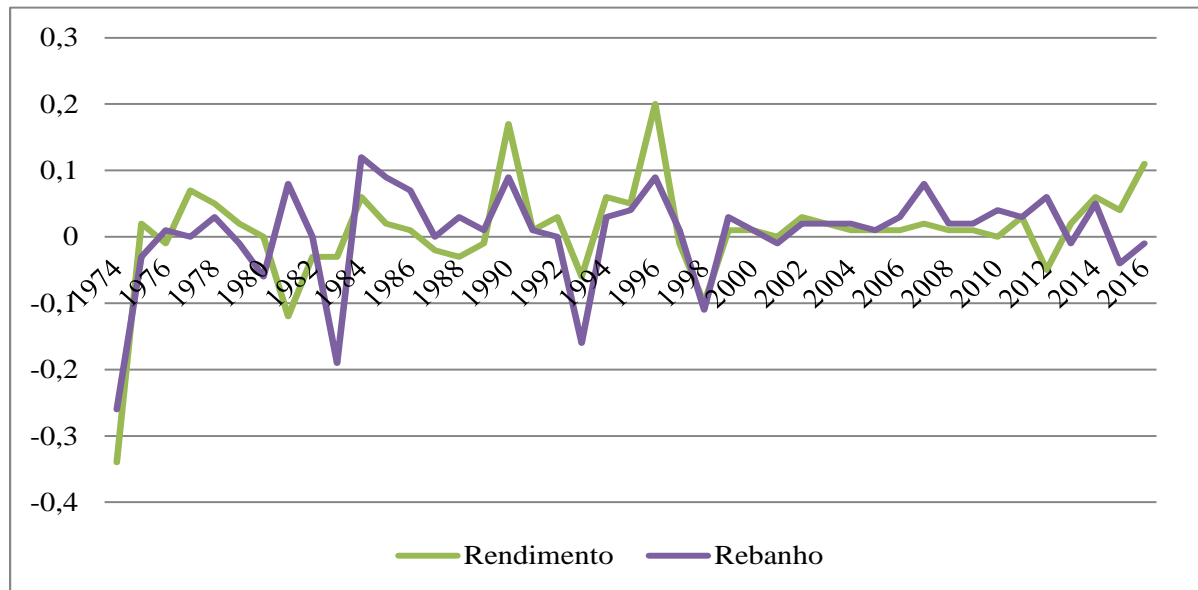
Gráfico 7 - Dispersão dos resíduos associados à estimação dos LN dos valores de produção e dos preços – Ceará – 1974 a 2016.



Fonte: Valores estimados com base nos dados da pesquisa.

No gráfico 8 está o traçado da distribuição dos resíduos associados à série de rendimentos e de vacas ordenhadas. A trajetória errática visualizada para os resíduos, bem como as magnitudes das estatísticas de Ljung-Box, na Tabela 7, sugerem que esses resíduos são aleatórios ou “ruídos branco”. Assim, pode-se assumir com no máximo 1% de probabilidade de erro que os resíduos se distribuem na forma ruído branco.

Gráfico 8 - Dispersão dos resíduos associados à estimação dos LN dos rendimentos e do rebanho – Ceará – 1974 a 2016.



Fonte: Valores estimados com base nos dados da pesquisa.

Os parâmetros da equação 29 foram estimados por meio do pacote estatístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Na tabela 7, encontram-se os ajustamentos que melhor se adequaram à proposta de expectativas racionais, ou seja, para um período imediatamente à frente ($t+1$), tendo como variável explicativa apenas uma defasagem na série. Nestes casos, os modelos ajustados para $(VP^{(t+1)}, P^{(t+1)}, V^{(t+1)}, RE^{(t+1)})$ foram do tipo:

$$Y^{(t+1)} = \beta_0 + \beta Y_{(t-1)} + \xi_{(t+1)} \quad (27)$$

Observa-se que todos os gráficos denotaram traçado de trajetória errático, fato sugestivo de que sejam totalmente aleatórios e atendam às três condições para ser “ruído branco”. Esse resultado confirma-se pelas estatísticas de Ljung-Box de 15,629 para o valor da produção, de 12,197 para o rebanho, de 21,120 para os preços e de 15,214 para o rendimento.

Fez-se uso dos métodos de máxima verossimilhança e de Cochrane e Orkut, usando o pacote estatístico SPSS para estimar os parâmetros. Todas as estimativas encontradas se ajustaram à proposição de expectativas racionais $\{E(Y_t)\}$, tendo como variável explicativa apenas uma defasagem na série. Nestes casos, os modelos ajustados foram do tipo AR(1). Os resultados encontrados na primeira etapa da estimação dos parâmetros da equação estão mostrados na Tabela 7.

Observa-se, ainda, que todos os coeficientes estimados foram estatisticamente diferentes de zero e os coeficientes de determinação estacionários tiveram magnitudes superiores a 0,50 (Tabela 7).

Tabela 7 - Estimativas dos parâmetros autorregressivos para as previsões de valor da produção (VP), rebanho (V) e preço médio (P).

Variável	Coefficiente Angular	Significância	R ² Estacionário	Ljung-Box Q	Significância
$\ln(VP_t)^*$	0,768	0,000	0,603	15,629 ^{NS}	0,550
$\ln(V_t)^*$	0,952	0,000	0,835	12,197 ^{NS}	0,788
$\ln(P_t)^*$	0,953	0,000	0,860	21,120 ^{NS}	0,221

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da Pesquisa Pecuária Municipal, vários anos.

1 – Estimativas feitas pelos métodos “Máxima Verossimilhança Exata” e “Cochrane –Orkut”

NS – não significante a pelo menos 30% de erro.

2 - *ARIMA(1,0,0)

Para estimar os valores esperados anuais dos rendimentos (produção de leite anual, por vaca no Ceará), foram estimados os parâmetros associados à equação (28) mostrada na Seção de Metodologia cuja definição é:

$$E\{\ln(R_t)\} = \beta_0 + \beta_1 D\{\ln(C_t) + \mu_t\} \quad (28)$$

Neste caso a variável “dummy” vale 1 para os anos em que ha normalidade pluviométrica e zero para os anos em que esta não existe. A FUNCEME estima que a média de pluviometria que está em torno da normalidade pluviométrica é de 800 mm anuais. Com a série de pluviometrias anuais de que se dispunha para realizar o trabalho, de 1974 a 2016, para a concretização desta pesquisa, foram calculados a média e o desvio-padrão associado a este período. A média foi de 791 mm e o desvio-padrão foi de 300 mm, portanto, uma distribuição muito heterogênea. No trabalho, considerou-se como período de normalidade pluviométrica o fato de chover entre a média estabelecida pela FUNCEME de 800,6 mm mais ou menos meio desvio padrão (150mm) do período em que se realizou a pesquisa. Assim, para este estudo recorreu-se às categorias pluviométricas mostradas na Tabela 8:

Tabela 8 - Categorias de pluviometria utilizadas na pesquisa de 1974 a 2016.

Classificação usada na pesquisa	Intervalo de precipitação (PR) em (mm)	Numero de Anos observados na série.
Normal	$650,6 \leq PR \leq 950,6$	14
Abaixo da média	$341,70 \leq PR < 650,6$	17
Acima da média	$650,3 < PR \leq 1708,30$	12

Fonte: Valores estimados pelos autores com base nos dados da FUNCEME

Na estimativa da expectativa dos rendimentos, tendo como variável explicativa as precipitações pluviométricas obtidas de acordo com o que está estabelecido na equação 28, chegou-se aos resultados mostrados na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados para a Estimação das Expectativas de Rendimento de Leite.

Variável	Coefficientes	Estatística t	Significância
$Ln(chuva)$	0,633	79,471	0,000
R^2 Ajustado = 0,993			

Fonte: Valores estimados pelos autores com base nos dados da FUNCEME

Os resultados mostrados na Tabela 9 sugerem a relação positiva entre o rendimento de leite e a precipitação de chuvas com coeficiente significativamente diferente de zero a pelo menos 1% de erro. Com base nesses coeficientes geram-se os valores esperados para os rendimentos anuais de leite no Ceará.

Tendo gerado os valores esperados para o logaritmo de preços, do tamanho do rebanho em lactação, que foram as variáveis explicativas dos valores esperados, anualmente, para o logaritmo do valor da produção de leite, geram-se os coeficientes mostrados na Tabela 10.

Tabela 10 - Coeficientes estimados para as expectativas do valor da produção de leite no Ceará com base nas expectativas de preços, tamanho do rebanho e de rendimento entre 1974 e 2016, considerando diferentes cenários de pluviometria.

Variável	Coefficientes	Estatística t	Significância
Constante	1,445	1,217	0,231
$E\{Ln(Preço)\}$	0,537	18,832	0,000
$E\{Ln(Vacas)\}$	0,910	10,644	0,000
$E\{Ln(Rendimento)\}$	-0,074	-2,213	0,033
R^2 Ajustado = 0,919			

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Pesquisa Pecuária Municipal, vários anos.

Os resultados mostrados na Tabela 10 sugerem que a formação de expectativas nos preços do leite, o tamanho do rebanho, afetam positivamente as expectativas de formação de renda bruta para os produtores de leite no Ceará, confirmando as hipóteses deste estudo. As expectativas de rendimentos, contudo, que foram positivamente induzidas pelas chuvas no período, afetam negativamente a expectativa de formação de expectativas do valor da produção do leite no período avaliado. Observa-se que essas expectativas são mais fortes no valor esperado do dimensionamento do rebanho aferido pela magnitude da elasticidade estimada (0,910). Segue-se a elasticidade associada à formação de expectativas dos preços do leite (0,537). A elasticidade associada à expectativa de rendimentos, induzidos pela pluviometria que exibiu a menor elasticidade, é negativa (-0,074).

Esses resultados são promissores para o planejamento da produção leiteira no Ceará, haja vista o fato de que se detectou com segurança estatística, mesmo se dispendo de séries relativamente reduzidas, que os produtores planejam sim a sua produção de leite com um ano de antecedência. E mais: que os preços são fatores determinantes da formação dessas expectativas, fato sugestivo de que sugere que os produtores de leite no Ceará estão inseridos no mercado desse produto.

A elasticidade negativa, associada ao rendimento, mostra que a capacidade tecnológica da produção de leite no Ceará ainda não está apta a driblar as condições climáticas de irregularidades pluviométricas, mesmo se sabendo que boa parte da produção de leite nos polos produtores do Estado já utiliza irrigação como prática até corriqueira.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação tem como resultado a constatação de que, no período de 1974 a 2016, várias transformações ocorreram no percurso do desenvolvimento da pecuária nos planos nacional, regional e estadual. Nessa trajetória, os fatores que mais impactaram o setor foram o fim da intervenção governamental, o aumento do poder de compra da sociedade e, principalmente, a abertura comercial e a estabilidade de preços/controle inflacionário, que propiciaram a criação de outra realidade, que o preço do leite passou a ser definido pela interação oferta demanda.

O Brasil, um dos maiores fornecedores de leite do mundo, conseguiu aumentar sua produção de 7,1 bilhões de litros de leite em 1974 para o patamar de 33,6 bilhões de litros em 2016. Esse crescimento foi sentido também no Estado do Ceará, passando de 158 milhões para 528 milhões de litros de leite. Foi observado que, mesmo passado pelo quinto ano consecutivo de seca, o Estado expressou crescimento na produção, no valor da produção e no tamanho do rebanho.

O Ceará passou por alguns projetos cuja principal meta era o fortalecimento e crescimento da atividade leiteira no Estado. O Projeto Pasto Verde deixou alguns frutos positivos, como a comprovação das viabilidades técnicas e econômicas da atividade leiteira e a formação de técnicos voltados à produção de leite. Seu maior benefício, entretanto, foi a efetivação da “cultura do uso da irrigação para a produção de volumosos”. Hoje, o produtor cearense de leite, instintivamente, associa a produção de leite ao uso da irrigação, sendo esta a principal estratégia para diminuir as vulnerabilidades da atividade em virtude das intempéries climáticas da Região.

A expansão desenfreada da pecuária, no entanto, traz consigo consequências imensuráveis sobre o meio ambiente, por exemplo, o desmatamento para aumentar as áreas de pastagem e convívio dos animais, ocorre à devastação de áreas produtoras e, conseqüentemente, o aumento de áreas refletoras de calor, aumentando a temperatura da Região, dentre outros problemas.

Com a proposta de simulação de “congelamento do rebanho”, o estudo também mostrou que as áreas que excedessem o patamar médio de pastagem para o rebanho poderia ser reservadas para outros fins, como plantio de fruteiras e, reflorestamento, além de reduzir os efeitos gerados pela emissão de gás metano. Para tanto, o Estado precisaria dispor de um serviço de pesquisa, assistência técnica, extensão rural e fomento, de modo a viabilizar a expansão da produção via incremento do rendimento, ou da produtividade do rebanho.

Este experimento, pois pesquisa criou o Índice de Sustentabilidade para a produção leiteira ancorada nos indicadores de rentabilidade/produktividade anual das vacas leiteiras, do tamanho anual do rebanho, pluviometria anual e no valor anual da produção, aferida em salários-mínimos anuais, no Estado, no período de 1974 a 2016.

O índice estimado para mensurar a sustentabilidade econômica da atividade leiteira por via dos índices parciais (Y_{1t} , Y_{2t} , Y_{3t} e Y_{4t}), o INSUS, mostrou-se com um comportamento ascendente, indicando que houve um crescimento da produção, mesmo com a imposição, expressa na pesquisa, de “congelamento do tamanho do rebanho” por seu valor médio. Apesar disso, é sabido que os sistemas de produção locais expressam diversos gargalos tecnológicos, de mercado, elevados custos de produção e baixos preços pagos ao produtor.

O INSUS possibilitou também a comprovação de que a pluviometria está ligada a sustentabilidade do leite, uma vez que, mediante o índice, se pôde provar que, nos anos em que a pluviometria logrou seus menores ou maiores níveis, esses são os mesmos cujo índice de sustentabilidade exibiu seus menores percentuais, ou seja, seus menores índices de sustentabilidade; ressaltando, assim, a importância que a água, no que concerne a pesquisa, a chuva, impacta sobre a atividade no Estado.

O estudo revelou, ainda, a vital necessidade de contenção do tamanho do rebanho, uma vez que esse avanço acarreta degradação ambiental, seja por meio de aumento da emissão de gás metano, ou mesmo pela expansão desenfreada de área para pastagem.

Este experimento acadêmico demandou, ainda, conceber um modelo teórico-empírico, incorporando a Teoria das Expectativas Racionais, utilizada como instrumento para tentar aferir como, provavelmente, os produtores de leite formam as suas expectativas do valor da produção, tendo como base informações acumuladas no passado.

Os resultados encontrados sugerem que a formação de expectativas nos preços do leite, do tamanho do rebanho, afetam, positivamente, as expectativas de formação de renda bruta para os produtores de leite no Ceará, confirmando as hipóteses deste estudo. A pesquisa, entretanto, também mostrou que as tecnologias utilizadas na produção de leite no Ceará ainda não conseguiram superar as irregularidades climáticas no Estado no decurso do período investigado. Isso porque os rendimentos do leite, induzidos positivamente pelas chuvas, afetam negativamente (ainda que a um valor bastante pequeno, muito próximo de zero) as expectativas de formação de renda bruta da atividade no Estado. Aferiu-se que as expectativas se mostraram mais fortes no valor esperado do dimensionamento do rebanho, seguido da formação de expectativa do preço do leite.

Esses resultados são promissores para o planejamento da produção leiteira no Ceará, porquanto se detectou, com segurança estatística, mesmo se dispondo de séries relativamente reduzidas, que os produtores planejam sim a sua produção de leite com um ano de antecedência.

Observa-se, com efeito, o objetivo da pesquisa foi realizado na íntegra, pois o trabalho conseguiu aferir o INSUS e as formas como são formatadas as expectativas das variáveis que compõem o valor da produção de leite no Ceará.

Os resultados mais relevantes, e que consistiram no principal objetivo deste estudo, é a confirmação de que a expectativa de valor do preço do leite e o tamanho do rebanho são as variáveis de decisão para a formação das expectativas do valor da produção futura. O trabalho, por conseguinte, não apenas confirmou este resultado que parece ser óbvio, mas não é, e foi além, pois encontrou a magnitude em que isso se verifica no período estudado, por via das elasticidades estimadas.

Dada a importância dos temas abordados, uma das contribuições deste trabalho reside em propor, de maneira científica e quantificada, metodologias mais proativas, que possibilitem o direcionamento de políticas públicas para o setor rural, visando à sustentabilidade da pecuária.

REFERÊNCIAS

- AB' SABER, AZIZ. Nordeste sertanejo: a região semi-árida mais povoada do mundo. **Estud. Av.**, São Paulo, v.13, n.36, p. 55-59, mai./ago. 1999.
- _____. Floram: Nordeste Seco. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 4, n. 9, p. 149- 174, jan. 1999.
- ALMEIDA, J. Da ideologia do progresso à ideia de desenvolvimento (rural) sustentável. *In:* ALMEIDA, J.; NAVARRO, Z. **Reconstruindo a agricultura**. Porto Alegre, RS. UFRGS. p. 33-55. 1997.
- ALVIM, R. Sant' Anna. Desafios e oportunidades no Setor Leiteiro. *In:* **II Seminário da Cadeia Produtiva do Leite e Cooperativismo da Paraíba**, 2012. Campina Grande, nov. 2012.
- ANTHONY, E. J. COHLER, B. J. **The invulnerable child**. New York: Guilford, 1987.
- ARAUJO, M., L., M., N. Impactos ambientais nas margens do Rio Piancó causados pela agropecuária. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**. Pombal, v.4, n.1, p. 13-33, jan./dez. 2010.
- ARROW, K.J.; NERLOVE, M. A Note on Expectations and Stability. **Econométrica**. New York, v. 26, n. 2, p. 297-305, abr. 1958.
- BALDUSCO, Diego. **Testes de racionalidade das expectativas de inflação no Brasil**. 2009. 81p. Monografia (Bacharelado em Ciência Econômicas) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle>> Acesso em: 17 mar. 2017.
- BARRO, R. J. What Survives of the Rational Expectations Revolution? Rational Expectations and Macroeconomics. **American Economic Review**. New York, v.74, p. 179-182, mai. 1984.
- BARTELMUS, P. Dematerialization and capital maintenance: two sides of the sustainability coin. **Ecological Economics**. United Nations, v.46, n.1, p.61-81, 2003.
- BEZERRA, Filomena Nádia Rodrigues. **Sustentabilidade da Matriz Energética Brasileira**. 2016. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Economia Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day. New Jersey, 1976.
- BRIGUGLIO, Lino. **The vulnerability index and small island developing states**: A review of conceptual and methodological issues. *In:* AIMS Regional Preparatory Meeting on the Ten Year Review of the Barbados Programme of Action: Praia, Cape Verde. 2003. Disponível em:<http://www.um.edu.mt/__data/assets/pdf_file >. Acesso em: 24 abr. 2017.
- BRUNTLAND, G.H. **Our common future**. London: Osfor University Press, 1987.

- BUTTEL, Frederick H. How epoch making are high technologies? The case of biotechnology. In: **Sociological Forum**. Springer Netherlands, 1989. p. 247-261.
- CABELL, J. F., OELOFSE, M. An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. **Ecology and Society**. v. 17, p. 13, 2012.
- CAGAN, Philip. Monetary Dynamics of Hyperinflation. In: FRIEDMAN, M. (Ed.). **Studies in the Quantity Theory of Money**. University of Chicago Press, Chicago, Illinois. 1956.
- CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C. **Secas no Nordeste do Brasil**: Origens, Causas e Soluções. Foz do Iguaçu. v. 4, 2001. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication>>. Acesso em: 11 jun. 2017.
- CAMPOS, K.K; PIACENTI, C.A. **Agronegócio do Leite**: Cenário atual e perspectivas. In: SOBER, v. 45, p. 1-19, 2007, Londrina.
- CARPENTER, Stephen; BENNETT, Elena; PETERSON, Garry. Scenarios for ecosystem services: an overview. **Ecology and Society, USA**. v. 11, p. 14, mar. 2006.
- CENSO AGROPECUÁRIO/IBGE. **Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**, Rio de Janeiro. ISSN 0103-6157, 2006. 778 p.
- COCHRANE, J.H. **Time series for macroeconomic and finances**. Chicago. Graduate School of Business. University of Chicago. 1997. Disponível em: <<http://www.bseu.by/russian/faculty5/stat/docs/4/Cochran,TimeSeries.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2017.
- CORRÊA, C. C. *et al.* **Dificuldades enfrentadas pelos produtores de leite**: um estudo de caso realizado em um município de Mato Grosso do Sul. **Anais 48º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. Campo Grande, MS, 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/15/935.pdf>> Acesso em: 12 jun. 2017.
- DÊSCHENES, O.; GREENSTONE, M. The economic impacts of climatechange: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. **The American Economic Review**, v. 97, n. 1, p. 354-385, 2007.
- DILLON, W.; GOLDSTEIN, M. **Multivariate analysis**: methods and applications. New York: Mc Graw Hill, 1984. 435p.
- DUQUE, J. G.. **Solo e água no polígono das secas**. 5 ed. Mossoró: Fundação Guimarães Duque, 1980.
- DUYNE, Carl Van. Food prices, expectations, and inflation. **American Journal of Agricultural Economics**, p. 419-430, 1982.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Gado do Leite – Importância Econômica**. 2016. Disponível: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/pdf/986147/1/DOC402.pdf>>. Acesso em: 12 maio. 2017.

_____. **Dinâmica das áreas de pastagens no Brasil**. 2014. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **International year of rice**. 2004. Disponível em: <www.fao.org/rice2004/en/rice/-us.htm>. Acesso em: 18 dez. 2017.

FÁVERO, L. P.; BELFIONE, P.; SILVA, F.L.; CHAN, B.L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. 2 ed. Rio de Janeiro. Elsevier Editora Ltda, 2009. p. 641.

FERNANDES, R. T. **Condições socioeconômicas e degradação ambiental dos recursos naturais no município de Vitória do Mearim/Ma**. 2005. 114f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2005.

FREITAS, A.P. **Investigação sobre a influência das expectativas dos agentes econômicos em indicadores brasileiros**. 2016. 99f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

FISHER, I. **The Theory of Interest**. New York: Macmillan. 1930.

FOLHES, Marcelo Theophilo.; DONALD, Nelson. Previsões tradicionais de tempo e clima no Ceará: O conhecimento popular à serviço da ciência. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, v. 19, p. 19-31, dez. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v19n2/a02v19n2>>. Acesso em: 02 mar. 2017.

FREITAS, C. A. *et al.* Análise de aspectos técnicos da pecuária de leite gaúcha: uma abordagem econométrica. In: **XLIII CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**. Ribeirão Preto, v. 48, p; 2005.

FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos**. 2017. Disponível em: <<http://www.funceme.br/app/calendario/produto/ceara/media/anual>> Acesso em: 02 mar. 2017.

_____. **Perguntas mais frequentes**. 2013. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/comunicacao/noticias/496-perguntas-mais-frequentes>>. Acesso em: 02 mar. 2017.

FURTADO, C. **O mito do desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology: The ecology of sustainable food system productions**. Boca Roton, Florida, USA, 2001. Third Edition. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books>> Acesso em: 11 abr. 2017.

GOUVÊA, J. R. F. **Mudanças climáticas e a expectativa de seus impactos na cultura da cana-de-açúcar na região de Piracicaba, SP**. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, 2008.

GOMES, S.T. *et al.* Gerenciamento Rural e Gestão da Qualidade em Empresas Rurais Produtoras de Leite. **Anais**, Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, v. 15, 2002.

GOMIDE, C.A.M.; PACIULLO, D.S.C. Exploração intensiva de gramíneas tropicais para produção de leite. In: MOREIRA, M.S.B.; BERNADO, W.F. (Org.) **Conceitos técnicos e econômicos para a sustentabilidade da bovinocultura leiteira na Zona da Mata Mineira**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2011. 173p.

GUERRA, A. J. T. Encostas e a questão ambiental (Cap. 6). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs). **A questão ambiental – diferentes abordagens**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2003.

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. 5. ed. São Paulo: Makron Books, 2011.

HAIR Jr. J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HICKS, J. R. **Value and Capital**. Second edition, Oxford University Press. 1946.

HIRSCH, A. A; LOVELL, M.C. Sales **Anticipation and Inventory Behavior Hardcover**. December, 1969.

HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.4, p.1-23, 1973.

HORRIGAN, Leo; LAWRENCE, Robert S.; WALKER, Polly. How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. **Environmental health perspectives**, v. 110, n. 5, p. 445, 2002.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015

_____. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2006>. Acesso em: 15 jun. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATEGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE).2016. **Boletim da Conjuntura Econômica Cearense**. 4º trimestre 2016. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/ipece_conjuntura/IPECE_CONJUNTURA_N4_4_trim2016.pdf. Acesso em: 10 jun. 2017

_____.2016. **PIB do Ceará na Ótica da Produção - 2010-2013**. Agosto de 2016. Disponível em:

<http://www.ipece.ce.gov.br/estudos_economicos/pib/PIB_do_Ceara_Producao_2010_2013_Agosto_2016.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2017

KHAN, A. S.; CAMPOS, R. T. Efeitos das secas no setor agrícola do Nordeste. In: GOMES, G.M, *et al.* (Org.). **Desenvolvimento sustentável no Nordeste**. Brasília, DF: IPEA, 1995, p. 175-193.

- KAIMOWITZ, D. 2008. The prospects for Reduced Emissions from Deforestation and Degradation (REDD) in Mesoamerica. **International Forestry Review**. v. 10 (3), 2008. Disponível em: <http://www.cifor.org/publications/pdf_files/articles/akaimowitz0801.pdf>. Acesso em: 09 jun.2017.
- LEITE, S., P.; SILVA, C.R.; HENRIQUES, L., C.. Impactos ambientais ocasionados pela agropecuária no Complexo Aluizio Campos. **Revista Brasileira de Informações Científicas, Belo Horizonte**, v.2, n.2, p.59-64, 2011.
- LEMOS, José de Jesus Sousa. Preços agrícolas e expectativas inflacionárias: o caso brasileiro. **Revista de economia e sociologia rural**, Fortaleza, v. 27, n. 2, p. 153-172, 1989.
- _____. **Pobreza e vulnerabilidades induzidas no Nordeste e no Semiárido brasileiro**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2015 (TESE DE CONCURSO PÚBLICO PARA PROFESSOR TITULAR). Disponível em: <<http://www.lemos.pro.br/wp-content/uploads/TESE-MONTADA-PARA-O-SITE.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2017
- _____. **Sustentabilidade da Produção Agrícola Familiar de Alimentos na Amazônia Maranhense: Os casos dos Municípios de Vitória do Mearim e Zedoca**. In 55º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Santa Maria, 2017.
- _____. **Mapa da Exclusão Social no Brasil: Radiografia de um País Assimetricamente Pobre**, 3º ed. Revisada e atualizada. Fortaleza. Banco do Nordeste do Brasil., 2012. p. 253.
- _____. *et al.* **Pluviometria e Produção de Leite no Ceará: Uma Análise Do Período Entre 1974 e 2014**. Encontros Universitários da UFC, Fortaleza, v. 1, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/Ricardo%20Notebook/Downloads/18231-43159-1-PB.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2017
- LEMOS, J.J.S; FERREIRA, U.C.Q; BOTELHO, D.C. **Irregularidade Pluviométrica Impactando a Agricultura Familiar no Semiárido do Nordeste: Estudos de caso para o Ceará**. Fortaleza, 2017.
- LEMOS, J. J. S.; BRANDÃO, R. J. B.; LOPES, J. R. **Qualidade de vida nos municípios do Nordeste em relação aos municípios do Brasil: fundamentos para o planejamento do desenvolvimento sustentável da região**. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 30, n. 3, p. 316-335, set.1999.
- LEVIN, S. A. *et al.* Resilience in natural and socioeconomic systems. **Environment and Development Economics**, Cambridge, v.3, n.2, p.222-235, 1998.
- LIRA, J. S. **Resiliência da Agricultura Familiar no Nordeste brasileiro**. 2016. 82f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Economia Rural_ - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, Ceará. 2016.
- LUCAS, R. E. Jr. Expectations and the Neutrality of Money. **Journal of Economic Theory**, April, 1972.

LUCAS, R.E. Jr. *Econometric Policy Evaluation: A Critique*. In: K. Brunner e A. Meltzer (eds.) **The Phillips Curve and Labor Markets**. Amsterdam: North-Holland. Carnegie-Rochester Series on Public Policy. 1976.

LUCAS, Robert E. Jr. **Models of Business Cycles**. Oxford: Basil Blackwell, 1987.

MADDALA, G.S. **Introduction to econometrics**. 2 ed. Nova York. Macmillan, 1992.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting methods and applications**. 3. ed. New York: John Wiley ; Sons, 1998.

MESQUITA, Daiane Felix Santiago. **Vulnerabilidades das lavouras de sequeiro no Semiárido Brasileiro**. 2016. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Economia Rural) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

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

MUTH, John A. "Rational Expectations and the Theory of Price Movements." **Econometrica** vol. 29, no. 6 (1961): 315–335.

PAEHLKE, Robert. Towards defining, measuring and achieving sustainability: tools and strategies for environmental valuation. **Sustainability and the Social Sciences**, Zed Books, London, 1999.

PEDREIRA, M. dos S.; PRIMAVESI, O.; **Impacto da produção animal sobre o ambiente**. Embrapa Pecuária Sudeste-Capítulo em livro técnico-científico. 2006.

PEREIRA, R. A. Semiárido brasileiro: um histórico de secas e degradação socioambiental. **Revista de História Regional**, Natal, v. 17, n. 1, p. 135-161, 2012.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. Coping with water scarcity. Paris: UNESCO, IHP-VI, **Technical Documents in Hidrology**, 58, 2002.

PIMM, S. L. The complexity and stability of ecosystems. **Nature**, v.307, p.321-326, 1984.

_____. **The balance of nature?:** Ecological issues in the conservation of species and communities. Chicago: University of Chicago, 1991.

POZZEBON, E. J. *et al.* Demanda hídrica para agricultura irrigada e sua influência nas análises de pedidos de outorga de direito de uso da água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15. 2003, Curitiba. **Anais...** 1CD ROM.

PRETTY, J. N. **Regenerating Agriculture:** policies and practice for sustainability and self-reliance. Washington, D.C.: Joseph Henry Press, 1995.

PROJETO ARIDAS. **A strategy for sustainable development in Brazil's Northeast**. Brasília: IESEA, 1995. 220 p.

REIJNTJES, C. **Agricultura para o futuro**: uma introdução à agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos. Rio de Janeiro: AS-TA, p.324, 1994.

REIS FILHO, R.J.C, CARVALHO, A.P. **Plano de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira nas Áreas Irrigáveis do Estado do Ceará**. ADECE – Fortaleza - CE, nov.2009.

REIS FILHO, R.J.C, OLIVEIRA, F.Z. **Opções de produção de alimentos para a pecuária de Pernambuco - Uso das áreas irrigadas**. Fortaleza – CE, 2014. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2017.

Relatório de atividades da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATERCE. 75 p. 2006.

ROSSI, Pedro. **Regime macroeconômico e o projeto social desenvolvimentista**. Texto para discussão 2029 / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília: Rio de Janeiro : Ipea , 2015.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento**: crescer sem destruir. Tradução de E. Araujo. São Paulo: Vértice, 1986.

_____. Desenvolvimento sustentável, bio-industrialização descentralizada e novas configurações rural-urbanas. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. **Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento**: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo: Cortez, p. 469-494, 1997.

SACHS, L. **Macroeconomia**. Rio de Janeiro: Makron Books. Edição Revisada. 1998.

SARGENT, T. J. 2008. Rational expectations. **The concise encyclopedia of economics**. Retrieved January 30, 2014, Disponível em: <<http://www.econlib.org/library/Enc/RationalExpectations.html>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

SNOWDON, B.; VANE, H. R. **Modern macroeconomics**: its origins. development and current state. Northampton, MA: Edward Elgar Publishing, 2005.

SOUZA, M. P. Agronegócio do leite: características da cadeia produtiva do estado de Rondônia. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, Porto Velho, v.1, n.1, ago. 2009. Disponível em:< <http://www.periodicos.unir.br/index.php/rara/article/view/4>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE / CONIDIS. Disponível em: <<http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

_____. **Mapa do Semiárido**. Disponível em: <<http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiariado/arquivos/mapa-semiarido-1262municipios-Sudene.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

TIMOSHENKO, S. P. **History of the strength of materials**: with a brief account of the history of elasticity and theory of structures. London: McGraw-Hill, 1953.

UN – UNITED NATIONS ENVIRONMENT MANAGEMENT GROUP. New York. 2011.

UN – UNITED NATIONS. **Assessing Human Vulnerability to Environmental Change Concepts, Issues, Methods and Case Studies**. Nairobi, Kenya, 2003

WOOLDRIDGE, J.F. **Introdução à Econometria**. São Paulo, SP. Cengage Learning. 2011

YUNES, M. A. M. Psicologia positiva e resiliência: o foco no indivíduo e na família. **Revista Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 8, p. 75-84, 2003.

YUNES, M. A. M.; SZYMANSCKY, H. Resiliência: noção, conceitos afins e considerações críticas. In J. Tavares (Ed.), *Resiliência e educação*. São Paulo: Cortez, p. 13-42, 2001.

XIMENES, L.J.F. **Predição do Lucro por mudança unitária das características produtivas e reprodutivas de bovinos leiteiros no semiárido do Nordeste**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2009 (TESE DE DOUTORADO). Disponível em: <<https://ppgzufupe.jimdo.com/banco-de-teses/teses-2009/>>. Acesso em: 10 mai. 2017

_____. **Bovinocultura leiteira no Nordeste: uso racional dos fatores de produção para maiores lucratividade e rentabilidade**. Informe Rural ETENE. Ano VIII, n.2, 2014.

ANEXO A – INSUS CEARÁ 1974 A 2016 *(Continua)*

<u>ANO</u>	<u>INSUS</u>
1974	52,40
1975	57,02
1976	60,37
1977	60,50
1978	65,42
1979	60,69
1980	61,63
1981	60,30
1982	60,32
1983	47,60
1984	60,15
1985	55,42
1986	66,67
1987	76,33
1988	78,72
1989	77,57
1990	73,79
1991	88,97
1992	79,96
1993	59,83
1994	76,04
1995	76,36
1996	83,03
1997	82,30
1998	70,11
1999	80,63
2000	77,91
2001	71,96
2002	79,54
2003	78,77
2004	75,00
2005	72,85
2006	75,90
2007	72,00
2008	72,00
2009	66,06
2010	65,69
2011	68,08

ANEXO 01 – INSUS CEARÁ 1974 A 2016 (*Conclusão*).

<u>ANO</u>	<u>INSUS</u>
2012	59,93
2013	65,41
2014	66,40
2015	67,60
2016	70,92
TGC (% a.a.)	0,28
Desvio Padrão	9,23
Média	69,26
CV (%)	13,32
Mínimo	47,60
Máximo	88,97

Fonte: Valores estimados a partir dos dados da pesquisa.