



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

**GÉRCIA CUNHA DE LIMA**

**MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL**

**FORTALEZA**

**2022**

GÉRCIA CUNHA DE LIMA

MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará (PPGER/UFC), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia Rural. Área de concentração: Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural Sustentável.

Orientador: Profº Drº Kilmer Coelho Campos.

FORTALEZA

2022

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)

---

L698m Lima, Gércia Cunha de.  
Modernização agrícola na região Nordeste do Brasil / Gércia Cunha de Lima. –  
2022. 68 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,  
Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos.

1. Modernização agrícola. 2. PRONAMP. 3. Nordeste. I. Título.

CDD 338.1

---

GÉRCIA CUNHA DE LIMA

MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará (PPGER/UFC), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia Rural. Área de concentração: Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural Sustentável.

Aprovada em: 26/05/2022.

BANCA EXAMINADORA

---

Profº Drº Kilmer Coelho Campos (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profº Drº. Roberio Telmo Campos  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profº Drº Carlos Alberto Piacenti  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por sua proteção e amor incondicional, por ter-me dado saúde, força e coragem para enfrentar as adversidades da vida, superando-as.

Aos meus pais, Geraldo Alves de Lima e Francisca Gláucia Cunha de Lima, e minha irmã, Glícia Cunha de Lima, pelo amor, pela paciência, pelo incentivo e pelo suporte indispensável em cada momento. Sou grata pela vida que me deram, pelas experiências e pelas escolhas que me proporcionaram, pois foram essenciais para a formação de meu ser. Família, esta vitória pertence muito mais a vocês do que a mim.

À Universidade Federal do Ceará, bem como ao seu corpo docente pelos conhecimentos compartilhados, os quais foram essenciais para a minha formação acadêmica e profissional.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup>. Kilmer Coelho Campos pela orientação, pelos saberes partilhados, pela paciência e pelas contribuições para a realização desta dissertação.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Roberio Telmo Campos e ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Carlos Alberto Piacenti, pela honra do convite aceito para participarem de minha banca de defesa.

A todos que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural.

Agradeço, também, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro concedido durante o período de curso.

Agradeço aos meus colegas de turma, em especial à Ana Cléssia Lima e à Analice Sampaio, pela convivência e pelos momentos de alegria e aprendizado.

À Gislayne Alves, que sempre me ajudou e me apoiou nessa trajetória, gratidão pela amizade, pelo companheirismo e pelo cuidado. Sou grata pela afeição, pela solidariedade nos momentos de angústias, brincadeiras e verdadeira amizade consolidada.

Ao Ediglê Alcântara, que me aproximei na reta final do mestrado, sou grata pelo companheirismo, por torcer por mim e me ajudar nos momentos difíceis.

À Francisca Naiara Ires e ao Odalice Sampaio pelo apreço, pela convivência e pela ajuda perante os obstáculos desses últimos anos. Vocês tornaram esse período mais leve.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o meu desempenho acadêmico durante o Mestrado em Economia Rural, e, conseqüentemente, para a realização deste trabalho. Meus mais sinceros agradecimentos.

## RESUMO

A modernização da agricultura no Brasil não ocorreu de maneira homogênea entre as regiões, pois, no Sul e Sudeste, o processo foi mais rápido do que no Nordeste, onde o desenvolvimento agrícola foi marcado por práticas tradicionais. O conceito de modernização é bem amplo, podendo ser definido como a intensificação da base técnica e utilização de equipamentos produzidos, industrialmente, como tratores, adubos, inseticidas etc. As políticas públicas voltadas para a agricultura objetivam propiciar o crescimento da atividade rural e melhorias nos níveis de renda e emprego, com destaque para as modalidades de crédito disponíveis, sobretudo, o Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP). O PRONAMP destina-se aos médios produtores rurais, posseiros ou arrendatários com renda bruta anual de até dois milhões de reais, que, no mínimo 80%, origina-se de atividades agropecuárias ou extrativas vegetais, apoiando investimentos para construção, ampliação e modernização de infraestruturas necessárias à dinamização da economia rural. A presente dissertação é constituída de dois ensaios. O primeiro, denominado “Índice de modernização agrícola na região Nordeste”, tem por objetivo construir um Índice de Modernização Agrícola (IMA) a fim de verificar os condicionantes da modernização nos municípios nordestinos. Para isso, foram utilizados os dados do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE) e aplicada a Análise Fatorial e a de *Clusters* para encontrar os indicadores associados à atividade agrícola, agrupando os municípios similares segundo o IMA. Os resultados evidenciam que 84,90% dos municípios analisados possuem uma baixa propensão à modernização agrícola. Apenas 1,25% apresentaram um índice considerado bom. O segundo ensaio, intitulado “Análise das relações entre o Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP) e a modernização agrícola no Nordeste do Brasil”, tem como proposta analisar as relações de um conjunto de indicadores vinculados à modernização da agricultura nordestina e outro relativo ao PRONAMP. Aplicou-se a Análise de Correlação canônica aos dados do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE). Os resultados evidenciam uma relação entre os grupos e a necessidade de quatro correlações canônicas. O índice de redundância demonstrou que 44,80% da variância do conjunto de variáveis de modernização é explicada pelos indicadores relativos ao PRONAMP, sendo a primeira correlação responsável por 34,05% dessa variância. Dessa forma, espera-se que a gestão governamental invista em políticas que reduzam as disparidades entre as localidades, estimulando a utilização de sistemas de irrigação e equipamentos apropriados com o intuito de melhorar o processo de modernização da região.

**Palavras-chave:** modernização agrícola; pronamp; nordeste.

## ABSTRACT

The modernization of agriculture in Brazil did not occur homogeneously between the regions, in the South and Southeast, this process was faster than in the Northeast, since agricultural development was marked by traditional/rudimentary practices. The concept of modernization is very broad, and can be defined as the intensification of the technical base and use of industrially produced equipment, such as tractors, fertilizers, insecticides, etc. Public policies aimed at agriculture aim to promote the growth of rural activity and improvements in income and employment levels, among the available credit modalities is the National Program for Support to Rural Medium Producers (PRONAMP). PRONAMP is intended for medium-sized farmers, squatters or tenants with annual gross income of up to 2 million reais, of which at least 80% originate from agricultural or plant extractive activities and seek investments for the construction, expansion and modernization of infrastructure necessary to boost the rural economy. This dissertation is addressed in two essays. The first so-called "Agricultural Modernization Index in the Northeast" region aims to build an Agricultural Modernization Index (IMA) in order to verify the conditions of modernization in northeastern municipalities, for this, data from the Agricultural Census of 2017 (IBGE) and applied Factor analysis and Clusters were applied to find the indicators associated with agricultural activity and group similar municipalities according to the IMA. The results show that 84.90% of the analyzed municipalities have a low propensity to agricultural modernization and only 1.25% had an index considered good. The second essay, entitled "Analysis of the relations between the National Rural Producer Support Program (PRONAMP) and agricultural modernization in northeastern Brazil", aimed to analyze the relationships between a set of indicators related to the modernization of northeastern agriculture and another related to PRONAMP. The analysis of canonical correlation was applied to data from the 2017 Agricultural Census (IBGE). The results showed a relationship between the groups and the need for four canonical correlations to describe it. The redundancy index showed that 44.80% of the variance of the set of modernization variables is explained by the indicators related to PRONAMP, and the first correlation is responsible for 34.05% of this variance. Thus, it is expected that government management will invest in policies that equalize the disparities between localities, stimulating the use of irrigation systems, appropriate equipment and the increase of the area explored in order to improve the modernization process of the region.

**Keywords:** agricultural modernization; pronamp; northeast.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição das variáveis.....	27
Quadro 2 – Indicadores de modernização agrícola.....	48
Quadro 3 – Indicadores relacionados ao PRONAMP.....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas descritivas dos 881 municípios da região Nordeste.....	29
Tabela 2 – Estatísticas descritivas dos estados do Nordeste.....	31
Tabela 3 – Autovalores e variância explicada pelos fatores de modernização agrícola....	32
Tabela 4 – Cargas fatoriais após a rotação e comunalidades.....	33
Tabela 5 – Índice de Modernização Agrícola (IMA) médio para os estados do Nordeste	36
Tabela 6 – Agrupamento de municípios segundo o IMA.....	37
Tabela 7 – Estatísticas descritivas dos municípios da região Nordeste.....	50
Tabela 8 – Estatísticas descritivas dos estados do Nordeste.....	52
Tabela 9 – Coeficientes de correlação simples entre os indicadores relacionados ao PRONAMP e a modernização agrícola.....	53
Tabela 10 – Testes de significância das correlações canônicas em conjunto.....	54
Tabela 11 – Teste de Lambda Wilk's individual para cada correlação canônica.....	54
Tabela 12 – Coeficientes padronizados das variáveis canônicas.....	55
Tabela 13 – Cargas canônicas.....	56
Tabela 14 – Cargas canônicas cruzadas.....	58
Tabela 15 – Medidas de redundância (MR) .....	59
Tabela 16 – Escores canônicos para as quatro dimensões estatisticamente significantes....	59

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>ÍNDICE DE MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO NORDESTE.</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>A modernização agrícola no Brasil.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.1</b>	<i>A trajetória de modernização agrícola.....</i>	<i>18</i>
<b>2.2.2</b>	<i>Estudos empíricos.....</i>	<i>21</i>
<b>2.3</b>	<b>Metodologia.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.1</b>	<i>Identificação de fatores relacionados à modernização agrícola.....</i>	<i>22</i>
<b>2.3.2</b>	<i>Elaboração do Índice de Modernização Agrícola (IMA) .....</i>	<i>24</i>
<b>2.3.3</b>	<i>Agrupamento de municípios semelhantes quanto ao IMA.....</i>	<i>25</i>
<b>2.3.4</b>	<i>Natureza e fonte de dados.....</i>	<i>27</i>
<b>2.4</b>	<b>Resultados e discussão.....</b>	<b>28</b>
<b>2.4.1</b>	<i>Caracterização de indicadores para os estados do Nordeste.....</i>	<i>28</i>
<b>2.4.2</b>	<i>Identificação e análise de fatores relacionados à modernização agrícola na região Nordeste do Brasil.....</i>	<i>31</i>
<b>2.4.3</b>	<i>Cálculo do IMA e agrupamento de municípios semelhantes.....</i>	<i>35</i>
<b>2.5</b>	<b>Considerações finais.....</b>	<b>38</b>
<b>3</b>	<b>ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE O PROGRAMA NACIONAL DE APOIO AO MÉDIO PRODUTOR RURAL (PRONAMP) E A MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA NO NORDESTE DO BRASIL.....</b>	<b>40</b>
<b>3.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>40</b>
<b>3.2</b>	<b>Referencial teórico.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.1</b>	<i>Contextualização de políticas de crédito agrícola: Programa de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP) .....</i>	<i>42</i>
<b>3.2.2</b>	<i>Estudos empíricos.....</i>	<i>44</i>
<b>3.3</b>	<b>Metodologia.....</b>	<b>46</b>
<b>3.3.1</b>	<i>Análise das relações entre o PRONAMP e a modernização agrícola.....</i>	<i>46</i>
<b>3.3.2</b>	<i>Natureza e fonte de dados.....</i>	<i>48</i>
<b>3.4</b>	<b>Resultados e discussão.....</b>	<b>49</b>
<b>3.4.1</b>	<i>Caracterização de indicadores para os estados do Nordeste.....</i>	<i>49</i>
<b>3.4.2</b>	<i>Análise das relações entre o PRONAMP e a modernização agrícola.....</i>	<i>53</i>

3.4.2.1	<i>Grau de correlação canônica entre os grupos de variáveis.....</i>	53
3.4.2.2	<i>Contribuições e correlações entre variáveis originais e canônicas.....</i>	55
3.4.2.3	<i>Influência dos indicadores relacionados ao PRONAMP sobre a modernização da agricultura no Nordeste do Brasil.....</i>	57
<b>3.5</b>	<b>Considerações finais.....</b>	60
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	62
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	64

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de desenvolvimento do Brasil foi, fortemente, marcado pelas ações de progresso no setor primário. No entanto, somente a partir das décadas de 1960 e 1970, a agricultura passou a impulsionar a evolução da indústria brasileira, uma vez que o grande fluxo migratório e o aumento da população urbana tornaram necessárias melhorias nas atividades agrícolas, com o intuito de suprir a necessidade da produção de alimentos (SOUZA, 2009). O conceito de modernização da agricultura apresenta divergências entre os vários pesquisadores que discorrem sobre o tema. Alguns autores consideram que houve um aprofundamento das relações entre os setores econômicos a partir da consolidação e intensificação da base técnica e constante uso de equipamentos produzidos industrialmente, como tratores, adubos químicos, inseticidas etc. (SANTOS, 2015; REBELLO; SANTOS; HOMMA, 2015; TEIXEIRA, 2005). Outros apontam para a melhoria do processo produtivo como um todo em virtude das modificações ocorridas nas relações sociais de produção (SOUZA e KHAN, 2001).

Conforme Souza e Lima (2003) e Martins, Campos e Lima (2014), a modernização do setor primário ocorreu de forma heterogênea nas regiões brasileiras, visto que o emprego de tecnologias e insumos modernos beneficiaram, basicamente, o Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Costa *et al.* (2012) entendem que o Norte e o Nordeste não contaram com os mesmos incentivos produtivos e condições favoráveis para inovações. Logo, uma atenção especial deve ser dada a essas regiões que se apoiaram em técnicas agrícolas tradicionais e de baixa produtividade, diferenciando-as, drasticamente, do desempenho observado no restante do país. Bittencourt (2003) e Leite (2001) evidenciaram que as mudanças significativas ocorridas na agricultura brasileira beneficiaram, principalmente, os médios e grandes produtores. Já Teixeira (2005) esclarece que as pequenas propriedades foram suprimidas do processo de modernização em decorrência dos altos custos de produção, uma vez que os insumos que antes eram produzidos na propriedade rural passaram a ser produzidos por setores não agrícolas.

Madeira *et al.* (2019) afirmam que a modernização agrícola nordestina decorreu, em grande parte, dos ganhos na produtividade dos fatores terra e trabalho, da ocupação de novas áreas e da adoção de insumos e métodos modernos. Entretanto, conforme Furtado (2013), a produção agrícola apresenta ainda inúmeras objeções, em sua maioria, relacionadas a aspectos estruturais, tais como a elevada concentração fundiária e a baixa produtividade herdada das bases coloniais. Castro (2013) acrescenta que essas objeções se devem, ainda, a fatores climáticos, carência tecnológica marcada pela utilização de técnicas defasadas e dificuldades na aquisição de financiamentos, indispensáveis para o desenvolvimento agrícola. Assunção e

Chein (2007) argumentam que essas dificuldades são produtos das burocracias impostas pelo sistema bancário e pela restrição ao crédito rural. Por sua vez, Dias (2020) confirma que o acesso ao financiamento se dá sob diversas limitações, como a baixa difusão de informações, a ausência de direitos de propriedade bem definidos e os altos custos para os demandantes.

Historicamente, o crédito foi o instrumento central das políticas agrícolas e, comumente, é retratado por seus benefícios, uma vez que promove avanços no desenvolvimento social e econômico ao proporcionar ganhos de produtividade e melhorias nos níveis de renda (ANTÃO; CAMPANHOLO, 2011). Com esse propósito, o Governo Federal disponibilizou diversos órgãos e programas de apoio às propriedades rurais, tais como o Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), Programa de Modernização da Agricultura e Conservação de Recursos Naturais (MODERAGRO) etc. Diante da necessidade de promover o aperfeiçoamento das atividades rurais e proporcionar o aumento da renda familiar, além da geração de empregos no campo, em junho de 2010, foi criado o Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP). Destinado aos médios produtores rurais, posseiros e arrendatários, esse programa buscou promover investimentos para construção, reforma, ampliação e modernização de infraestruturas e serviços necessários à dinamização da economia rural (BNDES, 2020).

Mediante a esse contexto, dois ensaios sobre o tema da modernização agrícola constituem o presente trabalho. Procura-se, assim, contribuir com a literatura sob a perspectiva dos aspectos regionais, pois os estudos acadêmicos existentes até agora, em sua maioria, focam na análise dos estados da federação brasileira.

O primeiro ensaio tem por objetivo criar o Índice de Modernização Agrícola (IMA) da região Nordeste do Brasil, assim como identificar, estratificar e classificar os municípios conforme os seus graus de similaridade quanto ao progresso tecnológico. Considerando que não existem evidências empíricas que relacionem os objetivos e as metas do PRONAMP com a efetividade de adoção das modernas técnicas produtivas, a pesquisa que fundamenta este trabalho contribui para examinar se o referido programa promoveu ações de desenvolvimento e melhorias na infraestrutura e nos serviços essenciais com vistas ao crescimento da economia regional. O segundo ensaio busca quantificar a relação existente entre o PRONAMP e a modernização da agricultura nordestina.

## 2 ÍNDICE DE MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO NORDESTE

A modernização da agricultura no Brasil não ocorreu de maneira uniforme entre as regiões. No Sul e Sudeste, esse processo foi mais rápido do que no Nordeste. Este ensaio tem por objetivo construir um Índice de Modernização Agrícola (IMA) a fim de verificar os condicionantes da modernização nos municípios nordestinos. Para isso, foram utilizados dados do Censo Agropecuário de 2017, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e aplicado a Análise Fatorial e a de *Clusters* a fim de encontrar os indicadores agrícolas e agrupar os municípios semelhantes segundo o IMA.

### 2.1 Introdução

O território brasileiro está, constantemente, sendo transformado, sobretudo, após a evolução de técnicas e equipamentos, ocorrida entre as décadas de 1960 e 1970, em um processo conhecido como Revolução Verde<sup>1</sup> (BECKMANN; SANTANA, 2019). Nesse sentido, a produção agrícola destacou-se ao longo dos anos em razão da crescente demanda pelo progresso tecnológico, essencial para o desenvolvimento da agricultura. A disponibilidade de insumos modernos e sistemas eficientes de correção de solos contribuíram para o aumento da produtividade da terra, do trabalho e do capital (CUNHA *et. al.*, 2008).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (2017), o Brasil é um dos países com maior crescimento de produtividade. O rendimento da atividade rural aumentou 4,28% entre 2006 e 2010, seguido pela China (3,25%) e pelo Chile (3,08%). Como menciona o estudo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2018), nos últimos 40 anos, o Brasil saiu da situação de importador de alimentos para se tornar fornecedor mundial. Ao considerar a agricultura, a tecnologia contribuiu, fortemente, para o aumento da eficiência produtiva. Entre 1975 e 2015, os avanços tecnológicos foram responsáveis por 59% do valor bruto da produção, enquanto o trabalho e a terra, por 25% e 16%, respectivamente.

O setor agrícola destaca-se na economia regional nordestina, em que 82,6% da mão de obra do campo se destina à agricultura familiar. No entanto, a participação da agricultura do Nordeste ainda é baixa se comparada a outras regiões. Em 1955, apenas 13,6% da região participava do Produto Interno Bruto (PIB) agropecuário do país, ao passo que as regiões Sul

---

<sup>1</sup> A Revolução Verde originou-se após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) na tentativa de amenizar a fome em países da África Subsaariana e Ásia Meridional. Consiste em aplicar modernas técnicas agrícolas com o intuito de aumentar a produtividade no campo (ANDRADES; GANIMI, 2007).

(30%) e Sudeste (41,8%) detinham mais de 70% do montante do agronegócio brasileiro. Dentre os fatores responsáveis por limitar o desenvolvimento desse setor na região, encontram-se as questões edafoclimáticas<sup>2</sup> e o problema da seca, característico do Semiárido (CASTRO, 2013).

Em 2016, o Brasil ocupou a terceira posição em maior valor bruto da produção agropecuária, com US\$ 233 bilhões, atrás apenas da China e dos Estados Unidos. No período compreendido entre 2006 e 2017, houve um aumento de 53% no PIB agropecuário brasileiro, passando de R\$ 305 bilhões para R\$ 465 bilhões. O Sudeste permaneceu como a principal região agropecuária, considerando o valor absoluto da produção, seguido pelo Centro-Oeste e Sul. As duas regiões com as maiores ampliações de produtividade agropecuária foram o Centro-Oeste e o Norte, respectivamente, com 133% e 86% de acréscimo. Já o Nordeste, apresentou um decréscimo de 0,9% entre os respectivos anos (SAMPAIO; GIRARDI; ROSSINI, 2020).

Souza e Khan (2001) afirmam que a modernização da agricultura não aconteceu de maneira homogênea entre as regiões brasileiras, beneficiando, principalmente, o Sul e o Sudeste. No Nordeste, o desenvolvimento ocorreu de forma lenta e foi marcado pela prática da agricultura tradicional. Tonneau, Aquino e Teixeira (2005) verificaram que, nos últimos 30 anos, a região Nordeste passou por profunda reestruturação econômica, tornando-se pouco competitiva no setor agropecuário. A situação é ainda mais grave em áreas de clima semiárido, cuja crise, vinculada ao sistema “algodão-pecuária bovina”, foi responsável pela queda de 28% para 21%, na participação de regiões semiáridas no PIB nordestino.

Nessa região, a prática da agricultura é variada, seja em relação às culturas plantadas e/ou ao nível tecnológico empregado na produção. A cana de açúcar é o principal cultivo em Alagoas, Pernambuco e Bahia. Destacam-se, também, os plantios de algodão no Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte e soja na Bahia e no Maranhão (EMBRAPA, 2018). No sertão, predomina a agricultura de subsistência. Costa *et al.* (2012) classificaram os estados do Norte e Nordeste como àqueles que têm baixo nível de modernização, principalmente, em relação ao uso de tecnologia e produtividade da mão de obra, logística e transporte, em decorrência da elevada concentração fundiária e das diferenças históricas entre essas e as demais regiões brasileiras.

Desse modo, a inclusão de inovações tecnológicas pode alterar as condições técnico-econômicas dos estados e contribuir para o aumento da produtividade agrícola do país, visto que o emprego de técnicas modernas no setor primário induz a consideráveis modificações produtivas no campo. Assim, a constituição de novos complexos industriais gera uma nova

---

<sup>2</sup> Refere-se a características do clima, relevo, temperatura e precipitação pluvial. No semiárido, a precipitação pluviométrica é, em média, inferior a 800 mm por ano (CASTRO, 2013).

configuração socioeconômica para o meio rural, sendo de extrema importância conhecer os aspectos que propiciam o progresso da agricultura no Nordeste.

Na literatura, ainda não existem estudos que tratem de diferenciar o grau de modernização da agricultura nordestina, pois consideram apenas um ou outro estado. Em vista disso, o presente estudo propõe criar o Índice de Modernização Agrícola (IMA) do Nordeste, estratificando os municípios em grupos homogêneos. Especialmente, objetiva-se elaborar um *ranking* estatístico dos estados nordestinos, identificando os fatores comuns relacionados às características de seus municípios e agrupá-los conforme os indicadores de modernização selecionados. Para atingir o objetivo proposto, foram utilizados os dados do Censo Agropecuário de 2017, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e foram aplicadas a Análise Fatorial e a de *Clusters*. Assim, tornou-se possível resumir as informações disponíveis em um número de fatores de maneira a explicar o processo de modernização da região e classificar os municípios, conforme propensão ao progresso tecnológico (SANTANA *et al.*, 2014).

Este trabalho é dividido em cinco seções. Logo após a presente seção, a seguinte apresenta uma contextualização histórica a respeito da modernização da agricultura, além da revisão da literatura sobre o tema. Na terceira seção, são detalhados os procedimentos metodológicos adotados, como a descrição da técnica multivariada e a fonte de dados. Na quarta seção, são apresentados os resultados dessa investigação. Por fim, são apresentadas as considerações finais.

## **2.2 A modernização agrícola no Brasil**

A presente seção aborda a trajetória da modernização agrícola no Brasil e no Nordeste. Há, ainda, a exposição de alguns estudos empíricos sobre o tema deste trabalho.

### **2.2.1 A trajetória de modernização agrícola**

No Brasil, o processo de modernização originou-se na década de 1950, com as importações de meios de produção mais desenvolvidos<sup>3</sup>. No entanto, somente na década de 1960, a partir da implantação de indústrias voltadas para a produção de equipamentos e insumos, é que tal evento se consolidou no setor primário. Esse período substituiu o chamado

---

<sup>3</sup> Fertilizantes, mecanização da lavoura, seleção de sementes, etc. (TEIXEIRA,2005).

Modelo de Substituição de Importações<sup>4</sup> pela inovação na esfera agrária e pela formação do Complexo Industrial (TEIXEIRA, 2005).

Conforme Silva e Kageyama (1983), a agricultura brasileira mostrou um grande dinamismo estrutural devido à ampliação da produção agrícola, à abertura do mercado interno para produção industrial, à incorporação de novas áreas, antes isoladas, e à produção que integrou à economia nacional. A estrutura fundiária caracteriza-se pelo aumento do grau de exploração da terra. Na década de 1970, o processo de modernização tecnológica da agricultura foi marcado pela *quimificação* – caracterizado pelo aumento do uso de fertilizantes e defensivos químicos –, mecanização – com tecnologias que elevam o número de tratores, associado à política de crédito rural a juros subsidiados e ganhos de produtividade da terra e do trabalho.

O avanço da indústria e da urbanização tornou necessária a modernização do setor agrário com a finalidade de produzir alimentos e produtos para exportação capazes de equilibrar a balança comercial do país. Entretanto, a exportação não aumentou de maneira satisfatória e a agricultura não produziu, à época, alimentos e matérias-primas capazes de suprir a demanda urbana, ocasionando o aumento abusivo dos preços. Logo, o Estado passou a desenvolver políticas de apoio aos produtores rurais por meio da concessão de créditos, melhorias na infraestrutura produtiva e criação de órgãos de pesquisa e assistência rural (TEIXEIRA, 2005).

O novo modelo pretendia passar da agricultura rudimentar para a mecanizada com uma base técnica moderna, além da ampliação da fronteira agrícola por meio do crédito rural subsidiado e dos programas de pesquisa agrônômica e extensão rural, executados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER), que beneficiaram mais a região Centro-Sul do que a Norte-Nordeste (SOUZA; LIMA, 2003). Teixeira (2005) considera que a tecnologia implantada se direcionou, principalmente, para a expansão do complexo industrial e não foi incorporada por pequenos produtores, os quais permaneceram marginalizados em relação aos mais modernizados.

Martine e Beskow (1987) revelaram a importância de outras políticas vigentes a partir de 1960, tais como a dos preços mínimos, do seguro rural e de subsídios, além do Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL). Essas políticas incentivaram a contração fundiária, com o favorecimento da grande produção. Paralelamente, a política de assistência técnica, criada a partir do Sistema de Empresas Brasileiras de Assistência Técnica e Extensão

---

<sup>4</sup> Conhecido como Processo de Substituição de Importações (PSI), teve início em 1930. Entende-se por *substituição de importações*, o modelo que levou ao aumento da produção interna de um país e a diminuição de suas importações, com o intuito de minimizar a dependência de capitais externos (FONSECA, 2003).

Rural (EMBRATER/ EMATER/ASTER), concentrou-se em áreas com respostas rápidas aos incentivos – nas grandes extensões rurais –, favorecendo a marginalização de produtores de baixa renda.

Como salienta Buainain (1997), no final de 1980 e início de 1990 o Complexo Industrial entra em crise, principalmente por conta das inconsistências políticas direcionadas ao setor agrícola e às ações voltadas para a estabilização monetária. Nesse contexto, deu-se início a expansão do que, hoje, é conhecido como processo de modernização da agricultura. Para Teixeira (2005), esse processo segue os moldes capitalistas ao beneficiar apenas alguns produtores, com forte tendência ao fortalecimento da monocultura. A denominada “industrialização da agricultura” vem tornando-se uma atividade nitidamente empresarial, com mercado de consumo voltando para às indústrias de equipamentos e insumos modernos.

Segundo Cabral (2006), o Nordeste foi marcado pela concentração de terra nas mãos dos grandes latifundiários. Somente, em 1958, foi criado um grupo de trabalho que daria início à Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) – responsável pela execução do “planejamento regional global”. Para Sabourin e Caron (2003), o modelo de desenvolvimento aliava modernização e emprego ao apoiar à agricultura comercial e promover a modernização de pequenas unidades agrícolas em empresas rurais.

Alguns fatores constituem limitações ao desenvolvimento agrícola no Nordeste. Um primeiro entrave refere-se à questão ambiental, ou seja, a convivência com o problema da seca, uma vez que boa parte das atividades agrícolas não se desenvolvem em um ecossistema frágil. Existe, ainda, a escassez hídrica e os solos que são, em sua maioria, pobres em nutrientes. Outro empecilho ao desenvolvimento da agricultura nordestina diz respeito à tecnologia defasada e pouco produtiva empregada nas atividades. Combinada à carência tecnológica, está o escasso acesso à orientação técnica por parte dos agricultores que é agravada pelo baixo nível de escolaridade destes e pela não obtenção de financiamento de crédito, principalmente devido à inadimplência de alguns agricultores e à burocracia bancária (CASTRO, 2013).

Diversas iniciativas podem ser tomadas para amenizar essas limitações a fim de promover o desenvolvimento e crescimento da economia agrária, a saber: melhorias na infraestrutura logística, investimentos em tecnologia, ampliação do acesso ao crédito rural e criação de programas<sup>5</sup> que promovam o uso de práticas agrícolas recomendadas para preservação do solo, como plantio em nível, rotação de culturas, etc. Essas medidas podem destacar a atividade agrícola da região, dado que 82,6% da mão de obra do campo equivale à

---

<sup>5</sup> O Programa Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC) promove a redução da emissão de gases de efeito estufa na agricultura e incentiva a adoção de técnicas agrícolas sustentáveis (CASTRO, 2013).

agricultura familiar e tem um potencial destaque para a economia nacional, visto que o Nordeste é o maior produtor nacional de banana e mandioca e o segundo maior produtor de arroz (CASTRO, 2013).

### **2.2.2 Estudos empíricos**

Os estudos referentes à modernização agrícola no Nordeste ainda são escassos. Há, apenas, alguns pontuais sobre determinados estados brasileiros. Em relação às pesquisas, estas são conduzidas de forma agregada, o que pode ser um empecilho para verificar, efetivamente, o grau de desenvolvimento municipal, bem como as variáveis que o impactam (SILVA; FERNANDES, 2005). Diversos estudos, no Brasil, abordaram a questão do desenvolvimento e da modernização da agricultura, como o de Souza e Khan (2001), por exemplo. Os autores analisaram o nível de modernização da agricultura no Maranhão. A classificação relativa dos 136 municípios do estado permitiu observar as disparidades existentes na agricultura da região, visto que um pequeno grupo de agricultores faz uso de modernas tecnologias de exploração, ao passo que um grande número de agricultores ainda utiliza técnicas rudimentares e primitivas.

Ferreira Júnior, Baptista e Lima (2004) identificaram grupos de microrregiões com níveis tecnológicos semelhantes em Minas Gerais. Os resultados revelaram diferenças significativas entre os grupos formados, com 48,5% das microrregiões com nível tecnológico abaixo da média e 83,4% inferior a 50% do nível do grupo mais modernizado. Em seus estudos, Silva e Fernandes (2005) e Beckman e Santana (2019) determinaram o grau de modernização dos municípios da região Norte e das microrregiões que compõem o MATOPIBA<sup>6</sup> e o Sudeste do Pará, respectivamente. Ambos verificaram que os locais de estudo apresentaram baixos níveis de modernização, decorrentes, principalmente, da recente expansão da fronteira agrícola e da escassez de políticas públicas destinadas ao desenvolvimento da agricultura.

Costa *et al.* (2012) verificaram os fatores condicionantes da modernização agrícola no Brasil e mensuraram seu desempenho. Calcularam o Índice de Modernização Agrícola (IMA), hierarquizando os estados brasileiros em relação à agricultura. Os autores constataram que os principais fatores responsáveis pela modernização foram a utilização de novas tecnologias ligadas ao uso da terra, à mão de obra e aos setores de logística e transporte, concluindo que a intensidade do desenvolvimento se deu de maneira diferente entre as unidades federativas.

---

<sup>6</sup> Também conhecido como MAPITOBA, é a extensão geográfica que recobre, parcialmente, os territórios do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (FERREIRA JÚNIOR; BAPTISTA; LIMA, 2004).

Martins, Campos e Lima (2014) caracterizaram o processo de modernização agropecuária no Piauí e verificaram que, apenas, 7 municípios obtiveram um IMA considerado muito bom, enquanto 165 foram classificados como muito baixo. Santos e Campos (2021) analisaram o processo de modernização agropecuária nos municípios do Ceará e concluíram que mais da metade deles estão abaixo da média no que diz respeito ao nível de modernização. Apenas 5, de 164 municípios analisados, apresentaram um bom IMA. Em estudo voltado para o Rio Grande do Sul, Pinto e Coronel (2015) notaram que a modernização agrícola não apresentou disparidades entre as mesorregiões e concluíram que as regiões Sudoeste e Metropolitana do estado possuem maior propensão à modernização, ao contrário do Sudeste.

Costa Irmão (2016) analisou que fatores relacionados à deficiência logística, ao atraso tecnológico, à falta de crédito e à assistência técnica, entre outros, contribuem para que o desenvolvimento da modernização agrícola no Norte seja visto como um processo lento. Essa lentidão demanda uma atenção especial por parte dos órgãos governamentais, com políticas voltadas para o fortalecimento de pesquisas direcionadas à agricultura e aos investimentos nesse setor, além das ações relacionadas à alocação e ao uso de mecanismos eficientes para essa evolução.

## **2.3 Metodologia**

Para identificar o nível de Modernização Agrícola no Nordeste, foram selecionados os indicadores relevantes da literatura. Feito isso, os escores fatoriais, encontrados por meio da Análise Fatorial para construir um Índice de Modernização Agrícola (IMA), serviram à verificação do desempenho de cada município e possibilitaram criar grupos similares segundo o grau de modernização, mediante o uso da Análise de *Clusters*.

As técnicas adotadas neste trabalho baseiam-se em estudos realizados por Hoffman *et al.* (1989), Campos (2008), Costa *et al.* (2012), Martins, Campos e Lima (2014), Campos, Silva e Campos (2016), Beckman e Santana (2019), Madeira *et al.* (2019). Nesse sentido, parte-se do pressuposto de que a modernização apresenta um caráter multidimensional, sendo necessário um conjunto de variáveis capaz de captar o efeito desse progresso decorrente da utilização de novas tecnologias de produção, como insumos e sistemas de correção de solos.

### ***2.3.1 Identificação de fatores relacionados à modernização agrícola***

A Análise Fatorial determina as relações quantitativas entre as variáveis, associando as que apresentam padrões semelhantes (HAIR JÚNIOR *et al.*, 2005). Existem diversos

métodos para executá-las, sendo o de componentes principais o mais utilizado na literatura e, portanto, será também usado neste estudo (FÁVERO; BELFIORE, 2017). Tal técnica sintetiza as informações disponíveis em um pequeno número de fatores necessários para explicar a variância apresentada pelos dados (MINGOTI, 2005; FÁVERO *et al.*, 2009; HAIR JÚNIOR, *et al.*, 2009). A identificação dos fatores permitirá determinar as relações quantitativas entre as variáveis similares, que contribuem para o processo de modernização da agricultura.

Mingoti (2005) expõe o modelo de Análise Fatorial na seguinte forma matricial:

$$X_i = A_{ij} F_j + \varepsilon_i \quad (1)$$

Em que  $X_i = (X_1, X_2, \dots, X_p)^t$  representa o vetor de variáveis aleatórias transpostas,  $A_{ij}$  consiste em uma matriz de coeficientes fixos que demonstra a relação linear entre  $X_i$  e  $F_j$ , também denominada cargas fatoriais,  $F_1 = (F_1, F_2, \dots, F_p)^t$  trata-se do vetor de variáveis transpostas que descrevem os elementos não observáveis da amostra e,  $\varepsilon_i = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p)^t$  representa o vetor transposto dos erros aleatórios. Em detrimento das diferentes escalas em que as informações são medidas, é necessário que sejam padronizadas, formalmente:

$$Z = \frac{(X_i - \bar{X})}{S}, i=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Em que  $X_i$ , são as variáveis que serão padronizadas, e  $Z$  a variável após a padronização.  $\bar{X}$  equivale à média das observações da amostra e  $S$  o desvio padrão.

Utiliza-se o critério de raiz latente/Kaiser para extrair os fatores, com base nos autovalores<sup>7</sup> que apresentarem valores superiores a um. Para simplificar a interpretação, recomenda-se a rotação dos fatores pelo método ortogonal *Varimax* (MARTINS, CAMPOS e LIMA, 2014). Cada fator será formado por uma combinação linear das variáveis originais, cuja quantidade de informação explicada será medida pelas cargas fatoriais<sup>8</sup>. O índice da variabilidade total explicada por todos os fatores para cada indicador, também chamado de *comunalidades*, é encontrado a partir do somatório das cargas fatoriais elevadas ao quadrado:

$$h_i^2 = \sum (a_{im}^2) \quad (3)$$

As estatísticas do teste de esfericidade de Bartlett, *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) e

<sup>7</sup> Também denominado raízes características, estas representam a variância explicada por cada fator (MINGOTI, 2005; FÁVERO *et al.*, 2009; FÁVERO e BELFIORE, 2017).

<sup>8</sup> Refere-se a quantidade da variância total explicada pelo fator (FÁVERO *et al.*, 2009).

Medida de Adequação da Amostra (MSA) foram utilizadas para verificar a adequabilidade do conjunto de dados. O primeiro examina a hipótese de que a matriz de correlação é igual à matriz identidade, demonstrando que as variáveis não são correlacionadas (FÁVERO *et al.*, 2009). O segundo compara as magnitudes dos coeficientes de correlação parcial e deve compreender valores entre 0 e 1. Um KMO abaixo de 0,5 indica que a análise fatorial é inadequada (FÁVERO e BELFIORE, 2017). O MSA fornece a matriz anti-imagem, analisando a estrutura de uma variável específica em relação às demais, cujo valor da diagonal principal deverá ser maior ou igual a 0,5 para uma melhor adequação da técnica (FÁVERO *et al.*, 2009).

Em seguida, os escores fatoriais resultaram do produto entre o valor padronizado da variável  $i$ ,  $X_i$ , pelo coeficiente do escore fatorial,  $w_{ji}$ , conforme expresso abaixo:

$$F_j = \sum w_{ji} X_i \quad (4)$$

Feito isso, os municípios do Nordeste foram identificados e ranqueados conforme sua propensão a modernização, encontrada a partir do Índice de Modernização Agrícola (IMA).

### 2.3.2 *Elaboração do Índice de Modernização Agrícola (IMA)*

Deve-se verificar, após a estimação dos escores fatoriais para os municípios estudados, se estes possuem distribuição normal, com média zero e variância um. Quando apresentarem valores positivos e negativos, é necessário incluí-los somente no primeiro quadrante, de modo que as observações com escores fatoriais negativos elevados não interfiram na magnitude do índice. A padronização dos escores é feita da seguinte forma:

$$F_{ij}^* = \frac{(F_i - F_{\min})}{(F_{\max} - F_{\min})} \quad (5)$$

Em que:  $F_{ij}^*$  e  $F_i$ , são os escores fatoriais e os fatores para a  $i$ -ésima observação, respectivamente. E,  $F_{\min}$  e  $F_{\max}$ , nessa ordem, são os valores mínimos e máximos dos escores fatoriais para os municípios. A equação acima garante que os fatores utilizados sejam ortogonais (independentes) e positivos (LEMOS, 2000).

Então, a partir da aplicação da Análise Fatorial, calcula-se e constrói-se um índice de hierarquização que represente o nível de modernização agrícola nos municípios do Nordeste do Brasil. Ou seja, elabora-se um indicador correspondente a um número-índice para cada observação amostral analisada. Conforme Gama *et al.* (2007), Campos (2008) e Campos, Silva e Campos (2016), o Índice de Modernização Agrícola (IMA) é uma combinação linear entre os

escores fatoriais e a proporção da variância explicada por cada fator em relação à variância comum. Mais especificamente, é determinado pela soma dos escores fatoriais padronizados, ponderados pelas respectivas parcelas de explicação da variância total dos dados de cada fator. Algebricamente, pode ser expresso por:

$$\text{IMA}_{gj} = \sum_{j=1}^q \left( \frac{\lambda_j}{\sum \lambda_j} F_{ij}^* \right) \quad (6)$$

Em que,  $\lambda_j$ , é a variância explicada por cada fator. Ou seja, as raízes características,  $\sum \lambda_j$ , são o total da variância explicada pelos fatores comuns e,  $F_{ij}^*$ , os escores fatoriais.

### 2.3.3 Agrupamento de municípios semelhantes quanto ao IMA

A Análise de *Cluster* ou de Agrupamentos foi feita considerando o Índice de Modernização Agrícola (IMA) do Nordeste, detalhado na seção 2.3.2 do presente estudo. Com a utilização dessa técnica, o objetivo é identificar e agrupar grupos distintos de municípios nordestinos que possuem IMA semelhantes. Segundo Mingoti (2005), essa técnica classifica os elementos similares entre si, e divide-os em grupos heterogêneos, conforme as características selecionadas. Fávero *et al.* (2009) corrobora que as variáveis são agregadas em grupos homogêneos internamente, heterogêneos entre si e, mutuamente, exclusivos.

A análise de agrupamentos parte da definição sobre qual medida de similaridade ou dissimilaridade será utilizada. A similaridade recomenda que quanto maior o valor, maior a semelhança entre as observações. Já a dissimilaridade indica que as diferenças entre os elementos amostrais serão maiores, quanto maior for seu valor. No presente estudo, utilizou-se a *distância quadrática euclidiana*, cuja distância entre duas observações ( $i$  e  $j$ ) equivale à soma dos quadrados das diferenças entre  $i$  e  $j$  para todas as variáveis (CAMPOS, 2008). Formalmente:

$$d_{ij}^2 = \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jp})^2 \quad (7)$$

Em que,  $d_{ij}^2$ , é a medida da distância euclidiana quadrática do município  $k$  ao  $p$  e,  $i$  o indexador de variáveis. Os resultados inferem que quanto menores seus valores, maior a semelhança entre os elementos comparados (MINGOTI, 2005). Essas distâncias são inseridas em uma matriz de dimensão  $m \times n$ , a partir da qual terá início o procedimento de partição das observações, de maneira a escolher o algoritmo de agrupamento a ser utilizado, definindo o

número de grupos que serão formados. O propósito da utilização dos algoritmos é maximizar a diferença entre *clusters* no que diz respeito à variação presente dentro deles (HAIR JÚNIOR *et al.*, 2005).

Há dois métodos para a combinação dos municípios, a saber: os hierárquicos e não hierárquicos. No primeiro, os grupos são organizados sobre níveis distintos de semelhança, podendo ser *divisivos* ou *aglomerativos*. Os métodos hierárquicos *divisivos* partem do pressuposto de que, inicialmente, existe um único conglomerado constituído por “*n*” elementos amostrais e, em cada fase do agrupamento, este vai sendo subdividido, formando novos conglomerados. Já os métodos hierárquicos *aglomerativos* pressupõem que, no início, cada elemento do conjunto de dados constitui um conglomerado isolado e, nos passos subsequentes, vão formando-se novos conglomerados, até que haja apenas um grupo (MINGOTI, 2005).

Por sua vez, os métodos não hierárquicos caracterizam-se pela junção simultânea dos elementos, a partir da especificação do pesquisador. Consequentemente, a aplicação desses métodos produz resultados menos suscetíveis às observações inesperadas nos dados, à medida de similaridade utilizada e à inserção de características irrelevantes para a seleção de sementes não aleatórias. Dessa forma, a qualidade dos resultados é marcada pela experiência do investigador ao selecionar as sementes (HAIR JÚNIOR, *et al.*, 2005). Ainda assim, a adoção de técnicas hierárquicas *aglomerativas* é recomendável para obter os grupos iniciais e, em seguida, determinar o vetor de médias de cada *cluster* formado, sendo eles as sementes iniciais usadas no método não hierárquico (MINGOTI, 2005).

No presente estudo, o método utilizado para agrupar as observações foi o *k*-médias, que minimiza a variância interna dos grupos e maximiza a variância entre eles. Desse modo, cada elemento é direcionado ao grupo que apresenta o *centróide* – vetor de médias amostrais – mais próximo do conjunto de valores observados para o respectivo elemento. Nesse método, escolhem-se “*k*” *centróides*. Inicia-se o processo de partição e, em seguida, cada elemento da amostra é comparado com cada *centróide* inicial por meio de uma medida de similaridade. Por fim, os valores dos *centróides* para cada novo grupo são recalculados e, novamente, comparados com cada novo *centróide* formado a partir dos novos grupos. Os passos anteriores são repetidos até que todas as observações estejam bem alocadas em seus grupos (CAMPOS, 2008).

Existem alguns parâmetros que auxiliam a escolha do número de *clusters*, tais como, a análise do comportamento do nível de distância e de similaridade, a análise da soma de quadrados entre grupos (coeficiente  $R^2$ ), a estatística Pseudo F, o método de Ward, a estatística Pseudo  $T^2$  e a estatística *Cubic Clustering Criterium* (MINGOTI, 2005). No entanto,

o número de agrupamentos também pode ser definido de forma subjetiva pelo pesquisador (FÁVERO e BELFIORE, 2017). Assim, com base nos estudos de Campos (2008) e Campos, Silva e Campos (2016) foram definidos, quanto ao porte, os municípios nordestinos em três *clusters* ou agrupamentos que mensuram os níveis alto, médio e baixo de modernização da agricultura.

### 2.3.4 Natureza e fonte de dados

A modernização da agricultura causa expressivas transformações no meio rural, seja por meio da intensificação da mão de obra e/ou captação de investimentos, capazes de melhorar a produtividade (BECKMANN; SANTANA, 2019). Sua análise apresenta caráter multidimensional. Ou seja, é necessário um conjunto de variáveis a fim de captá-la. Para estudar a modernização agrícola na região Nordeste, foram selecionadas variáveis baseadas nos estudos de Souza e Khan (2001), Costa *et al.* (2012), Martins, Campos e Lima (2014), Costa Irmão (2016) e Beckman e Santana (2019), com abordagens relacionadas à produtividade dos fatores e ao uso intensivo de tecnologias modernas, tais como veículos, sistemas de preparo de solo, uso de adubação, irrigação e agrotóxicos, orientação técnica, etc. Os dados desta pesquisa foram extraídos do Censo Agropecuário, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2017, formando uma amostra com 881 observações (Quadro 1).

Quadro 1 – Descrição das variáveis.

Variáveis <sup>9</sup> (X's)	Descrição
X1	Área dos estabelecimentos agrícolas/TE.
X2	Número de estabelecimentos agrícolas com veículos/AE.
X3	Número de veículos existentes nos estabelecimentos agrícolas/AE.
X4	Número de estabelecimentos agrícolas com pessoal ocupado/AE.
X5	Pessoal ocupado/AE.
X6	Número de estabelecimentos agrícolas com recursos hídricos/AE.
X7	Número de estabelecimentos agrícolas com existência de energia elétrica/AE.
X8	Número de estabelecimentos agrícolas que receberam orientação técnica/AE.
X9	Número de estabelecimentos agrícolas que utilizaram sistema de preparo de solo/AE.
X10	Número de estabelecimentos agrícolas com uso de irrigação/AE.
X11	Número de estabelecimentos agrícolas com uso de adubação/AE.
X12	Número de estabelecimentos agrícolas com uso de agrotóxicos/AE.
X13	Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de adubos e corretivos/EH.
X14	Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/EH.
X15	Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/TE.
X16	EH/AE.
X17	TE/AE.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

<sup>9</sup> A variável que diz respeito ao número de tratores existentes nos estabelecimentos agrícolas não foi incluída no banco de dados devido ao elevado número de *missings*, que reduziria drasticamente a amostra.

No que diz respeito à tecnologia, com o intuito de determinar a intensidade de seu uso, e não apenas seu volume, as variáveis foram expressas em relação à área explorada (AE), equivalente-homem (EH) e o total de estabelecimentos (TE) (PAZ; FREITAS; NICOLA, 2006). Hoffmann (1992) *apud* Silva e Fernandes (2005) define o conceito de área explorada<sup>10</sup> como o somatório das áreas de lavouras (permanentes e temporárias), matas (naturais e plantadas) e pastagens (naturais e plantadas). Equivalente-homem<sup>11</sup> refere-se à homogeneização da mão de obra de homens, mulheres e crianças com ou sem grau de parentesco com o produtor (KAGEYAMA, 1983 *apud* FERREIRA JÚNIOR; BAPTISTA; LIMA, 2004) e total de estabelecimentos diz respeito ao número de estabelecimentos agrícolas de cada município. Vale ressaltar que estabelecimentos agrícolas são os terrenos de áreas contínuas, independentemente do tamanho ou situação (urbano ou rural), formado por uma ou mais parcelas, onde ocorre exploração da agricultura (MADEIRA *et al.*, 2019).

Esses indicadores sintetizam o caráter multidimensional da modernização agrícola, pois se referem a tecnologias que possuem efeito direto sobre o processo produtivo. Podem ser classificados em: *i) mecânicas*: inovações capazes de intensificar o ritmo de trabalho; *ii) físico-químicas*: responsáveis por modificações nas condições naturais do solo, *iii) biológicas*: adoção de técnicas que diminuem o período produtivo e, *iv) agronômicas*: que elevam a produtividade dos fatores de produção capital e trabalho (SILVA; BAPTISTA; FERNANDES, 2003).

## 2.4 Resultados e discussão

O presente estudo consiste em criar o Índice de Modernização Agrícola (IMA) da região Nordeste, identificando e classificando os municípios em grupos homogêneos, ou seja, caracteristicamente similares entre si. Em sequência, apresentam-se os principais resultados encontrados na pesquisa, provenientes da utilização de indicadores relativos aos fatores de produção e ao uso intensivo de tecnologias modernas capazes de determinar a modernização da agricultura. Para isso, divide-se em três subseções que apresentam as estatísticas descritivas que caracterizam os estados nordestinos, as análises de fatores relacionados à modernização agrícola no Nordeste e os agrupamentos de municípios semelhantes, conforme o IMA.

### 2.4.1 Caracterização de indicadores para os estados do Nordeste

---

<sup>10</sup> Esse indicador foi calculado com exceção da variável matas plantadas, em razão do elevado número de dados ausentes – os *missings* – que reduziriam significativamente a amostra.

<sup>11</sup> Encontrado a partir do somatório entre indivíduos com idades superiores e inferiores a 14 anos, com pesos 1 e 0,5 na devida ordem. E, menores de 14 anos com e sem grau de parentesco com o produtor, recebem pesos de 0,4 e 0,5, respectivamente (MARTINS, CAMPOS e LIMA, 2014).

O Nordeste é composto por nove estados, a saber: Maranhão (MA), Piauí (PI), Ceará (CE), Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Alagoas (AL), Sergipe (SE) e Bahia (BA). Nesta subseção, são expostas as características dos estados com vistas a verificar o processo de modernização agrícola. A Tabela 1 evidencia a média, o desvio-padrão e os valores mínimo e máximo para os 881 municípios observados, conforme variáveis analisadas.

Ao considerar a região Nordeste, a área dos estabelecimentos agrícolas (X1) destaca-se por apresentar a melhor média e o desvio-padrão, se comparados aos demais indicadores. O município de Alcântara, no Maranhão (MA), apresentou o menor valor para o indicador X1. No entanto, este apresentou os maiores valores para pessoal ocupado (X4) e quantidade de mão de obra empregada (X5). Quando se trata das propriedades que possuem veículos (X2) e do número de veículos existentes (X3), o valor mínimo corresponde a Ipuíara (BA) e Isaías Coelho (PI), respectivamente. Por sua vez, para ambas as variáveis, o máximo fica em Moita Bonita, Sergipe (SE). Luís Eduardo Magalhães (BA) exibe a maior área por estabelecimento (X1). Entretanto, possui o menor número de estabelecimentos empregadores (X4). Já o município que emprega o menor número de pessoas está localizado em São Domingos do Azeitão (MA).

Tabela 1 – Estatísticas descritivas dos 881 municípios da região Nordeste.

Variáveis (X's)	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo
<b>X1</b>	39,45807	65,86785	1,44586	859,84850
<b>X2</b>	0,00551	0,00817	0,00005	0,12614
<b>X3</b>	0,00713	0,00954	0,00010	0,14213
<b>X4</b>	0,04100	0,05217	0,00053	0,76713
<b>X5</b>	0,11367	0,15729	0,00242	2,16881
<b>X6</b>	0,02852	0,03121	0,00040	0,45007
<b>X7</b>	0,03244	0,041845	0,00047	0,56156
<b>X8</b>	0,00318	0,00440	0,00002	0,04756
<b>X9</b>	0,02154	0,02502	0,000008	0,29592
<b>X10</b>	0,00479	0,01070	0,000004	0,15899
<b>X11</b>	0,01540	0,02393	0,00001	0,21307
<b>X12</b>	0,00908	0,01373	0,00004	0,13839
<b>X13</b>	0,75668	3,54928	0,00028	61,17985
<b>X14</b>	0,48343	1,08353	0,00551	14,42825
<b>X15</b>	1,85305	7,43806	0,01456	149,06020
<b>X16</b>	0,11334	0,15679	0,00242	2,16593
<b>X17</b>	0,04147	0,05244	0,00053	0,77954

Legenda: X1: Área dos estabelecimentos agrícolas/TE, X2: Número de estabelecimentos agrícolas com veículos/AE, X3: Número de veículos existentes nos estabelecimentos agrícolas/AE, X4: Número de estabelecimentos agrícolas com pessoal ocupado/AE, X5: Pessoal ocupado/AE, X6: Número de estabelecimentos agrícolas com recursos hídricos/AE, X7: Número de estabelecimentos agrícolas com existência de energia elétrica/AE, X8: Número de estabelecimentos agrícolas que receberam orientação técnica/AE, X9: Número de estabelecimentos agrícolas que utilizaram sistema de preparo de solo/AE, X10: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de irrigação/AE, X11: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de adubação/AE, X12: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de agrotóxicos/AE, X13: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de adubos e corretivos/EH, X14: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/EH, X15: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/TE, X16: EH/AE, X17: TE/AE.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

Apenas um pequeno número de estabelecimentos recebe orientação técnica (X8), obtendo o valor mínimo Fernando Falcão (MA) e, máximo, Santo Amaro (BA). Luís Eduardo Magalhães (BA) apresentou os piores números ao se considerar os recursos hídricos (X6) e elétricos (X7), já o município de Alcântara (MA) possui os maiores valores referentes a energia elétrica (X7) e sistemas de preparo de solo (X9). Para os indicadores X6 e X9, os valores máximos situam-se em Aquiraz (CE) e Cocal (PI). As menores magnitudes para os indicadores X10, X11 e X12, figuram, respectivamente, no Alto Parnaíba (MA), Regeneração (PI) e Araci (BA). Merecem destaque os municípios de Santa Maria da Boa Vista (PE) para X10 e Moita Bonita, para X11 e X12.

Em relação às despesas com adubos, corretivos, combustíveis e lubrificantes (X13, X14 e X15), os gastos médios ainda são pequenos. O município com menor dispêndio para X13 fica em Nova Santa Rita (PI) e, para X14 e X15, em Isaías Coelho (PI). Luís Eduardo Magalhães (BA) apresentou os maiores valores para os indicadores X13 e X14 e para X15, o valor máximo é exibido por Tibau (RN). Ao relacionar equivalente-homem (X16) e total de estabelecimentos (X17) à área explorada, os menores valores correspondem a São Domingos do Azeitão (MA) e à Itapicuru (BA), já os maiores, à Alcântara (MA). Em geral, o Nordeste não apresenta um bom prognóstico para as variáveis, já que a maioria expõe valores médios, próximos de zero.

A Tabela 2 descreve a média dos indicadores para os estados nordestinos. Comparando-os, constata-se que Sergipe (SE) se sobressai, visto que possui as melhores médias para 9, das 17 variáveis selecionadas, tais como os indicadores referentes aos veículos existentes nos estabelecimentos agrícolas (X2 e X3), a mão de obra empregada (X4 e X5), a existência de energia elétrica (X7), a utilização de sistemas de preparo de solo (X9) e a adubação no meio produtivo (X11). Concentra, em média, o maior número de despesas com combustíveis e lubrificantes (X14), e possui o maior número de estabelecimentos agrícolas da região (X17).

Em segunda colocação, o estado de Alagoas (AL) apresenta resultados favoráveis para três indicadores, a saber: número de estabelecimentos com recursos hídricos (X6), irrigação (X10) e agrotóxicos (X12). Já Paraíba (PB), Bahia (BA) e Pernambuco (PE) destacam-se, respectivamente, ao se considerar o recebimento de orientação técnica (X8), os dispêndios com adubos e corretivos (X13) e a quantidade de mão de obra empregada (X16).

O Piauí (PI) apresenta o pior desempenho em oito variáveis, tais como a quantidade de pessoas ocupadas (X5), existência de recursos hídricos (X6), recebimento de orientação técnica (X8), a utilização de sistemas de preparo de solo (X9), adubação (X11) e os agrotóxicos (X12). É o estado que menos gasta com combustíveis e lubrificantes (X14) e emprega uma das menores quantidades de mão de obra em relação ao total de área explorada (X16).

Tabela 2 – Estatísticas descritivas dos estados do Nordeste.

Variáveis (X's)	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA
<b>X1</b>	<b>72,7050</b>	52,9806	<b>16,2637</b>	39,3260	19,0235	17,1973	19,3407	17,7180	47,5701
<b>X2</b>	0,0046	0,0044	0,0053	<b>0,0032</b>	0,0088	0,0065	0,0041	<b>0,0130</b>	0,0047
<b>X3</b>	0,0054	0,0055	0,0066	<b>0,0051</b>	0,0111	0,0090	0,0057	<b>0,0162</b>	0,0063
<b>X4</b>	0,0451	0,0238	0,0470	<b>0,0191</b>	0,0389	0,0540	0,0577	<b>0,0686</b>	0,0374
<b>X5</b>	0,1524	<b>0,0647</b>	0,1149	0,0682	0,1006	0,1481	0,1678	<b>0,1802</b>	0,1004
<b>X6</b>	0,0234	<b>0,0136</b>	0,0340	0,0158	0,0315	0,0429	<b>0,0442</b>	0,0402	0,0267
<b>X7</b>	0,0310	0,0199	0,0417	<b>0,0169</b>	0,0346	0,0462	0,0459	<b>0,0487</b>	0,0275
<b>X8</b>	0,0015	<b>0,0009</b>	0,0049	0,0022	<b>0,0059</b>	0,0037	0,0031	0,0053	0,0029
<b>X9</b>	0,0145	<b>0,0118</b>	0,0233	0,0151	0,0260	0,0329	0,0394	<b>0,0395</b>	0,0191
<b>X10</b>	<b>0,0019</b>	0,0021	0,0051	0,0033	0,0051	0,0107	<b>0,0339</b>	0,0091	0,0044
<b>X11</b>	0,0040	<b>0,0027</b>	0,0114	0,0089	0,0176	0,0250	0,0335	<b>0,0463</b>	0,0176
<b>X12</b>	0,0044	<b>0,0041</b>	0,0147	0,0073	0,0104	0,0137	<b>0,0245</b>	0,0234	0,0058
<b>X13</b>	1,0365	0,7944	<b>0,1403</b>	0,8353	0,2739	0,4130	0,5855	0,5051	<b>1,1327</b>
<b>X14</b>	0,6380	<b>0,05142</b>	0,3640	0,5659	0,4011	0,3490	0,4565	<b>0,7777</b>	0,4902
<b>X15</b>	2,2534	1,6043	<b>0,8590</b>	<b>5,8623</b>	1,0510	1,1038	2,1916	2,3094	2,0107
<b>X16</b>	0,1517	<b>0,0645</b>	0,1146	0,0681	0,1004	<b>1,1476</b>	0,1674	0,1800	0,1001
<b>X17</b>	0,0462	0,0241	0,0488	<b>0,0191</b>	0,0391	0,0541	0,0579	<b>0,0687</b>	0,0375

Legenda: X1: Área dos estabelecimentos agrícolas/TE, X2: Número de estabelecimentos agrícolas com veículos/AE, X3: Número de veículos existentes nos estabelecimentos agrícolas/AE, X4: Número de estabelecimentos agrícolas com pessoal ocupado/AE, X5: Pessoal ocupado/AE, X6: Número de estabelecimentos agrícolas com recursos hídricos/AE, X7: Número de estabelecimentos agrícolas com existência de energia elétrica/AE, X8: Número de estabelecimentos agrícolas que receberam orientação técnica/AE, X9: Número de estabelecimentos agrícolas que utilizaram sistema de preparo de solo/AE, X10: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de irrigação/AE, X11: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de adubação/AE, X12: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de agrotóxicos/AE, X13: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de adubos e corretivos/EH, X14: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/EH, X15: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/TE, X16: EH/AE, X17: TE/AE.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

O Rio Grande do Norte (RN) mostra as menores médias relacionadas à existência de veículos (X2 e X3), à quantidade de propriedades agrícolas com pessoal ocupado (X4) e à existência de energia elétrica (X7). No entanto, destaca-se ao apresentar o maior número de estabelecimentos que tiveram gastos com combustíveis e lubrificantes (X15). O Ceará (CE) exibe as menores médias para áreas agrícolas (X1), número de veículos existentes (X3) e despesas com combustíveis e lubrificantes (X15). Por fim, o Maranhão (MA) possui, em média, as maiores áreas agrícolas. Entretanto, tem o menor número de estabelecimentos que fazem uso de irrigação (X10).

#### 2.4.2 Identificação e análise de fatores relacionados à modernização agrícola na região Nordeste do Brasil

Com base na Análise Fatorial aplicada para agrupar as características dos municípios nordestinos, identificaram-se fatores comuns ou específicos capazes de explicar o processo de modernização agrícola da região. Verificou-se, inicialmente, que o ajustamento das variáveis originais à Análise Fatorial foi realizado por meio das estatísticas de Medida de Adequação da Amostra (MSA), *Kaiser-Mayer-Olkin* (KMO) e Esfericidade de Bartlett. Com

base na MSA, verificam-se que todas elas apresentam valores iguais a 1, indicando que o conjunto de dados se encontra bem estruturado. O valor de 0,8741 do KMO corrobora os resultados obtidos no primeiro teste, indicando a boa adequabilidade dos indicadores à técnica. O teste de Esfericidade de Bartlett foi significativo a 1%, conduzindo a rejeição da hipótese de que a matriz de correlações é uma matriz identidade (HAIR JÚNIOR *et al.*, 2009).

A Análise Fatorial original, pelo método de componentes principais, apresentou resultados de difícil interpretação, visto que algumas variáveis estavam relacionadas a mais de um fator. Logo, utilizou-se a transformação ortogonal dos fatores originais para relacionar, de forma mais clara, cada fator a suas respectivas variáveis. Na Tabela 3, a análise aplicada para os 17 indicadores identificou 4 fatores com raiz característica superior à unidade – critério de Kaiser. Após a rotação pelo método ortogonal *Varimax*, concluiu-se que os fatores selecionados explicam, conjuntamente, 84,99% da variabilidade total do conjunto de dados.

Tabela 3 – Autovalores e variância explicada pelos fatores de modernização agrícola.

<b>Fatores</b>	<b>Autovalores</b>	<b>Proporção</b>	<b>Frequência acumulada</b>
Fator 1	8,8032	0,5178	0,5178
Fator 2	3,0824	0,1813	0,6992
Fator 3	1,4146	0,0832	0,7824
Fator 4	1,1485	0,0676	0,8499

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

A Tabela 4 apresenta as cargas fatoriais rotacionadas e as comunalidades para os quatro fatores considerados. As variáveis que mais contribuíram para a formação de cada um dos fatores possuem cargas superiores a 0,55, destacadas em negrito, e demonstram a forte associação entre o fator e os indicadores. Já as comunalidades apresentam valores superiores a 0,59, significa dizer que mais da metade da variância dos indicadores é reproduzida pelos fatores comuns (específicos), sendo, portanto, considerada satisfatória.

O Fator 1 representa 51,78% da variância dos indicadores que possuem correlações positivas. Observando as variáveis, constata-se que o número de estabelecimentos agrícolas com pessoal ocupado (X4) é o principal determinante para a modernização da agricultura no Nordeste. A natureza de cada componente desse fator relaciona-se à quantidade de mão de obra empregada (X4 e X5), aos recursos hídricos e elétricos (X6 e X7, respectivamente), às práticas de preparo do solo (X9), às relações entre a produtividade do trabalho e área explorada (X16) e ao total de estabelecimentos por área explorada (X17). Freitas, Paz e Nicola (2007) e Cruz, Ribeiro e Lima (2006) ressaltam que o uso intensivo de mão de obra aumenta a produção por unidade de trabalho, assim como as variáveis relacionadas à exploração da terra – como o uso de energia elétrica e dos recursos hídricos – são fundamentais para o aumento da produtividade.

Tabela 4 – Cargas fatoriais após a rotação e comunalidades.

Variáveis (X's)	Cargas Fatoriais				Comunalidades
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	
X1	-0,1870	<b>0,8620</b>	-0,1417	-0,0980	0,80760
X2	0,3599	-0,0499	0,1414	<b>0,9148</b>	0,98887
X3	0,3456	-0,3220	0,1850	<b>0,9110</b>	0,98462
X4	<b>0,9441</b>	-0,0737	0,1896	0,2271	0,98428
X5	<b>0,9309</b>	-0,0443	0,1072	0,2311	0,93344
X6	<b>0,8728</b>	-0,1038	0,3079	0,1175	0,88116
X7	<b>0,9415</b>	-0,0768	0,1895	0,1612	0,95422
X8	0,4765	-0,0529	<b>0,5845</b>	0,1371	0,59029
X9	<b>0,6759</b>	-0,1013	0,3587	0,3626	0,72725
X10	0,2669	-0,0104	<b>0,7907</b>	0,1200	0,71095
X11	0,4839	-0,0493	<b>0,7157</b>	0,2217	0,79797
X12	0,2170	-0,0645	<b>0,7693</b>	0,2544	0,70779
X13	-0,0296	<b>0,9210</b>	0,0127	-0,0290	0,85011
X14	-0,0694	<b>0,9450</b>	-0,0016	-0,0080	0,89791
X15	-0,0329	<b>0,8460</b>	-0,0144	-0,0030	0,71668
X16	<b>0,9308</b>	-0,0443	0,1079	0,2314	0,93354
X17	<b>0,9435</b>	-0,0749	0,1867	0,2276	0,98246

Legenda: X1: Área dos estabelecimentos agrícolas/TE, X2: Número de estabelecimentos agrícolas com veículos/AE, X3: Número de veículos existentes nos estabelecimentos agrícolas/AE, X4: Número de estabelecimentos agrícolas com pessoal ocupado/AE, X5: Pessoal ocupado/AE, X6: Número de estabelecimentos agrícolas com recursos hídricos/AE, X7: Número de estabelecimentos agrícolas com existência de energia elétrica/AE, X8: Número de estabelecimentos agrícolas que receberam orientação técnica/AE, X9: Número de estabelecimentos agrícolas que utilizaram sistema de preparo de solo/AE, X10: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de irrigação/AE, X11: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de adubação/AE, X12: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de agrotóxicos/AE, X13: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de adubos e corretivos/EH, X14: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/EH, X15: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/TE, X16: EH/AE, X17: TE/AE.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

Por sua vez, o Fator 2 explica 11,13% da variância total, e compreende informações como a área do estabelecimento (X1) e as despesas com adubos, corretivos, combustíveis e lubrificantes (X13, X14 e X15). De acordo com Gelatti *et al.* (2020), ao estudar a modernização da agricultura no Rio Grande do Sul, os investimentos em suprimentos para a atividade agrícola contribuem para o aumento da produção. Logo, a correlação positiva entre esses indicadores salienta a ampliação das áreas agricultáveis e o aumento de despesas com combustíveis e fertilizantes, estabelecendo uma sinergia entre capital, terra e trabalho.

O Fator 3 representa 8,32% da variabilidade dos dados, ressaltando a importância de os agricultores receberem orientação técnica (X8) e da utilização de tecnologias capazes de aumentar a produtividade da terra, como irrigação (X10), adubação (X11) e aplicação de agrotóxicos (X12), o que corrobora os achados de Souza e Khan (2001) e Martins, Campos e Lima (2014). Esse fator está relacionado à intensidade da exploração da terra, mostrando que o uso racional de insumos agrícolas e ensino técnico qualificado enseja utilizar as potencialidades da região de forma adequada e eficaz em prol da modernização da agricultura.

Por fim, o Fator 4 explica 6,76% da variabilidade da amostra e incorpora indicadores relacionados ao transporte (X2 e X3), condizendo com os resultados encontrados por Costa *et al.* (2012) no que diz respeito às tecnologias de logística e locomoção. Assim, o aumento do número de estabelecimentos com veículos, bem como a expansão da quantidade dos mesmos está atrelada a uma maior eficiência no escoamento da produção, facilitando e melhorando as condições de mobilidade entre os municípios nordestinos.

Com base nas cargas fatoriais obtidas a partir da Análise Fatorial, foram estimados os escores fatoriais, isto é, o valor dos fatores (peso) para cada município nordestino. Os escores foram utilizados para agrupar os municípios em grupos similares de modo que expressem sua situação em relação à média amostral. Analisando os escores fatoriais do Fator 1, verificou-se que 31,78% dos municípios (280) possuem valores positivos, ou seja, estão acima da média da amostra. Portanto, 68,22% (601 municípios) encontram-se abaixo da média no tocante à quantidade de mão de obra empregada, à presença de energia elétrica, recursos hídricos e sistemas de preparo de solo nos estabelecimentos agrícolas, bem como à produtividade do trabalho e ao total de estabelecimentos por área explorada. O maior e o menor escore foram de 12,39 e -0,84, para Alcântara (MA) e Rodelas (BA), respectivamente.

Ao se considerar o Fator 2, do total de municípios analisados, 161 observações apresentaram valores positivos, ou seja, 18,25% da amostra, demonstrando que uma pequena parcela de municípios apresenta áreas agricultáveis significativas e consideráveis gastos com adubos, corretivos, combustíveis e fertilizantes, essenciais para a modernização da agricultura na região. Logo, 81,75% dos municípios do Nordeste encontram-se abaixo da média. O maior escore encontrado foi igual a 15,69, correspondente ao município de Luís Eduardo Magalhães (BA) e o menor foi de -0,01 para São João da Cana Brava, no estado do Piauí (PI).

Já a análise dos escores fatoriais para o Fator 3 mostrou que 30,76% dos municípios (271) possuem valores positivos (acima da média), e 69,24% das observações (610 municípios) têm desempenho abaixo da média no que diz respeito ao recebimento de orientação técnica e à utilização de irrigação, adubação e agrotóxicos. O maior e o menor escores encontrados foram de 11,79 e -6,84 para Santa Maria da Boa Vista (PE) e Alcântara (MA), respectivamente.

Por fim, a análise do Fator 4 indicou que 33,84% dos municípios apresentam valores positivos (acima da média), e um total de 583 municípios têm desempenho abaixo da média (66,17%), no que se refere à quantidade de veículos existentes nos estabelecimentos agrícolas. O maior escore encontrado foi igual a 15,08, para o município de Moita Bonita, em Sergipe (SE) e, o menor foi de -5,71 para Aquiraz, no estado do Ceará (CE).

Conclui-se que os municípios do Nordeste do Brasil apresentaram, em geral,

características abaixo da média para as variáveis de modernização agrícola. Demonstrando baixa produtividade da mão de obra empregada, o uso de recursos hídricos e elétricos deficitários, a escassez de orientação técnica, a ineficiência de gastos com adubos, corretivos, combustíveis e fertilizantes e o uso insuficiente de tecnologias capazes de aumentar a produtividade da terra, como a utilização de irrigação, adubação e aplicação de agrotóxicos.

#### **2.4.3 Cálculo do IMA e agrupamento de municípios semelhantes**

Após a aplicação da Análise Fatorial, foi calculado o Índice de Modernização Agrícola (IMA) por meio dos escores fatoriais das variáveis padronizadas. Feita a hierarquização, os municípios com características semelhantes foram identificados por meio da Análise de *Clusters*, com aplicação do método não hierárquico *k-médias*. Vale ressaltar que quanto mais próximo de um (unidade), melhor é a situação do município em relação ao processo de modernização da agricultura. O valor médio do índice para o Nordeste foi de 0,0805.

A Tabela 5 exibe os IMA's por estado em valores decrescentes. Aquele com maior IMA médio é Sergipe (SE), que se sobressai, considerando o número de veículos existentes nos estabelecimentos, a quantidade de mão de obra empregada, o acesso à energia elétrica, a utilização de sistemas de preparo de solo, adubação, quantidade de propriedades agrícolas existentes e os gastos com combustíveis e lubrificantes. Segundo Vasconcelos (2013), a agricultura irrigada em Sergipe ocupa lugar de destaque, especialmente, em virtude da mudança do perfil tecnológico dos agricultores que viabiliza o aumento da produção e estimula a economia local. O principal produto agrícola do estado concentra-se no cultivo da cana-de-açúcar, mas há também outros cultivos importantes, tais como os cítricos, laranja e limão, a mandioca, o milho, o feijão, a banana, entre outros.

Seguem em ordem decrescente da lista, Maranhão (MA) e Alagoas (AL), com índices médios de 0,0921 e 0,0879, respectivamente. O Maranhão (MA) destaca-se, em média, com as maiores áreas agricultáveis e Alagoas (AL) destaca-se com o maior número de estabelecimentos que fazem uso de irrigação, agrotóxicos e recursos hídricos. Conforme a Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca – SAGRIMA (2020), o setor agrícola maranhense destaca-se na produção de soja, milho e algodão ao passo que, segundo Lima (2020), em Alagoas, a modernização apresentou-se com melhores condições de trabalho e remuneração e destaca-se não somente na produção de cana-de-açúcar, mas também de abacaxi, laranja e banana.

Tabela 5 – Índice de Modernização Agrícola (IMA) médio para os estados do Nordeste.

Estados	IMA médio	Mínimo	Máximo
Sergipe (SE)	0,0933	0,0633 (Cumbe)	0,2119 (Moita Bonita)
Maranhão (MA)	0,0921	0,0533 (Barão de Grajaú)	0,5996 (Alcântara)
Alagoas (AL)	0,0879	0,0553 (Chã Preta)	0,1447 (Feira Grande)
Pernambuco (PE)	0,0841	0,0578 (Palmares)	0,1298 (Pombos)
Bahia (BA)	0,0799	0,0534 (Ipupiara)	0,4817 (Luís Eduardo Magalhães)
Ceará (CE)	0,0773	0,0525 (Irauçuba)	0,4134 (Aquiraz)
Paraíba (PB)	0,0750	0,0524 (Olho d'Água)	0,1499 (São Sebastião de Lagoa de Roça)
Rio Grande do Norte (RN)	0,0715	0,0549 (Coronel João Pessoa)	0,2594 (Tibau)
Piauí (PI)	0,0708	0,0512 (Alto Longá)	0,2200 (Baixa Grande do Ribeiro)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

A Tabela 5 mostra, ainda, que o Piauí (PI) é o estado que apresentou o menor índice médio (0,0708), corroborando os estudos de Beckman e Santana (2019) e Martins, Campos e Lima (2014). Ambos caracterizaram o processo de modernização do estado e verificaram que a maioria dos municípios piauienses obtiveram um IMA muito baixo. Os indicadores que contribuem para esse resultado são: quantidade de pessoas ocupadas, recebimento de orientação técnica, utilização de sistemas de preparo de solo, adubação, agrotóxicos e recursos hídricos. É, também, o estado que tem menos despesas com combustíveis e lubrificantes e emprega uma das menores quantidades de mão de obra.

Por sua vez, Rio Grande do Norte (RN) possui IMA médio de 0,0715. O estado tem, em média, a menor quantidade de veículos, propriedades agrícolas com pessoal ocupado e estabelecimentos com existência de energia elétrica. Conforme Aquino, Freire e Carvalho (2017), também vem passando por uma reestruturação da base produtiva que impacta, substancialmente, o contingente de pessoas ocupadas em atividades agrícolas, configurando um contexto socioeconômico mais complexo e dinâmico.

A Paraíba (PB) apresentou IMA médio de 0,0750 e caracteriza-se por receber uma considerável orientação técnica. Essas constatações vão de acordo com os estudos de Abreu (2013) ao afirmar que, apesar de mais de 50% dos estabelecimentos agrícolas serem considerados modernos acima da média, boa parte dos agricultores familiares ainda são considerados agricultores de subsistência que têm acesso a crédito para investimento e recebe assistência técnica efetiva. Pernambuco (PE) apresentou modernização agrícola intermediária (0,0841), consoante com os

resultados de Sabbag (2000) que a caracterizou como uma agricultura marcada pelo baixo padrão tecnológico e com uma distribuição moderna desigual.

Os estados que apresentaram modernização agrícola intermediária foram Bahia (BA) (0,0799) e Ceará (CE) (0,0773). Segundo Ferreira *et al.* (2012), na Bahia (BA), a modernização não se deu de forma homogênea, visto que o cultivo de grãos como soja e milho exige maior quantidade de insumos e maquinário, ao passo que a cultura de frutas se utiliza de um baixo grau de modernização tecnológica e maior emprego de mão de obra. Em relação ao Ceará (CE), os resultados vão de encontro aos de Madeira *et al.* (2019), que mostrou que os municípios apresentam uma modernização muito aquém do desejado. No Nordeste, Alcântara (MA) apresentou o maior IMA (0,5996) e Alto Longá (PI) o menor (0,0512).

A Tabela 6 expõe a classificação do índice de modernização por município com a utilização da Análise de *Clusters*. Identificam-se três grupos formados com níveis alto, médio e baixo. O *cluster 1* apresenta baixo grau de modernização e compreende 84,90% dos municípios, com IMA médio de 0,0687. Os indicadores que mais contribuíram para a formação desse grupo referem-se ao pessoal ocupado (X4 e X5), aos recursos hídricos e elétricos (X6 e X7), aos sistemas de preparo de solo (X9) e à adubação (X11). Entram, também, as variáveis que relacionam equivalente-homem e total de estabelecimentos à área explorada (X16 e X17).

Tabela 6 – Agrupamento de municípios segundo o IMA.

Classes	IMA	IMA médio	Número de municípios	Frequência relativa
1	0,0000  — 0,0980	0,0687	748	84,90%
2	0,0980  — 0,2500	0,1273	122	13,85%
3	0,2500  — 1,0000	0,3681	11	1,25%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

O *cluster 2* é composto por 13,85% das observações. Em sua estrutura, estão, basicamente, os indicadores relativos ao Fator 4, referindo-se aos veículos existentes nos estabelecimentos agropecuários (X2 e X3). Já o *cluster 3*, classificado como o grupo de maior modernização, possui um índice médio de 0,3681 e compõe-se de apenas onze municípios, o equivalente a 1,25% do total da amostra. As variáveis que compõem o Fator 3 predominam nesse grupo, referindo-se, pois, às propriedades agrícolas que recebem de orientação técnica (X8) e à utilização de tecnologias como irrigação (X10), adubação (X11) e agrotóxicos (X12).

Pelo exposto, observa-se que o crescimento da modernização agrícola no Nordeste é um processo lento, decorrente de problemas relacionados à produtividade do pessoal ocupado, à limitada infraestrutura hídrica e elétrica, à insuficiente existência de tecnologias capazes de incrementar a produção, como os sistemas de preparo de solo, à pequena quantidade de mão de

obra empregada e à baixa relação entre o total de estabelecimentos (TE) e área explorada (AE).

Como afirma Castro (2013), apesar de uma série de iniciativas<sup>12</sup> que beneficiam os produtores rurais, as organizações financeiras ainda relutam em difundir programas de crédito em regiões menos atrativas do ponto de vista comercial. Logo, mesmo se o problema referente ao acesso for sanado em diversas regiões, ele ainda predomina em áreas consideradas menos dinâmicas. É importante destacar que é de fundamental importância a participação do Estado como agente indutor de transformação, inserindo em suas diretrizes a busca constante pela inovação e modernização do setor agrícola.

## 2.5 Considerações finais

O presente estudo discutiu a modernização inerente aos estados e municípios do Nordeste a partir da construção do Índice de Modernização Agrícola (IMA). Dessa forma, foi elaborado um *ranking* estatístico dos estados nordestinos, além da identificação dos fatores comuns relacionados às características de seus municípios. Para isso, foram utilizados dados do Censo Agropecuário, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referentes ao ano de 2017, e aplicou-se a Análise Fatorial e a de *Cluster*.

O uso da Análise Fatorial permitiu identificar quatro fatores que representam o grau de modernização da agricultura nordestina, e explicam, conjuntamente, 84,99% da variação total dos dados. Em sua estrutura, o Fator 1 explica 51,78% da variância amostral e relaciona-se, principalmente, à mão de obra empregada, aos recursos hídricos e elétricos, às práticas de preparo de solo e às relações entre produtividade do trabalho e total de estabelecimentos pela área explorada.

O Fator 2 explica 18,13% sendo composto pelos indicadores relacionados à área dos estabelecimentos e das despesas com adubos, corretivos, combustíveis e lubrificantes. Já os Fatores 3 e 4 explicam, respectivamente, 8,32% e 6,76%, da variância dos dados. O primeiro ressalta a importância da orientação técnica e da utilização de tecnologias como irrigação, adubação e aplicação de agrotóxicos. Já o último incorpora indicadores relacionados ao transporte. Logo, o aumento no número de veículos contribui para o eficiente escoamento da produção e melhora o acesso intermunicipal entre os municípios do Nordeste.

Os resultados obtidos sugerem que o progresso tecnológico ainda é um processo lento, com 84,90% dos municípios com baixo IMA e apenas 1,25% com índice considerado bom. Sergipe (SE) foi o estado que mais se destacou, principalmente, por possuir, em média,

---

<sup>12</sup> Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (PNATER), Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

os melhores indicadores relativos ao número de veículos existentes, mão de obra empregada, acesso à energia elétrica e utilização de sistemas de preparo de solo e adubação.

Por sua vez, o de menor destaque foi o Piauí (PI), que apresentou as piores médias, no que diz respeito à quantidade de pessoas ocupadas, à existência de recursos hídricos, ao recebimento de orientação técnica e à utilização de sistemas de preparo de solo, adubação e agrotóxicos. É o estado que menos possui despesas com combustíveis e lubrificantes e emprega uma das menores quantidades de mão de obra em relação ao total de área explorada.

Para dinamizar a agricultura nordestina, certas iniciativas devem ser tomadas, como investimentos em novas tecnologias e ajustes no processo de comercialização da produção. Além disso, sugere-se que o Governo Federal formule e execute políticas que vão além do assistencialismo, com programas voltados para promoção do uso de práticas sustentáveis, a exemplos do plantio em curva nível, da rotação de culturas, entre outras práticas agronômicas modernas. A incorporação dessas ações deve ser intensificada, principalmente, nos municípios que apresentaram baixos IMA's, além do estímulo nos municípios com maiores índices.

### **3 ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE O PROGRAMA NACIONAL DE APOIO AO MÉDIO PRODUTOR RURAL (PRONAMP) E A MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA NO NORDESTE DO BRASIL**

Os instrumentos de políticas agrícolas têm como objetivo promover o crescimento das atividades rurais, propiciar melhorias nos níveis de renda e gerar de mão de obra no campo. Este ensaio propõe mensurar e quantificar a relação entre um grupo de variáveis relacionadas ao Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP) e à modernização da agricultura no Nordeste. Para isso, foram utilizados os dados do Censo Agropecuário de 2017, além da aplicação da Análise de Correlação Canônica (ACC), com o intuito de maximizar a correlação existente entre os grupos de variáveis.

#### **3.1 Introdução**

Especialmente após meados da década de 1930, o meio rural presenciou transformações constantes, com o avanço dos meios produtivos e a introdução de políticas governamentais baseadas na substituição das importações de bens de consumo e formação do Complexo Agroindustrial (MARTINE; BESKOW, 1987). De acordo com Souza e Khan (2001), apesar de ter ocorrido uma mudança produtiva significativa na agricultura brasileira, esta não se deu de forma homogênea entre as regiões do país. Bittencourt (2003) e Leite (2001) ressaltam o caráter seletivo dessa mudança ao beneficiar, principalmente, os médios e grandes produtores do Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Segundo Teixeira (2005), as pequenas propriedades ficaram à margem do processo de modernização, em decorrência dos altos custos de produção.

Conforme Vieira Filho (2013), a região Sul apresentou um melhor dinamismo e alcançou melhores indicadores de desenvolvimento econômico, com uma base institucional e tecnológica adequada, aprimorada ao longo do tempo. No entanto, as regiões Norte e Nordeste não apresentaram o mesmo ambiente produtivo e condições favoráveis para inovações. Logo, é necessária uma maior atenção para essas regiões, visto que foram marcadas, principalmente, por práticas agrícolas rudimentares, com baixa produtividade, sem a dinâmica nhoque se fez presente no restante do país.

Em relação ao Nordeste, ressalta-se que as dificuldades existentes na produção agrícola decorrem, em sua maioria, de fatores estruturais, tais como q elevada concentração fundiária, a distribuição desigual de renda, a utilização de tecnologias obsoletas e, ainda, os longos períodos de estiagens (LEMOS, 1990; FURTADO, 2013). Por outro lado, Assunção e Chein (2007) constataram que essas dificuldades se devem, também, às burocracias impostas

pelo sistema bancário e à restrição às políticas de crédito rural.

Os instrumentos de política agrícola visam ao crescimento das atividades rurais, bem como a melhorias nos níveis de renda, ao aumento da mão de obra no meio rural e ao suprimento das necessidades financeiras relacionadas ao custeio, à comercialização e aos investimentos de capital (COLADINI, 2014). Com esse propósito, foram disponibilizados pelo Governo Federal diversas medidas para investimento e custeio nas propriedades, tais como planejamento agrícola e crédito rural (COSTA; VIEIRA FILHO, 2018).

O Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP) é uma das modalidades de crédito disponíveis, que visa ao crescimento das atividades rurais e ao emprego de mão de obra no campo (COLADINI, 2014). Destina-se aos médios produtores rurais, posseiros ou arrendatários com renda bruta anual de até dois milhões de reais, da qual no mínimo 80% originam-se de atividades como a agricultura, a pecuária e/ou o extrativismo vegetal, além da busca por investimentos para a construção, ampliação e modernização de infraestruturas necessárias à dinamização da economia rural (BNDES, 2020).

Em 2017, dos 5.073.324 estabelecimentos agrícolas existentes no Brasil, 45,8% situavam-se no Nordeste, ao passo que o Sudeste, Sul, Norte e Centro-Oeste concentravam na devida ordem, 19,1%; 16,8%; 11,4% e 6,8% do total de estabelecimentos. No Brasil, dos 784.538 estabelecimentos que obtiveram financiamento, 36,29% localizavam-se no Nordeste, enquanto as demais regiões somavam 63,71%. A proporção de estabelecimentos que obtiveram recursos do PRONAMP no Sul foi de 6,96%, seguido do Nordeste com 6,60%. Em seguida, vem a região Sudeste com 5,52%. As regiões Centro-Oeste e Norte concentravam 2,44% e 1,33% dos estabelecimentos beneficiados pelo programa, respectivamente (IBGE, 2017).

Na literatura, ainda não existem trabalhos que relacionem o PRONAMP à modernização agrícola. Diante disso, faz-se o seguinte questionamento: Qual a relação existente entre o PRONAMP e a modernização da agricultura no Nordeste? Com base nessa questão, são analisadas as relações entre um grupo de variáveis relacionadas ao programa e à modernização agrícola. Especificamente, caracterizam-se os indicadores selecionados; em seguida, verifica-se o grau de correlação canônica entre os grupos de variáveis; identificam-se as contribuições e correlações entre variáveis originais e canônicas; e, por fim, analisa-se a influência do PRONAMP sobre a modernização da agricultura. Para isso, utilizaram-se os dados do Censo Agropecuário disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referente ao ano de 2017 e aplicou-se a Análise de Correlação Canônica, para quantificar a relação existente entre os conjuntos de variáveis com o intuito de maximizar a correlação entre eles (FÁVERO *et al.*, 2009).

O trabalho divide-se em cinco seções. Além desta, na segunda seção, faz-se uma discussão teórica sobre as políticas de crédito agrícola com foco no PRONAMP e a revisão da literatura sobre o tema em questão. Na terceira, são detalhados os procedimentos metodológicos adotados, como a descrição da técnica e fonte de dados. Na quarta seção, são apresentados os resultados dessa investigação. Na quinta, são apresentadas as considerações finais.

### **3.2 Referencial teórico**

A presente seção busca descrever o contexto das políticas de crédito agrícola no Brasil e, em seguida, constata alguns estudos empíricos sobre o tema em questão.

#### ***3.2.1 Contextualização de políticas de crédito agrícola: Programa de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP)***

No Brasil, o passo decisivo para a consolidação de políticas de crédito rural é datado de 1937, com a criação da carteira de Crédito Agrícola e Industrial do Banco do Brasil (CREAI). Mas, só em 1952 o CREAI foi regulamentado e foram criadas as linhas de financiamento para a comercialização de produtos agrícolas e investimentos em melhores condições de trabalho (MUNHOZ, 1982 *apud* SANTOS, 1988). Em 1965, foi criado o Sistema Nacional de Crédito Rural (SNRC) que viabilizou diferentes tipos de colaboração para a modernização da agricultura, com destaque para o crédito subsidiado<sup>13</sup> e a criação de serviços voltados para direcionar tecnologia ao agricultor (GREMAUD *et al.*, 2009).

Entre 1970 e 1980, cresceram o volume de recursos destinados às políticas agrícolas, com um seletivo grupo de agricultores ligados ao complexo agroindustrial da região Centro-Sul sendo priorizados (BITTENCOURT, 2003). Nesse contexto, apenas as regiões com maior dinamismo econômico recebiam recursos, como o Sudeste e o Sul (LIMA; RAMOS, 2010). Conforme Castro (2013), um entrave à agricultura como forma de dinamizar a economia nordestina corresponde aos aspectos climáticos, à adoção de técnicas defasadas e à dificuldade de obtenção de crédito nas instituições financeiras para o desenvolvimento da produção, especialmente em função da burocracia bancária.

Desde a seca de 1877, o Nordeste tem sido uma área de especial preocupação, com recursos públicos e privados voltados para o desenvolvimento e a modernização da atividade agrícola (RASK; MEYER; PÉRES, 1974). Esse setor tem uma ampla representatividade e é de fundamental importância para a economia brasileira. Conforme o Centro de Estudos Avançados

---

<sup>13</sup> Empréstimos a uma taxa de juros inferior à vigente no mercado (LOPES, LOWERY e PEROBA, 2016).

em Economia Aplicada, em 2016, o PIB do agronegócio foi de R\$ 1,2 trilhão, o correspondente a 20% do PIB brasileiro (R\$ 6,2 trilhões). No Nordeste, o total de crédito concedido aos produtores rurais foi de R\$ 11,7 bilhões, o equivalente a 7,48% do montante atribuído ao Brasil (R\$ 152 bilhões). Atualmente, as políticas como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF)<sup>14</sup> e o Programa de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP) são subsidiados e, amplamente, distribuídos no meio rural, pois proporcionam aos agricultores os recursos necessários para aumentar a eficiência e produtividade do setor agropecuário, além de garantir maior segurança nas operações (BAPTISTA *et al.*, 2019).

O Programa de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP) foi criado em junho de 2010, mas só em 30 de junho de 2011 a resolução nº 3.987 consolidou as disposições inerentes ao seu financiamento (BACEN, 2020). Essa política foi criada pelo Governo Federal com o objetivo de promover melhoramentos nas atividades rurais de produtores de médio porte, proporcionar o aumento da renda e gerar empregos no campo. Logo, mostra-se um mecanismo importante para o desenvolvimento rural ao propiciar melhorias na qualidade de vida dos agricultores, bem como promover incentivos para infraestrutura, irrigação, transporte e inovação atrelada à prática de técnicas sustentáveis. Nesse contexto, beneficia pessoas físicas ou jurídicas que explorem a terra na condição de proprietários, posseiros, arrendatários e parceiros que tenham receita operacional bruta de até R\$ 2 milhões de reais, da qual no mínimo, 80% originam-se de atividades agropecuárias e/ou extrativas vegetais (COLADINI, 2014).

Conforme Coladini (2014), o programa conta com recursos originários do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) destinados não só à modernização da infraestrutura produtiva, mas também à compra de itens relativos a bens e serviços necessários ao aumento da produção. Além disso, possui duas linhas de financiamento, a saber: investimento e custeio. Segundo Brasil (2019), o PRONAMP *Investimento* disponibiliza recursos destinados a melhorias de ativos fixos e financia bens novos e usados indispensáveis à implantação e expansão da formação bruta de capital fixo (FCBK), fundamentais ao empreendimento. Por sua vez, o PRONAMP *Custeio* viabiliza os haveres monetários necessários ao suprimento de capital para atender às despesas do ciclo produtivo. De acordo com Bacen (2011), a taxa de juros prefixada das operações de custeio é de 5% ao ano e o valor máximo do financiamento é de R\$ 1.500.000,00 por ano-safra<sup>15</sup>, ao passo que a taxa de juros das operações de investimento é de

---

<sup>14</sup> Instituído em 1996, tem por objetivo promover o desenvolvimento sustentável no meio rural, aumentando a capacidade produtiva, geração de empregos e renda para os agricultores familiares (BIANCHINI, 2015).

<sup>15</sup> Também chamado de ano agrícola, diferencia-se do ano civil ao compreender o período de 01 de julho a 30 de junho do ano seguinte (MAPA, 2020).

6% ao ano e o limite de crédito por beneficiário em cada ano agrícola é de R\$430.000,00.

O PRONAMP *investimento* subsidia a construção, reforma ou ampliação de benfeitorias e instalações permanentes; obras de irrigação e drenagem; florestamento e reflorestamento; formação de lavouras permanentes; produção ou recuperação de pastagens; aquisição de equipamentos empregados nas lavouras; recuperação ou reforma de máquinas, tratores, veículos e equipamentos e aquisição de máquinas, como veículos, tratores, colheitadeiras, implementos, embarcações e aeronaves. Já o PRONAMP *custeio* financia despesas normais do ciclo produtivo das lavouras e/ou animais, como tratos culturais; colheita; insumos; ração; medicamentos e vacinas; fertilizantes, corretivos, defensivos agrícolas ou sementes; produção de mudas e sementes certificadas e fiscalizadas; aquisição de milho, sorgo e farelo de soja para alimentar os animais e limpeza e reforma de pastagem, fenação, silagem e formação de forrageira periódica para consumo dos animais próprios (BRASIL, 2019).

Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2020), no Brasil, as contratações de crédito agrícola somaram R\$ 126,25 bilhões para a safra 2019/2020. O PRONAMP *custeio* teve uma participação de 24%, o equivalente a R\$ 25,3 bilhões, já na linha de *investimento*, a proporção foi de 5%, correspondente a R\$ 2,65 bilhões. Para o ano agrícola 2020/2021, a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2020) propõe a redução das taxas de juros do programa, a ampliação do limite de empréstimos e a inclusão da construção e reforma de residências e a compra de veículos novos ou usados para os funcionários das propriedades. Essas medidas irão incentivar o *funding* de financiamento rural e melhorar as condições de vida dos médios produtores. Buainain e González (2007) salientam a importância das políticas de crédito subsidiado para o fornecimento de recursos necessários à implementação de projetos produtivos, uma vez que o uso intensivo de capital, a modernização das tecnologias e a ampliação da escala de produção não seriam factíveis apenas com capital próprio.

### **3.2.2 Estudos empíricos**

Coladini (2014) fez uso de dados obtidos em uma abordagem exploratória com pesquisa bibliográfica e de campo para analisar o PRONAMP no município de Ministro Andreazza, em Rondônia, referente ao ano de 2014. Ao identificar seus beneficiados, os motivos da contratação, a aplicabilidade dos recursos obtidos e os benefícios advindos dessa modalidade de crédito, constatou que o programa contribuiu para o desenvolvimento do setor rural, pois o recurso influi sobre os investimentos e custeios realizados nas propriedades e aumenta a produtividade, propiciando a geração de emprego, renda e melhores condições de

trabalho.

De acordo com a literatura estrangeira, Binswanger e Khandker (1995) verificaram o impacto do crédito rural sobre o investimento agrícola, a produção e as receitas ao analisar 85 municípios indianos no período de 1972 a 1981. Os autores concluíram que o financiamento ampliou o uso de fertilizantes, aumentou a aplicação de recursos em maquinário e na pecuária e impactou os salários rurais. O efeito sobre os insumos foi maior do que sobre a produção, de modo que os investimentos de capital adicional foram mais importantes na substituição da mão de obra do que na produtividade. No tocante à literatura brasileira, Rezende (2006) mostrou que as políticas trabalhistas, fundiária e de crédito são responsáveis pelo predomínio de um padrão tecnológico importante para a produção em larga escala.

Ao analisar uma modalidade de crédito específica, a saber, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), os estudos da Fundação de Economia de Campinas (FECAMP, 2002) e de Couto Filho e Cerqueira (2002) verificaram que a produção e os níveis tecnológicos dos beneficiários dessa política são maiores do que a dos não beneficiários. Ao analisar os produtores do Sul e do Nordeste, FECAMP (2002) avaliou a existência de uma possível associação entre o PRONAF e as variáveis econômicas, sociais e ambientais, tais como renda, tecnologia, nível de vida, uso de agrotóxicos etc. Constatou, assim, que os recursos advindos do programa contribuem para a modernização das técnicas agrícolas. Por sua vez, Couto Filho e Cerqueira (2002), constataram que, na Bahia, os “*pronafricanos*” apresentaram maior produtividade e um maior incremento no patrimônio familiar do que os “*não-pronafricanos*”, em decorrência, principalmente, dos investimentos feitos em máquinas e insumos modernos.

Santos (1988) aborda o crédito rural como um instrumento da política de modernização da agricultura brasileira, em virtude do fornecimento de subsídios para incentivar o uso de insumos industriais. Conforme Silva *et. al.* (1983) *apud* Souza e Lima (2003), é sabido que as tecnologias implantadas no processo de produção direcionaram-se, principalmente, aos grandes e médios proprietários, não sendo incorporados pelos pequenos produtores, os quais continuaram utilizando técnicas obsoletas em relação aos mais atualizados. Costa Irmão (2016) ressalta a importância do desenvolvimento de políticas voltadas à modernização do meio agrícola, bem como de investimentos em mecanismos eficientes para evolução desse setor. No entanto, Santos (1988) defende a necessidade de pensar não apenas na modernização das práticas de produção, mas, principalmente, no desenvolvimento de um melhor bem-estar social.

### 3.3 Metodologia

Para caracterizar a modernização agrícola nos municípios do Nordeste, foram selecionados indicadores relevantes da literatura – como os utilizados nos trabalhos de Martins, Campos e Lima (2014), Costa Irmão (2016) e Beckman e Santana (2019) – com abordagens voltadas para a produtividade dos fatores e o uso de tecnologias modernas. A fim de mensurar a relação existente entre o Programa de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP) e as variáveis referentes à modernização da agricultura, foi utilizada a Análise de Correlação Canônica. O método multivariado adotado neste estudo foi o mesmo dos estudos realizados por Castro (2013), Silva *et al.* (2014) e Kroth e Neduziak (2020). Nesse sentido, são necessários dois conjuntos de variáveis capazes de relacionar o PRONAMP – especificamente a linha de *investimento* – ao progresso resultante da utilização das novas tecnologias de produção, como máquinas, sistemas de preparo de solos, orientação técnica e agrotóxicos.

#### 3.3.1 Análise das relações entre o PRONAMP e a modernização agrícola

A Análise de Correlação Canônica (ACC) foi desenvolvida por Hotelling (1936) e faz parte de um amplo conjunto de técnicas de análise multivariada de dados. Tem como objetivo principal identificar e quantificar o poder de associação entre dois vetores de variáveis. Seu uso é recomendado, basicamente, quando se têm medidas de resultado ou de desempenho e múltiplas variáveis dependentes e independentes (métricas ou não métricas) (HAIR JR *et al.*, 2005). De acordo com Fávero e Belfiore (2017), o modelo de correlação canônica pode ser descrito com a seguinte estrutura:

$$Y_1 \dots Y_q = f(X_1 \dots X_p) \quad (1)$$

Em que,  $X_p$  são as variáveis independentes e  $Y_q$  as variáveis dependentes. Os subscritos  $p$  e  $q$  referem-se ao número máximo de variáveis  $X$  e  $Y$ , respectivamente:

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_q = f(X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_p) \quad (2)$$

Segundo Sharma (1996) *apud* Fávero *et al.* (2009), a partir da expressão (2) é possível estruturar um sistema de equações, de acordo com o que se segue:

$$V_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p \quad (3)$$

$$W_1 = b_{11}Y_1 + b_{12}Y_2 + \dots + b_{1q}Y_q \quad (4)$$

As expressões (3) e (4) oferecem as novas variáveis  $V_1$  e  $W_1$ , que configuram as combinações lineares das variáveis  $X_p$  e  $Y_p$ , respectivamente. Logo, a ACC consiste em estimar os pesos ou coeficientes canônicos,  $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1p}$  e  $b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1q}$ , de modo que a correlação entre as duas variáveis canônicas,  $V_1$  e  $W_1$ , seja máxima. O mesmo procedimento deve ser elaborado para identificar o segundo vetor de variáveis canônicas,  $V_2$  e  $W_2$ , de modo que a correlação entre os pares obtidos seja zero:  $\text{corr}[(V_1, W_1); (V_2, W_2)] = 0$ . O segundo par de variáveis pode ser expresso da seguinte forma:

$$V_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p \quad (5)$$

$$W_2 = b_{21}Y_1 + b_{22}Y_2 + \dots + b_{2q}Y_q \quad (6)$$

Seguindo a lógica anterior, esse procedimento deve continuar  $m$  vezes, de modo que  $m < \min(p, q)$ . Em que  $m$  corresponde à quantidade de correlações canônicas,  $p$  e  $q$  são, nessa ordem, as variáveis dependentes e independentes. A correlação entre os dois vetores canônicos,  $V_m$  e  $W_m$ , deve ser máxima. Assim, temos que:

$$V_m = a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mp}X_p \quad (7)$$

$$W_m = b_{m1}Y_1 + b_{m2}Y_2 + \dots + b_{mq}Y_q \quad (8)$$

Dessa forma, deseja-se determinar os vetores de pesos canônicos  $a_k$  e  $b_k$ , com  $k = 1, 2, \dots, \min(p, q)$ , que satisfaçam os critérios estabelecidos para a construção dos pares de variáveis canônicas (MINGOTI, 2005). A aplicação da ACC permite a redução do número de variáveis em duas combinações lineares, que demonstram uma máxima correlação entre si e facilitam a interpretação (KROTH E NEDUZIAK, 2020).

A fim de verificar a significância das correlações canônicas, aplicam-se os testes F e Wilks'lambda. No entanto, o segundo é mais usado, pois avalia, conjuntamente, a significância estatística das raízes canônicas. Posteriormente, analisam-se as correlações entre as variáveis canônicas e as variáveis originais, que devem se situar no intervalo  $[-1, +1]$  e permitem identificar quais são essenciais para formar a variável canônica (FÁVERO; BELFIORE, 2017).

Por sua vez, as cargas canônicas elevadas ao quadrado fornecem a proporção de variação das variáveis originais em relação às variáveis canônicas dentro de um determinado vetor. Por fim, utilizam-se as cargas canônicas cruzadas para analisar a relação entre os grupos gerados pela correlação entre as variáveis originais e variáveis canônicas (HAIR *et al.*, 2009).

Assim, mensura-se a relação existente entre dois conjuntos de variáveis, um relacionado ao PRONAMP, e, o outro, à modernização da agricultura no Nordeste do Brasil.

### 3.3.2 Natureza e fonte de dados

Os dados desta pesquisa abrangem a região Nordeste e foram extraídos do Censo Agropecuário, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referente ao ano de 2017, formando uma amostra com 517 observações. O primeiro grupo contém variáveis baseadas na literatura<sup>16</sup> sobre a modernização agrícola, com abordagens relacionadas à produtividade dos fatores e ao uso intensivo de tecnologias modernas. O segundo grupo as variáveis são relacionadas ao Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP). Os indicadores relacionados à modernização da agricultura estão detalhados no Quadro 2.

A fim de reduzir as disparidades, as variáveis são expressas em relação à área explorada (AE), equivalente-homem (EH) e o total de estabelecimentos (TE) (PAZ, FREITAS; NICOLA, 2006). Hoffman (1992) *apud* Silva e Fernandes (2005) define área explorada<sup>17</sup> como o somatório das áreas de lavouras (permanentes e temporárias), matas (naturais e plantadas) e pastagens (naturais e plantadas). Equivalente-homem<sup>18</sup> refere-se à homogeneização da mão de obra de homens, mulheres e crianças com/sem grau de parentesco com o produtor (KAGEYAMA, 1983 *apud* FERREIRA JÚNIOR; BAPTISTA; LIMA, 2004) e o total de estabelecimentos reporta-se ao número de formações agrícolas independentes do tamanho ou da situação (urbano ou rural), subordinado a um único produtor (MADEIRA *et al.*, 2019).

Quadro 2 – Indicadores de modernização agrícola.

Variáveis (Y's)	Descrição
Y1	Número de estabelecimentos agrícolas que utilizaram sistema de preparo de solo/AE.
Y2	Número de estabelecimentos agrícolas com uso de irrigação/AE.
Y3	Número de estabelecimentos agrícolas com uso de adubação/AE.
Y4	Número de estabelecimentos agrícolas com uso de agrotóxicos/AE.
Y5	Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de adubos e corretivos/EH.
Y6	Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/EH.
Y7	Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/TE.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

O segundo grupo de variáveis baseou-se em informações sobre o PRONAMP

<sup>16</sup> Martins, Campos e Lima (2014), Costa Irmão (2016) e Beckman e Santana (2019).

<sup>17</sup> Calculado sem a variável matas plantadas, pois os *missigns* reduzem, substancialmente, a amostra.

<sup>18</sup> Somatório dos indivíduos com idades superiores e inferiores a 14 anos, com pesos 1 e 0,5 na devida ordem. E, menores de 14 anos com e sem grau de parentesco com o produtor com pesos de 0,4 e 0,5, respectivamente (MARTINS, CAMPOS e LIMA, 2014).

obtido pelos estabelecimentos agrícolas. Os valores desses financiamentos podem ter sido adquiridos junto a bancos, cooperativas de crédito, outras instituições financeiras, fornecedores de insumos, etc. (SOUZA, NEY, PONCIANO; 2015). A apresentação dos indicadores relacionados ao PRONAMP, estão detalhados no quadro 3.

Quadro 3 – Indicadores relacionados ao PRONAMP.

Variáveis (Y's)	Descrição
X1	Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com adubos e corretivos / TE.
X2	Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com sementes e mudas / TE.
X3	Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com agrotóxicos / TE.
X4	Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com transporte da produção / TE.
X5	Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com energia elétrica / TE.
X6	Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com combustíveis e lubrificantes / TE.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

Dado o caráter multidimensional da modernização agrícola no Nordeste, torna-se necessário um aceitável número de indicadores do PRONAMP capazes de caracterizá-la. Logo, as variáveis referem-se às despesas com insumos e tecnologias modernas por meio dos recursos advindos do programa, mensuradas em termos proporcionais ao total de estabelecimentos (TE), com o intuito de reduzir as discrepâncias existentes entre eles.

### 3.4 Resultados e discussão

O objetivo do presente estudo consiste em quantificar a relação entre um grupo de variáveis do Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP) e a modernização da agricultura no Nordeste. Assim, apresentam-se os principais resultados provenientes da aplicação da Análise de Correlação Canônica (ACC) em indicadores referentes aos fatores de produção e ao uso de insumos capazes de modernizar a produção agrícola.

#### 3.4.1 Caracterização de indicadores para os estados do Nordeste

A região Nordeste é formada por nove estados, a saber: Maranhão (MA), Piauí (PI), Ceará (CE), Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Alagoas (AL), Sergipe (SE) e Bahia (BA). Nesta subseção, são apresentadas as características dos estados da amostra para verificar a relação existente entre os conjuntos de indicadores do Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP) e a modernização agrícola (Tabela 7).

Tabela 7 – Estatísticas descritivas dos municípios da região Nordeste.

<b>Indicadores de modernização agrícola</b>				
<b>Variáveis (X's)</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-Padrão</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Y1</b>	0,02062	0,02179	0,00000874	0,1599743
<b>Y2</b>	0,00515	0,01212	0,00001050	0,1589960
<b>Y3</b>	0,01575	0,02291	0,00001030	0,1563131
<b>Y4</b>	0,00915	0,01230	0,00006310	0,1094416
<b>Y5</b>	0,90537	4,30482	0,00103490	61,179850
<b>Y6</b>	0,50791	1,19369	0,00551570	14,428250
<b>Y7</b>	1,89600	6,73983	0,01456030	103,61770
<b>Indicadores relacionados ao PRONAMP</b>				
<b>Variáveis (Y's)</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-Padrão</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>X1</b>	0,01330	0,02975	0,00000000	0,4540886
<b>X2</b>	0,00309	0,00613	0,00000000	0,0637283
<b>X3</b>	0,27952	1,05822	0,00000000	15,925410
<b>X4</b>	0,07885	0,39375	0,00000000	8,4099170
<b>X5</b>	0,29208	0,36092	0,01919870	3,9475360
<b>X6</b>	0,41226	0,69306	0,00459100	10,948290

Legenda: Y1: Número de estabelecimentos agrícolas que utilizaram sistema de preparo de solo/AE, Y2: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de irrigação/AE, Y3: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de adubação/AE, Y4: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de agrotóxicos/AE, Y5: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de adubos e corretivos/EH, Y6: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/EH, Y7: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/TE, X1: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com adubos e corretivos / TE, X2: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com sementes e mudas / TE, X3: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com agrotóxicos / TE, X4: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com transporte da produção / TE, X5: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com energia elétrica / TE, X6: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com combustíveis e lubrificantes / TE.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

Ao considerar os indicadores de modernização agrícola do Nordeste, o número de estabelecimentos agrícolas que tiveram despesas com combustíveis e lubrificantes (Y7) destaca-se por apresentar a melhor média e desvio-padrão, se comparado aos demais indicadores. O município de Luís Eduardo Magalhães (BA) possui o maior número de estabelecimentos agrícolas que tiveram despesas com adubos e corretivos (Y5) e combustíveis e lubrificantes (Y6 e Y7). Ao passo que, para esses indicadores, os municípios que apresentaram as menores médias localizam-se no estado do Piauí (PI), a saber: Campinas do Piauí (Y5) e Isaías Coelho (Y6 e Y7), respectivamente.

Quando se refere à utilização de sistemas de irrigação (Y2), o Nordeste não apresenta um bom prognóstico, tendo em vista que possui a menor média e desvio-padrão. O valor mínimo para essa variável corresponde a Baixa Grande do Ribeiro (PI) e o máximo à Santa Maria da Boa Vista (PE). Em relação ao uso de adubação e agrotóxicos (Y3 e Y4), Itabaiana (SE) exhibe o melhor valor, ao passo que Riacho Frio e Baixa Grande do Ribeiro, ambos localizados no Piauí (PI), os piores. Cocal (PI) expõe os piores números ao se considerar o número de estabelecimentos com sistemas de preparo de solo (Y1), já o maior situa-se em São Luís do Maranhão (MA).

No tocante às variáveis relacionadas ao Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP), o indicador que exibiu a menor média e desvio-padrão reporta-se ao valor das despesas com sementes e mudas (X2). Os municípios de Primavera (PE) e Varzedo (BA) não destinaram nenhum capital a esse insumo, ao passo que em Petrolândia (PE) houve os maiores dispêndios. Campinas do Piauí (PI) e São Bernardo (MA) não tiveram gastos com adubos e corretivos (X1), ao passo que a maior despesa foi em Petrolina (PE).

Os recursos do PRONAMP destinaram-se, em sua maioria, às despesas com energia elétrica e combustíveis e lubrificantes (X5 e X6). Os municípios com maiores gastos para X5 e X6 foram Barreiras e Teixeira de Freitas, ambos situados na Bahia (BA). Já o menor valor concentra-se em Tutóia (MA). Ao se referir às despesas com agrotóxicos (X3), destaca-se Luís Eduardo Magalhães (BA), já a menor magnitude foi em São Raimundo Nonato (PI). Acerca dos dispêndios para transportar a produção (X4), Baixa Grande (BA) se sobressai, ao passo que Pentecoste (CE), São Bernardo (MA), Abaiara (CE), Lagoa do Piauí (PI), Bela Vista do Maranhão (MA), Teofilândia (BA), Junqueiro (AL), Alto Longá (PI), Triunfo (PB), Apodi (RN), e Colinas (MA) não destinaram nenhum recurso do programa para deslocamento. Em geral, a região Nordeste não apresenta uma boa conjectura para as variáveis selecionadas, visto que a maioria apresenta valores médios relativamente baixos – próximos de zero.

A Tabela 8 descreve a média dos indicadores para os estados nordestinos. Comparando-os, constata-se que Sergipe (SE) se sobressai, uma vez que possui as melhores médias para quatro indicadores – dois dos sete de modernização agrícola e dois dos seis relacionados ao PRONAMP –, tais como variáveis referentes à utilização de adubação (Y3), aos agrotóxicos (Y4), às despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas com sementes e mudas (X2) e com o transporte da produção (X4). Entretanto, apenas 14 municípios sergipanos são beneficiados por essa política governamental.

Em segunda colocação, Pernambuco (PE), apresenta resultados favoráveis para três indicadores – dois relativos à modernização e um pertinente ao programa –, a saber: número de estabelecimentos que fazem uso de sistema de preparo de solo (Y1), irrigação (Y2) e o valor dos gastos com adubos e corretivos (X1). A Bahia (BA) apresentou um significativo número de propriedades agrícolas que possuem despesas com adubos e corretivos (Y5) e possui consideráveis gastos com agrotóxicos (X3). Pernambuco (PE) e Bahia (BA) possuem, respectivamente, um total de 60 e 219 municípios beneficiados pelo PRONAMP.

Ao relacionar equivalente-homem (Y6) e total de estabelecimentos (Y7) aos custos com combustíveis e lubrificantes, o estado de Alagoas (AL) se destaca. No entanto, apenas 11 municípios são contemplados pelo programa, contribuindo para este exibir a menor média

quando se trata de destinar recursos para o financiamento de energia elétrica (X5). O Piauí (PI) apresenta o pior desempenho em quatro variáveis relacionadas a modernização, como: sistemas de preparo de solo (Y1), irrigação (Y2), adubação (Y3) e agrotóxicos (Y4). O PRONAMP abrange 44 municípios piauienses e têm os menores gastos com adubos e corretivos (X1).

Tabela 8 – Estatísticas descritivas dos estados do Nordeste.

Indicadores de modernização agrícola									
Variáveis (Y's)	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA
Y1	0,01067	<b>0,00907</b>	0,02380	0,01411	0,02382	<b>0,03427</b>	0,02906	0,03377	0,01914
Y2	0,00242	<b>0,00119</b>	0,00532	0,00290	0,00293	<b>0,01371</b>	0,00333	0,00881	0,00448
Y3	0,00505	<b>0,00202</b>	0,01125	0,00752	0,01670	0,02927	0,02179	<b>0,03961</b>	0,01739
Y4	0,00471	<b>0,00424</b>	0,01541	0,00572	0,00918	0,01658	0,01422	<b>0,02117</b>	0,00617
Y5	0,56350	1,29331	0,15295	0,75380	<b>0,14962</b>	0,50212	0,56994	0,69304	<b>1,41988</b>
Y6	0,50675	0,66670	0,34931	0,46922	<b>0,34038</b>	0,37496	<b>0,80825</b>	0,62575	0,56931
Y7	1,73313	2,28304	<b>0,83458</b>	1,67545	0,89038	1,23046	<b>3,81951</b>	2,06487	2,44491
Indicadores relacionados ao PRONAMP									
Variáveis (X's)	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA
X1	0,00465	<b>0,00188</b>	0,00782	0,00853	0,00500	<b>0,02863</b>	0,01562	0,01758	0,01532
X2	0,00369	0,00140	0,00209	0,00171	<b>0,00102</b>	0,00360	0,00421	<b>0,00971</b>	0,00340
X3	0,33460	0,28431	0,04234	0,13910	<b>0,03695</b>	0,19993	0,16714	0,23080	<b>0,41706</b>
X4	0,10949	0,05092	<b>0,02223</b>	0,10810	0,03370	0,06133	0,09841	<b>0,15642</b>	0,10530
X5	0,25067	0,21543	0,28244	<b>0,68575</b>	0,20906	0,24967	<b>0,15844</b>	0,49597	0,32590
X6	<b>0,60335</b>	0,40446	<b>0,25489</b>	0,48655	0,30731	0,26974	0,36906	0,43084	0,46220

Legenda: Y1: Número de estabelecimentos agrícolas que utilizaram sistema de preparo de solo/AE, Y2: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de irrigação/AE, Y3: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de adubação/AE, Y4: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de agrotóxicos/AE, Y5: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de adubos e corretivos/EH, Y6: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/EH, Y7: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/TE, X1: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com adubos e corretivos / TE, X2: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com sementes e mudas / TE, X3: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com agrotóxicos / TE, X4: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com transporte da produção / TE, X5: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com energia elétrica / TE, X6: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com combustíveis e lubrificantes / TE.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

A Paraíba (PB) tem em média os menores gastos com adubos e corretivos (Y5) e combustíveis e lubrificantes (Y6). Com 30 cidades beneficiadas, destina pouco recurso às sementes e mudas (X2) e agrotóxicos (X3). O Ceará (CE) exibe as menores médias quando se trata do uso de combustíveis e lubrificantes (Y7). Com 75 municípios contemplados, apresenta as menores despesas com transporte (X4) e combustíveis e lubrificantes (X6). Apesar do PRONAMP beneficiar 11 municípios do Rio Grande do Norte (RN), este tem as maiores despesas com energia elétrica (X5). Por fim, no Maranhão (MA) há 53 cidades beneficiadas e é o estado que mais gasta com combustíveis e lubrificantes (X6).

### 3.4.2 Análise das relações entre o PRONAMP e a modernização agrícola

O objetivo desse estudo consiste em quantificar a relação entre um grupo de variáveis relacionadas ao Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP) e à modernização da agricultura no Nordeste. Assim, apresentam-se os principais resultados provenientes da Análise de Correlação Canônica (ACC) em indicadores referentes aos fatores de produção e ao uso de insumos capazes de modernizar a produção agrícola.

#### 3.4.2.1 Grau de correlação canônica entre os grupos de variáveis

Primeiramente, foram estimadas as correlações simples entre o Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP) e a modernização da agricultura, para avaliar a existência de *multicolinearidade* entre eles. A Tabela 9 mostra que o número de estabelecimentos agrícolas que gastaram com agrotóxicos (X3) e combustíveis e lubrificantes (X6) estão altamente correlacionados com as despesas com adubos e corretivos (Y5), combustíveis e lubrificantes (Y6 e Y7). Por sua vez, o número de estabelecimentos agrícolas com sistemas de preparo de solo (Y1), irrigação (Y2), adubação (Y3) e agrotóxicos (Y4) mostraram-se estar pouco correlacionados com os recursos do PRONAMP destinados a financiar dispêndios com agrotóxicos (X3), transporte da produção (X4) e energia elétrica (X5).

Tabela 9 – Coeficientes de correlação simples entre os indicadores relacionados ao PRONAMP e à modernização agrícola.

		Indicadores relacionados ao PRONAMP					
		X1	X2	X3	X4	X5	X6
Indicadores de modernização agrícola	Y1	0,17615	0,25698	-0,14069	-0,02881	-0,08238	-0,19346
	Y2	0,46733	0,36414	-0,00157	-0,02739	0,10626	-0,05251
	Y3	0,38078	0,27977	-0,08346	-0,02799	-0,02253	-0,11505
	Y4	0,39806	0,23103	-0,06667	-0,05206	0,00821	-0,11814
	Y5	0,05213	0,03435	0,85148	0,00155	0,30678	0,46631
	Y6	0,08148	0,03507	0,85481	0,02001	0,37205	0,60336
	Y7	0,08778	0,02312	0,87665	0,01755	0,37444	0,57821

Legenda: Y1: Número de estabelecimentos agrícolas que utilizaram sistema de preparo de solo/AE, Y2: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de irrigação/AE, Y3: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de adubação/AE, Y4: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de agrotóxicos/AE, Y5: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de adubos e corretivos/EH, Y6: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/EH, Y7: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/TE, X1: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com adubos e corretivos / TE, X2: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com sementes e mudas / TE, X3: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com agrotóxicos / TE, X4: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com transporte da produção / TE, X5: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com energia elétrica / TE, X6: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com combustíveis e lubrificantes / TE.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

A Análise de Correlação Canônica gerou seis correlações canônicas, conforme o número mínimo de variáveis entre os dois grupos, correspondendo aos indicadores relacionados ao PRONAMP. Inicialmente, verificou-se a significância estatística das correlações canônicas por meio da estatística F e dos testes estatísticos multivariados Wilk's Lambda, Pillai's trace e Lawley-Hotteling trace. Os resultados estão expostos na Tabela 10. A avaliação conjunta das correlações canônicas mostrou que, no Nordeste, há uma relação linear entre os indicadores referentes à modernização agrícola e ao PRONAMP. Portanto, ao nível de significância de 1%, rejeita-se a hipótese nula de que os dois vetores de variáveis não são linearmente relacionados.

Tabela 10 – Testes de significância das correlações canônicas em conjunto.

Testes	Estatística	F	Prob > F
<b>Wilks' Lambda</b>	0,09578	36,5761	0,0000
<b>Pillai's trace</b>	1,34090	20,9274	0,0000
<b>Lawley-Hotteling trace</b>	5,50132	65,7976	0,0000

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

Identificada a relação linear entre os conjuntos de indicadores, é importante analisar o grau de correlação canônica entre eles, observado por meio das raízes canônicas ( $R^2$ ), também conhecidas como autovalores. A Tabela 11 mostra que, apesar das quatro primeiras correlações serem significativas no teste individual, apenas a primeira apresentou um alto coeficiente de correlação, com ( $R^2$ ) igual 0,8285. A segunda, terceira e quarta correlação tiveram raízes canônicas equivalentes a 0,3022, 0,1381 e 0,0570, respectivamente. Assim, a primeira dimensão apresenta o maior percentual de variância para os dois grupos de variáveis.

Tabela 11 – Teste de Lambda Wilk's individual para cada correlação canônica.

	Correlação Canônica (R)	Raiz Canônica ( $R^2$ )	Estatística	F	Prob > F
<b>1ª Correlação Canônica</b>	0,9102	0,8285	0,0958	36,5761	0,0000
<b>2ª Correlação Canônica</b>	0,5497	0,3022	0,5586	10,5611	0,0000
<b>3ª Correlação Canônica</b>	0,3716	0,1381	0,8005	5,8270	0,0000
<b>4ª Correlação Canônica</b>	0,2388	0,0570	0,9288	3,1673	0,0002
<b>5ª Correlação Canônica</b>	0,1188	0,0141	0,9849	1,2929	0,2575
<b>6ª Correlação Canônica</b>	0,0314	0,0009	0,9990	0,2517	0,7775

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

A fim de verificar o nível de significância das correlações canônicas, foi utilizado o teste de Wilk's Lambda e seus resultados individuais. As evidências mostram que as três primeiras dimensões apresentam significância inferior a 1% e a quarta dimensão a 5%. Logo, para uma dimensão ser estatisticamente significativa, a Prob > F deve ser menor que 0,05. As demais correlações não apresentam relevância. Portanto, aceita-se a hipótese de que existe

relação entre o PRONAMP e a modernização da agricultura e constata-se que as quatro primeiras correlações são necessárias para descrever tal elo (Tabela 11).

### 3.4.2.2 Contribuições e correlações entre variáveis originais e canônicas

Analisando os coeficientes padronizados das cargas canônicas, observa-se que quanto maior o seu valor, mais importante é a variável para a derivação estatística (HAIR JUNIOR *et al.*, 2005). Para  $U_1$ , verifica-se que os estabelecimentos que gastaram com adubos e corretivos (Y5), combustíveis e lubrificantes (Y7), apresentaram valores mais elevados, o que sugere uma maior propensão à modernização da agricultura no Nordeste. Em relação aos indicadores relativos ao Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP), as despesas com agrotóxicos (X3) merecem destaque para a formação de  $V_1$  (Tabela 12).

Tabela 12 – Coeficientes padronizados das variáveis canônicas.

Indicadores de modernização agrícola				
Variáveis Canônicas	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$
Y1	-0,009697	-0,273541	0,675855	1,026465
Y2	-0,019491	<b>0,634574</b>	-0,100928	0,639559
Y3	-0,074432	<b>0,462495</b>	-0,440309	-0,565879
Y4	-0,017560	0,210229	0,072781	-0,749346
Y5	<b>0,400884</b>	0,030128	<b>1,681093</b>	-0,268019
Y6	0,051843	-0,234808	<b>-1,921801</b>	<b>1,851196</b>
Y7	<b>0,564676</b>	0,345223	0,312589	<b>-1,483066</b>
Indicadores relacionados ao PRONAMP				
Variáveis Canônicas	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$
X1	-0,160754	<b>0,889225</b>	-0,314069	-0,665473
X2	-0,067290	0,229740	0,294877	<b>1,070005</b>
X3	<b>0,998163</b>	0,178265	0,755021	-0,198370
X4	-0,003149	-0,052638	-0,088355	0,094884
X5	-0,051832	-0,071076	-0,066634	0,030933
X6	0,080622	-0,280573	<b>-1,139146</b>	0,339015

Legenda: Y1: Número de estabelecimentos agrícolas que utilizaram sistema de preparo de solo/AE, Y2: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de irrigação/AE, Y3: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de adubação/AE, Y4: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de agrotóxicos/AE, Y5: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de adubos e corretivos/EH, Y6: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/EH, Y7: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/TE, X1: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com adubos e corretivos / TE, X2: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com sementes e mudas / TE, X3: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com agrotóxicos / TE, X4: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com transporte da produção / TE, X5: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com energia elétrica / TE, X6: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com combustíveis e lubrificantes / TE.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

A Tabela 12 mostra que os estabelecimentos que utilizam irrigação e adubação (Y2 e Y3), apresentam maior influência na formação de  $U_2$ . Ao passo que os dispêndios com adubos

e corretivos (X1) constituem-se importantes para  $V_2$ . Os maiores valores – em módulo – para  $U_3$  referem-se à utilização de adubos e corretivos (Y5) e combustíveis e lubrificantes (Y7). Ao passo que influenciam na formação de  $V_3$ , apenas os recursos do PRONAMP destinados aos combustíveis e lubrificantes (X6). O uso de combustíveis e lubrificantes em termos proporcionais à mão de obra (Y6) e ao total de estabelecimentos (Y7) contribuem para a formação de  $U_4$ . Já para  $V_4$ , são importantes os gastos com sementes e mudas (X2).

Para tornar as interpretações mais consistentes, são utilizadas as correlações entre as variáveis originais e canônicas, expostas na Tabela 13. Em relação aos indicadores de modernização da agricultura, as variáveis que se referem ao número de estabelecimentos que realizam despesas com adubos e corretivos e combustíveis e lubrificantes – seja relacionado à equivalente homem (EH) e/ou total de estabelecimentos (TE) – (Y5, Y6 e Y7), apresentaram maior influência para a formação de  $U_1$ . Já para a segunda dimensão,  $U_2$ , destaca-se a utilização de irrigação, adubação e agrotóxicos (Y2, Y3 e Y4). O uso de sistemas de preparo de solo (Y1) apresenta forte influência para a formação da terceira e quarta dimensões.

Tabela 13 – Cargas canônicas.

Variáveis Canônicas	Indicadores de modernização agrícola			
	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$
<b>Y1</b>	-0,2167	0,4589	<b>0,3838</b>	<b>0,4808</b>
<b>Y2</b>	-0,1218	<b>0,9234</b>	0,0392	0,2591
<b>Y3</b>	-0,1883	<b>0,7702</b>	0,0940	0,0845
<b>Y4</b>	-0,1712	<b>0,7831</b>	0,0845	-0,2060
<b>Y5</b>	<b>0,9458</b>	0,0970	0,2284	0,0037
<b>Y6</b>	<b>0,9526</b>	0,0657	-0,2253	0,1327
<b>Y7</b>	<b>0,9739</b>	0,0907	-0,1185	0,0071
Variáveis Canônicas	Indicadores relacionados ao PRONAMP			
	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$
<b>X1</b>	0,0314	<b>0,9476</b>	-0,2915	-0,1147
<b>X2</b>	-0,0064	<b>0,6176</b>	0,0757	<b>0,7818</b>
<b>X3</b>	<b>0,9772</b>	0,2046	-0,0010	0,0245
<b>X4</b>	0,0169	-0,0582	-0,1037	0,0769
<b>X5</b>	0,3889	0,2409	-0,3716	0,1726
<b>X6</b>	<b>0,6133</b>	0,0246	<b>-0,7488</b>	0,2342

Legenda: Y1: Número de estabelecimentos agrícolas que utilizaram sistema de preparo de solo/AE, Y2: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de irrigação/AE, Y3: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de adubação/AE, Y4: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de agrotóxicos/AE, Y5: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de adubos e corretivos/EH, Y6: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/EH, Y7: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/TE, X1: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com adubos e corretivos / TE, X2: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com sementes e mudas / TE, X3: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com agrotóxicos / TE, X4: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com transporte da produção / TE, X5: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com energia elétrica / TE, X6: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com combustíveis e lubrificantes / TE.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

Ao considerar as despesas com recursos provenientes do PRONAMP, os gastos com agrotóxicos (X3) e combustíveis e lubrificantes (X6) exercem forte influência na formação de  $V_1$ . Já para  $V_2$ , demonstraram-se de fundamental importância os dispêndios com adubos e corretivos (X1), sementes e mudas (X2). Apesar da correlação negativa, a variável de maior magnitude – em módulo – para  $V_3$  diz respeito aos custos com combustíveis e lubrificantes (X6). Por sua vez, a quarta dimensão ( $V_4$ ), é composta pelos recursos do programa governamental gastos com sementes e mudas (X2).

Em síntese, a análise das Tabelas 12 e 13 mostra que houve uma pequena divergência entre as variáveis que tiveram maior influência na formação das variáveis canônicas, bem como nos valores das correlações para as quatro dimensões estatisticamente significantes. Em ambos os grupos, as variáveis que obtiveram maiores coeficientes padronizados estão enquadradas entre as cargas canônicas que mais se destacaram, com exceção de  $U_3$  e  $U_4$  para os indicadores relacionados à modernização da agricultura nordestina. No entanto, vale ressaltar que os resultados expostos na Tabela 13 apresentam maior estabilidade e consistência para a formação das variáveis canônicas.

#### *3.4.2.3 Influência dos indicadores relacionados ao PRONAMP sobre a modernização da agricultura no Nordeste do Brasil*

A Tabela 14 mostra as cargas canônicas cruzadas para as dimensões significantes, indicando a correlação entre as variáveis originais e a variável canônica referente aos conjuntos de indicadores. Ao se comparar os resultados expostos nas Tabelas 13 (subseção 3.4.2.2) e 14, verificam-se que, em ambos os grupos, as duas primeiras dimensões apresentaram comportamentos semelhantes. Entretanto, para a terceira e quarta dimensão, os coeficientes das cargas canônicas cruzadas tiveram valores, significativamente, inferiores.

Quanto à primeira variável canônica, observa-se que quanto maiores os recursos do Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP) destinados a agrotóxicos (X3) e combustíveis e lubrificantes (X6), mais propensa estará a região Nordeste à modernização da agricultura. Como afirmaram Gelatti *et al.* (2020), ao estudarem a modernização agrícola para o estado do Rio Grande do Sul (RS), investimentos em suprimentos agrícolas como adubos e corretivos (Y5), combustíveis e lubrificantes (Y6 e Y7) aumentam a produção e contribuem para a ampliação das áreas agricultáveis, em decorrência, do uso eficiente dos fatores de produção terra, capital e trabalho (Tabela 14).

Em relação à segunda variável canônica, afirma-se que quanto maiores os gastos

com adubos e corretivos (X1), maior tende a ser o nível de modernização agrícola, visto que os estabelecimentos que utilizam mecanismos capazes de intensificar a exploração da terra – como irrigação (Y2), adubação (Y3) e agrotóxicos (Y4) – aproveitam melhor as potencialidades de cada região. Conforme Souza e Khan (2001) e Martins, Campos e Lima (2014), essas tecnologias são essenciais para aumentar a produtividade da terra. A FECAMP (2002) concluiu que os investimentos em fatores econômicos, sociais e ambientais, como: renda e insumos – agrotóxicos e fertilizantes – contribuem para a modernização das técnicas agrícolas.

Tabela 14 – Cargas canônicas cruzadas.

Indicadores de modernização agrícola				
Variáveis Canônicas	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>
Y1	-0,1973	0,2523	0,1426	0,1148
Y2	-0,1109	<b>0,5076</b>	0,0146	0,0619
Y3	-0,1714	<b>0,4233</b>	0,0349	0,0202
Y4	-0,1559	<b>0,4305</b>	0,0314	-0,0492
Y5	<b>0,8609</b>	0,0533	0,0849	0,0009
Y6	<b>0,8671</b>	0,0361	-0,0837	0,0317
Y7	<b>0,8865</b>	0,0499	-0,0440	0,0017
Indicadores relacionados ao PRONAMP				
Variáveis Canônicas	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	U <sub>4</sub>
X1	0,0285	<b>0,5208</b>	-0,1083	-0,0274
X2	-0,0058	0,3395	0,0281	0,1867
X3	<b>0,8895</b>	0,1124	-0,0004	0,0059
X4	0,0154	-0,0320	-0,0385	0,0184
X5	0,3540	0,1324	-0,1381	0,0412
X6	<b>0,5583</b>	0,0135	-0,2783	0,0559

Legenda: Y1: Número de estabelecimentos agrícolas que utilizaram sistema de preparo de solo/AE, Y2: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de irrigação/AE, Y3: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de adubação/AE, Y4: Número de estabelecimentos agrícolas com uso de agrotóxicos/AE, Y5: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de adubos e corretivos/EH, Y6: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/EH, Y7: Número de estabelecimentos agrícolas com despesas de combustíveis e lubrificantes/TE, X1: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com adubos e corretivos / TE, X2: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com sementes e mudas / TE, X3: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com agrotóxicos / TE, X4: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com transporte da produção / TE, X5: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com energia elétrica / TE, X6: Valor das despesas realizadas pelos estabelecimentos agrícolas financiados pelo PRONAMP com combustíveis e lubrificantes / TE.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

Na Tabela 15, estão expostas as medidas de redundância (MR) para as quatro correlações canônicas estatisticamente significantes. Além disso, são demonstradas as médias da variância e as raízes canônicas ( $R^2$ ) ou correlações ao quadrado, ambas indispensáveis para mensurar essa medida. Ademais, observa-se, também, a medida de redundância total (MRT), resultante do somatório das medidas de redundância (MR).

Tabela 15 – Medidas de redundância (MR).

Correlação Canônica	Média da variância	R <sup>2</sup>	Medida de redundância (MR)
1ª Correlação Canônica	0,4110	0,8285	0,3405
2ª Correlação Canônica	0,3274	0,3022	0,0989
3ª Correlação Canônica	0,0403	0,1381	0,0056
4ª Correlação Canônica	0,0522	0,0570	0,0030
<b>MRT</b>			0,4480

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

A primeira correlação canônica apresenta uma MR igual a 0,3405 e mostra que 34,05% da variância dos indicadores de modernização da agricultura nordestina são explicados pelas variáveis do PRONAMP. Já a segunda, terceira e quarta correlações indicam que 9,89%, 5,6% e 3% da variância nas variáveis dependentes são geradas pelas variáveis explicativas, respectivamente. Ademais, conforme expresso na Tabela 15, observa-se uma MRT igual a 0,4480, significando que os indicadores do PRONAMP influenciam 44,80% da variância das variáveis referentes à modernização, sendo a primeira dimensão responsável pela maior parcela. Isto posto, conclui-se que quanto mais recursos são destinados à compra de agrotóxicos (X3) e combustíveis e lubrificantes (X6), mais modernos tendem a ser os municípios da região.

Os escores canônicos facilitam a identificação das observações que apresentaram os maiores e menores valores para as dimensões analisadas. Desse modo, a Tabela 16 apresenta os valores para as quatro dimensões estatisticamente significantes e, que são, portanto, suficientes para descrever a relação existente entre o PRONAMP e a modernização da agricultura no Nordeste. Para  $U_1$  e  $V_1$ , destaca-se o município de Luís Eduardo Magalhães ao passo que Santa Maria da Boa Vista (PE) e Ubajara (CE), respectivamente, apresentaram os menores valores para os primeiros pares canônicos.

Tabela 16 – Escores canônicos para as quatro dimensões estatisticamente significantes.

	Variável canônica	Mínimo	Máximo
1ª Correlação Canônica	$U_1$	-0,9993	14,8199
	$V_1$	-1,1311	2,4219
2ª Correlação Canônica	$U_2$	-0,8071	11,3967
	$V_2$	-2,5478	13,5873
3ª Correlação Canônica	$U_3$	-7,2496	9,9524
	$V_3$	-16,5066	2,5827
4ª Correlação Canônica	$U_4$	-5,0301	6,6813
	$V_4$	-7,4108	5,9132

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

Ao se considerar a segunda dimensão, Santa Maria da Boa Vista e Petrolina, ambos situados em Pernambuco (PE) exibem os melhores números, tanto para os indicadores referentes ao PRONAMP, como para a modernização agrícola no Nordeste. Na devida ordem,

Carnaíba (PE) e Teixeira de Freitas (BA) possuem os valores mínimos. Para  $U_3$  e  $V_3$ , respectivamente, Correntina (BA) e Anapurus (MA) tiveram os maiores escores e, Teixeira de Freitas (BA) e Teotônio Vilela (AL), os menores. Por fim, na última dimensão canônica, o escore máximo corresponde a São Luís (MA) e Carfanaum (BA), já os mínimos equivalem a Pirai do Norte (BA) e Petrolina (PE) – para  $U_4$  e  $V_4$  (Tabela 16).

Diante dos resultados analisados, observa-se que de um total de 1.793 municípios nordestinos, apenas 28,83%, ou seja, 517 municípios contêm propriedades agrícolas beneficiadas pelo PRONAMP. Os recursos advindos do programa são destinados, em sua maioria, à compra de agrotóxicos e combustíveis e lubrificantes. Ademais, percebe-se que a modernização agrícola, no Nordeste, ainda é um processo lento, decorrente de problemas relacionados ao aproveitamento eficiente de tecnologias agrícolas como a utilização adequada de adubos e corretivos, combustíveis e lubrificantes, seja em relação ao total de estabelecimentos como à quantidade de mão de obra empregada.

Segundo Binswanger e Khandker (1995), o financiamento de crédito rural incentiva os investimentos, a produção e as receitas, devido à ampliação do uso de instrumentos agrícolas como fertilizantes, corretivos e lubrificantes. Rezende (2006) afirma que as políticas de crédito melhoram o padrão tecnológico das propriedades. Fator essencial para estimular a produção em larga escala.

Entretanto, tais políticas ainda estão muito centralizadas, pois beneficiam, em sua maioria, as grandes propriedades. É de fundamental importância que haja uma maior inserção das pequenas propriedades, e nos médios e grandes estabelecimentos, sejam verificados, constantemente, se os recursos estão sendo utilizados de forma eficiente.

### **3.5 Considerações finais**

O presente estudo procurou discutir se o Programa de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP) favorece o desenvolvimento de ações capazes de melhorar a infraestrutura e os serviços fundamentais ao incentivo da atividade rural. Dessa forma, foi mensurado e quantificado a relação entre um grupo de variáveis relacionados ao programa e à modernização da agricultura nos municípios do Nordeste. Para isso, foram utilizados dados do Censo Agropecuário, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referentes ao ano de 2017, e aplicou-se a Análise de Correlação Canônica (ACC).

Os resultados indicam que há uma relação linear entre os dois conjuntos de indicadores, de maneira que, das 6 correlações canônicas geradas, 4 se mostraram

estatisticamente significantes para descrever a relação entre o PRONAMP e a modernização agrícola nordestina. Os percentuais de variância compartilhada entre si correspondem a 82,85%, 30,22%, 13,81% e 5,7%. Apesar da segunda, terceira e quarta dimensões serem estatisticamente significantes, a primeira dimensão apresenta proporção máxima de variação, concluindo-se, portanto, que as variáveis dependentes se relacionam com as variáveis independentes.

As variáveis que mais influenciam a modernização da agricultura no Nordeste foram a utilização de sistemas de irrigação e adubação. Quanto aos insumos agrícolas, destacam-se aqueles estabelecimentos que fazem uso de agrotóxicos, adubos e corretivos e combustíveis e lubrificantes – seja de forma proporcional à mão de obra prestada ou mesmo ao total de estabelecimentos dos municípios. Quanto aos indicadores relativos ao PRONAMP, estão em evidência as despesas realizadas com recursos do programa destinadas à compra de adubos e corretivos, agrotóxicos e combustíveis e lubrificantes. Portanto, observa-se que quanto maiores os investimentos nessas tecnologias agrícolas, mais modernos serão os estabelecimentos agrícolas beneficiados por essa política de crédito.

Ademais, obteve-se um índice de redundância total igual a 0,4480, ou seja, 44,80% da variância do conjunto de variáveis de modernização são influenciados pelo PRONAMP. Verifica-se, ainda, que a primeira correlação canônica é responsável por 34,05% da variância total da amostra. No Nordeste, o progresso tecnológico ainda é lento, impactando, fortemente, os níveis de modernização no meio rural, e apesar dos recursos dos programas governamentais tornarem os municípios mais propensos à modernização, essa relação ainda é baixa.

A fim de dinamizar a atividade agrícola no meio rural nordestino, uma série de iniciativas deve ser tomada, tais como investimentos em novas tecnologias que impulsionem a produção, bem como sua comercialização e distribuição. Além disso, é indispensável o desenvolvimento de políticas de fornecimento de crédito que vão além do assistencialismo, fornecendo orientações de como destinar os recursos de maneira eficiente, o que poderá vir a amenizar a carência de informação e tecnologia da região.

Ao final deste estudo, sugere-se que trabalhos futuros considerem a relação entre o PRONAMP e a modernização da agricultura, adicionando novos indicadores que caracterizem cada dimensão, seja em âmbito estadual, regional ou nacional. Propõe-se, ainda, o desenvolvimento de pesquisas que analisem mais de um período, observando como se dá a relação entre os conjuntos de variáveis com o decorrer do tempo.

## 4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do Brasil foi impulsionado pela evolução no setor primário. Contudo, somente a partir de 1960 que a agricultura passou a fomentar a industrialização no país, visto que havia a necessidade de produzir alimentos para suprir o grande fluxo migratório e o aumento da população urbana (SOUZA, 2009). A agricultura respondeu a esses desafios de maneira satisfatória, uma vez que a disponibilidade de insumos modernos, maquinário e instrumentos agrícolas contribuiu para a sua modernização, pois aumentou, consideravelmente, a produtividade dos fatores de produção – terra, capital e trabalho – e supriu o mercado interno.

Autores como Santos (2015), Rebello, Santos e Homma (2015) e Teixeira (2005) afirmam que a utilização de tratores, adubos, inseticidas etc intensificam a base tecnológica e ampliam a relação entre os setores econômicos. Já Souza e Khan (2001) atribuem à modernização agrícola as modificações que ocorreram nas relações sociais de produção. Diferentemente do restante do país, o Nordeste não apresentou as mesmas condições favoráveis para inovações, uma vez que essa região se apoiou em técnicas agrícolas tradicionais e de baixa produtividade (COSTA *et al.*, 2012). Além disso, as mudanças significativas na agricultura brasileira beneficiaram, principalmente, os médios e grandes produtores rurais (LEITE, 2001).

O primeiro ensaio, denominado “Índice de modernização agrícola na região Nordeste”, calculou o Índice de Modernização Agrícola (IMA) e agrupou os municípios com características similares. Especificamente, elaborou-se um *ranking* estatístico dos estados nordestinos e identificados os fatores comuns relacionados a eles. Para isso, os dados do Censo Agropecuário foram utilizados, referente ao ano de 2017, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Além disso, a Análise Fatorial e a de *Clusters* serviram ao objetivo de classificar os municípios conforme as suas propensões para o progresso tecnológico.

Como resultado, foram gerados quatro fatores que refletem o grau de modernização, e que juntos explicaram 84,99% da variação total dos dados. O Fator 1 relaciona-se à mão de obra, recursos hídricos e elétricos, práticas de preparo de solo e relações entre produtividade do trabalho e total de estabelecimentos pela área explorada. O Fator 2 é composto pelos indicadores relacionados à área dos estabelecimentos e às despesas com adubos, corretivos, combustíveis e lubrificantes. O Fator 3 ressalta a importância da orientação técnica e da utilização de irrigação, adubação e agrotóxicos. Por fim, o Fator 4 incorpora indicadores relacionados ao transporte.

Em geral, o progresso tecnológico da atividade agrícola ainda é lento, possuindo 84,9% dos municípios com baixo IMA e somente 1,25% com índice considerado bom. O estado

de maior destaque foi Sergipe (SE), por possuir os melhores indicadores relativos ao número de veículos, à mão de obra, à energia elétrica e à utilização de sistemas de preparo de solo e adubação. Entretanto, o estado que apresentou as piores médias foi o Piauí (PI), principalmente, em relação à quantidade de pessoas ocupadas, à existência de recursos hídricos, ao recebimento de orientação técnica e ao uso de sistemas de preparo de solo, adubação e agrotóxicos.

O segundo ensaio, intitulado “Análise das relações entre o Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor (PRONAMP) e a modernização agrícola no Nordeste do Brasil”, analisou as relações entre um conjunto de indicadores relacionados à modernização da agricultura (variáveis múltiplas dependentes) e outro relacionado ao PRONAMP (variáveis múltiplas independentes). Para tanto, foram utilizados os dados do Censo Agropecuário, referente ao ano de 2017, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e aplicada a técnica multivariada de Análise de Correlação Canônica (ACC).

Os resultados evidenciaram que há uma relação linear entre os grupos de variáveis e são necessárias quatro correlações canônicas para descrevê-la. A primeira dimensão possui proporção máxima de variação – o equivalente a 82,85% – relacionando à modernização da agricultura com o PRONAMP. As variáveis que influenciam a modernização dos estabelecimentos agrícolas dizem respeito à irrigação, adubação, agrotóxicos, corretivos, combustíveis e lubrificantes. Quanto ao PRONAMP, destacam-se os dispêndios com adubos e corretivos, agrotóxicos e combustíveis e lubrificantes. Por fim, o índice de redundância demonstrou que 44,80% da variância do conjunto de variáveis de modernização é explicada pelo PRONAMP, sendo a primeira correlação responsável por 34,05% dessa variância.

Desse modo, conhecer a realidade do Nordeste acerca da modernização da agricultura, bem a relação com o desenvolvimento dos territórios rurais, é um ponto fundamental para estimular o progresso do setor. Logo, trata-se de implementar políticas que não só incentivem os investimentos em novas tecnologias, mas também que promovam o uso de práticas sustentáveis, e forneçam orientações de como utilizar os recursos de maneira eficiente. A incorporação dessas ações deve ser fortalecida, especialmente, nos municípios que apresentaram baixo IMA, e devem ser incentivadas naqueles com maiores índices. Tudo isso poderá vir a suprir a carência de informação e tecnologia da região.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, T. L., de. **Tipificação dos agricultores familiares do agreste do estado da Paraíba segundo a modernização**. 2013. 182 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa (PB), 2013.
- ANDRADES, T. O.; GANIMI, R. N. Revolução Verde e a apropriação capitalista. **CES Revista**, Juiz de Fora, v. 21, p. 43-56, 2007.
- ANTÃO, R. A. S.; CAMPANHOLO, T. **O crédito rural no contexto do desenvolvimento econômico e social**. Araxá, MG, 2011.
- AQUINO, J. R.; FREIRE, J. A.; CARVALHO, A. C. A. T. Importância, heterogeneidade e pobreza da agricultura familiar no estado do Rio Grande do Norte. *In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL*. 12, 2017. Itabaiana. **Anais...**, Itabaiana: SOBER, 2017. 20 p. (No prelo).
- ASSUNÇÃO, J.; CHEIN, F. Condições de crédito no Brasil rural. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 367-407, 2007.
- BACEN. BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Resolução Nº 3.987, de 30 de junho de 2011**. 2011. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/pre/normativos/res/2011/pdf/>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- BACEN. BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Listagem com os atos normativos do CMN vigentes, em cumprimento ao art. 12 do Decreto nº 10.139, de 2019, com redação dada pelo Decreto nº 10.310, de 2020**. 2020. Disponível em: [https://www.bcb.gov.br/content/estabilidadefinanceira/buscanormas\\_especificos/2020/Decreto\\_10139/Listagem\\_com\\_os\\_atos\\_normativos\\_vigentes\\_inferiores%20a\\_decreto\\_Decreto\\_10139\\_CMN.pdf](https://www.bcb.gov.br/content/estabilidadefinanceira/buscanormas_especificos/2020/Decreto_10139/Listagem_com_os_atos_normativos_vigentes_inferiores%20a_decreto_Decreto_10139_CMN.pdf). Acesso em: 20 jan. 2021.
- BAPTISTA, C. H. M. S. *et. al.* Crédito rural e população rural na região Nordeste: uma análise espacial. *In: XXI ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS*. **Anais...** Associação Brasileira de Estudos Populacionais – ABEP (Organização). Belo Horizonte (MG): ABEP, apresentação em pôster (painel), 2019. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/view/3213/3074#>. Acesso em: 17 jan. 2021.
- BECKMAN, E.; SANTANA A. C. Modernização da agricultura na nova fronteira agrícola do Brasil: MAPITOBA e Sudeste do Pará. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 12, n. 1, p. 81-102, 2019.
- BIANCHINI, V. **Vinte anos do PRONAF, 1995-2015: avanços e desafios**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, SAF/MDA, 2015.
- BINSWANGER, H. P.; KHANDKER, S. R. The impact of formal finance on the rural economy of India. **The Journal of Development Studies**, San Diego, v. 32, n. 2, p. 234-262, 1995.

BITTENCOURT, G. A. **Abrindo a caixa preta: o financiamento da agricultura familiar no Brasil**. 2003. 222 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Instituto de Economia, UNICAMP – Campinas, 2003.

BNDES. BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Apoio à agroindústria**. Brasília: BNDES, 2020. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site>. Acesso em: 17 jan. 2021.

BRASIL. BANCO DO BRASIL. **PRONAMP: Programa de financiamento para o desenvolvimento das atividades rurais**. 2019. Disponível em: [https://www.bb.com.br/docs/portal/dirag/Pronamp.pdf?pk\\_vid=e459ed82741c56651611942573b49550&pk\\_vid=e459ed82741c56651611942573b49550](https://www.bb.com.br/docs/portal/dirag/Pronamp.pdf?pk_vid=e459ed82741c56651611942573b49550&pk_vid=e459ed82741c56651611942573b49550). Acesso em: 20 jan. 2021.

BUAINAIN, A. M. **Trajetória recente da política agrícola brasileira**. Campinas., Projeto UTF/FAO/036/BRA, 1997.

BUAINAIN, A. M.; GONZÁLEZ, M. G. *et al.* **Alternativas de financiamento agropecuário: experiências no Brasil e na América Latina**. Brasília, DF: IICA, 2007.

CABRAL, R. 1959: das ideias à ação, a Sudene de Celso Furtado, oportunidade histórica e resistência conservadora. Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento. **Cadernos do Desenvolvimento**. Rio de Janeiro, ano 1, n. 1, p. 17-34, 2006.

CAMPOS, K.C. **Produção localizada e inovação: o arranjo produtivo local de fruticultura irrigada na microrregião do baixo Jaguaribe no estado do Ceará**. 2008. 181 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2008.

CAMPOS, K. C.; SILVA, F. D. V.; CAMPOS, R. T. Perfil técnico e econômico da fruticultura irrigada na microrregião do Cariri, Ceará. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 21-43, 2016.

CASTRO, C. N. **A agricultura no Nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento**. Rio de Janeiro: IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2013. pág. 73-89. Boletim regional, urbano e ambiental.

CASTRO, A. F. N. M. *et al.* Análise multivariada para seleção de clones de eucalipto destinados à produção de carvão vegetal. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 6, p. 627-635, 2013.

CNA. CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Propostas para o Plano Agrícola e Pecuário 2021/2021**. Brasília, DF. 2020.

COLADINI, V. M. **Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP): um estudo no município de Ministro Andreazza**. 35 f. Artigo de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Contábeis) – Universidade Federal de Rondônia, Cacoal, 2014.

COSTA, C. C. M.; REIS, P. R. C.; FERREIRA, M. A. M.; MOREIRA, N. C. Modernização Agropecuária e desempenho relativo dos estados brasileiros. **Revista Agroalimentaria**, Venezuela, v. 18, n.34, p. 43-56, 2012.

COSTA IRMÃO, L. Modernização Agrícola na Região Norte: comparativo dos censos de 1995 e 2005. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 63, n. 1, p. 57-74. 2016.

COUTO FILHO, V. A.; CERQUEIRA, P. S. Um olhar sobre o crédito do PRONAF na Bahia. **Revista Bahia Agrícola**, Bahia, v. 5, n. 2, p. 50-53, 2002.

CRUZ, F. O.; RIBEIRO, C. G.; LIMA, I. B. A modernização agrícola nos municípios da Mesorregião Campo das Vertentes: Uma aplicação de métodos de Análise Multivariada. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL. 44, 2006. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SOBER, p. 33-52, 2006.

CUNHA, N. R. S.; LIMA, J. E.; GOMES, M. F. M. G.; BRAGA, M. J. A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 291-323, 2008.

DIAS, T. K. M. **O crédito rural sob as perspectivas da posse da terra e da produtividade dos agricultores familiares**. 2020. 74 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Programa de Pós-Graduação em Economia Agrícola - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF. 2018.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de Análise de dados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

FÁVERO, L. P., BELFIORE, P., SILVA, F. L., CHAN, B. L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FECAMP. FUNDAÇÃO DE ECONOMIA DE CAMPINAS. **Estudos-de-caso em campo para avaliação dos impactos do PRONAF**. Campinas: Convênio PCT/IICA-PRONAF, 2002.

FERREIRA, D. J.; DIAS, R. S.; SANTOS, S. O.; SANTOS, R. L. Uma análise sobre a mão de obra e modernização agrícola da região do oeste baiano entre os anos de 1970 a 2006. *In*: XXI ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 21. Territórios em disputa: os desafios da Geografia Agrária nas condições de desenvolvimento brasileiro. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2012. Apresentação em pôster (painel), 2019. Disponível em: [http://www.lagea.ig.ufu.br/xxlenga/anais\\_enga\\_2012/eixos/1416\\_2.pdf](http://www.lagea.ig.ufu.br/xxlenga/anais_enga_2012/eixos/1416_2.pdf). Acesso em: 17 jan. 2021.

FERREIRA JUNIOR, S.; BAPTISTA, A. J. M. S.; LIMA, J. A modernização agropecuária nas microrregiões do Estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Viçosa, v. 42, n. 1, p. 73-89, 2004.

FONSECA, P. **O Processo de Substituição de Importações**. Formação Econômica do Brasil. São Paulo: Editora Saraiva. 2003. Capítulo 11, p. 357-410.

FREITAS, C. A. de; PAZ, M. V.; NICOLA, D. S. Analisando a modernização da agropecuária gaúcha: uma aplicação de análise fatorial e cluster. **Análise Econômica**, [S. l.], Rio Grande do Sul, v. 25, n. 47, p. 121-149, 2007.

FURTADO, C. **A estrutura agrária no subdesenvolvimento brasileiro [1972]**. In: D'AGUIAR, Rosa Freire (Org.). Celso Furtado Essencial [recurso eletrônico]. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.

GAMA, Z. J. C.; SANTANA, A. C.; MENDES, F. A. T.; KHAN, A. S. Índice de desempenho competitivo das empresas de móveis da região metropolitana de Belém. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 5, n. 1, p. 127-160, 2007.

GELATTI, E.; BOBATO, A. M.; FREITAS, C. A. *et al.* Caracterização espacial da modernização agrícola dos municípios do estado do Rio Grande do Sul (2010 e 2017). **Desenvolvimento Regional em Debate**, Canoinhas, v. 10, p. 1079-1103, 2020.

GREMAUD, A. P.; VASCONCELLOS, M. A. S.; TONETO JÚNIOR, R. **Economia brasileira contemporânea**. São Paulo: Atlas, 2009.

HAIR JR. F., ANDERSON; R. E., TATHAM; R. L. BLACK, W. C. **Análise Multivariada de Dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HAIR JR. F. BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HOFFMANN, R. *et al.* Modernização e desigualdade na agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 2, p. 273-303, 1989.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em 17 jan. 2021.

KROTH, D. C.; NEDUZIAK, L. C. R. As relações entre despesas públicas e indicadores de saúde: uma análise de correlação canônica para os estados brasileiros. **Revista de Economia**, Paraná, v. 41, n. 74, p. 51-84, 2020.

LEITE, S. P. I. Análise do financiamento da política de crédito rural no Brasil (1980-1996). **Estudos Sociedade e Agricultura**. Rio de Janeiro, v. 16, p. 129-163, 2001.

LEMOS, J. J. S. Fontes de Crescimento e de Instabilidade na Agricultura do Nordeste. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília, DF, v. 28, p. 275-300, 1990.

LEMOS, J. J. S. Indicadores de degradação no nordeste sub-úmido e semiárido. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília-DF, p. 1-10, 2000.

LIMA, A. C. C.; RAMOS, F. d. S. Há desigualdade de poder entre os estados e regiões do Brasil? Uma abordagem utilizando o índice de poder de banzhaf e a penrose squareroot law. **Economia Aplicada, SciELO Brasil**. São Paulo, v. 14, n. 2, p. 225-249, 2010.

LIMA, J. R. T. **É doce, mas não é mole, não:** representações sociais dos canavieiros alagoanos sobre o processo de “modernização” agrícola. 2020. 308 f. Tese (Doutorado em Sociologia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020.

LOPES, D.; LOWERY, S.; PEROBA, T. L. C. Crédito rural no Brasil: desafios e oportunidades para a promoção da agropecuária sustentável. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 45, p. 155- 196, 2016.

MADEIRA, S. A.; KHAN, A. S.; SOUSA, E. P.; BARROS, F. L. A. Análise da modernização agrícola cearense no período de 1996 e 2006. **Revista Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 72, p. 307-334, 2019.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Brasil lidera produtividade agropecuária mundial.** Notícias. Publicado em 12/05/2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/brasil-lidera-productividade-agropecuaria-mundial>. Acesso em: 20 jan. 2021.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Contratações do crédito rural da safra 2019/2020 fecharam em R\$ 225 bilhões.** 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2020/07/contratacoes-do-credito-rural-da-safra-2019-2020-fecharam-em-r-225-bilhoes>. Acesso em: 20 jan. 2021.

MARTINE, G., BESKOW, P. R. **O modelo, os instrumentos e as transformações na estrutura de produção agrícola:** os impactos sociais da modernização agrícola. São Paulo, Caetés, p. 19-39, 1987.

MARTINS, É. A. M.; CAMPOS, K. C.; LIMA, P. V. P. S. Índice de Modernização Agrícola no estado do Piauí. Coleção de artigos – **Desafios da sustentabilidade no semiárido nordestino.** Universidade Federal do Ceará – Mestrado Acadêmico em Economia Rural (MAER), p. 139-154, 2014.

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

PAZ, M.; FREITAS, C.; NICOLA, D. Avaliando a intensidade da modernização da agropecuária gaúcha: uma aplicação de análise fatorial e cluster. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44. **Anais...** Fortaleza: SOBER, 2006. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/781.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2022.

PINTO, N. G.; CORRONELO, D. A. Modernização Agrícola no Rio Grande do Sul: Um estudo nos municípios e mesorregiões. 2015. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, v.36, n.128, p. 167- 182, 2015.

RASK, N.; MEYER, R. L.; PÉRES, F. C. Crédito agrícola e subsídios à produção como instrumentos para o desenvolvimento da agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 151-172, 1974.

REBELLO, F. K.; DOS SANTOS, M. A. S.; OYAMA HOMMA, A. K. Modernização da agricultura nos municípios do nordeste paraense: determinantes e hierarquização no ano de 2006. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 9, n. 2, p. 209-232, 2015.

REZENDE, G. C. **Políticas trabalhista, fundiária e de crédito agrícola e seus impactos adversos sobre a pobreza no Brasil**. Rio de Janeiro: Ipea, 2006.

SABBAG, W. J. **Modernização Agrícola em Pernambuco (1950-1996)**. 2000. 184 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, 2000.

SABOURIN, E.; CARON, P. **Origem e evolução da agricultura familiar no Nordeste semiárido**. Camponeses do Sertão: Mutações das agriculturas familiares no Brasil. EMBRAPA, Brasília (DF), p. 29-45, 2003.

SAGRIMA. SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E PESCA. **Perfil da Agropecuária Maranhense 2020**. 2020. Disponível em: <https://sigite.sagrma.ma.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/PERFIL-DA-AGROPECU%C3%81RIA-2020.pdf>. Acesso em 07 mai. 2022.

SAMPAIO, M. A. P.; GIRARDI, E. P.; ROSSINI, R. E. A expansão do agronegócio no Brasil: um dossiê composto por olhares diversos. **Revista Franco-Brasileira de Geografia (Confins)**, Paris: Revues, n. 45, 2020. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/27871>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SANTANA, A. C.; SANTANA, A. L.; SANTANA, ÁDINA, L.; COSTA, N. L.; NOGUEIRA, A. K. M. Planejamento Estratégico de uma Universidade Federal da Amazônia: aplicação da Análise Fatorial. **Revista de Estudos Sociais**, Belém, v.32, p. 183-204, 2014.

SANTOS, F. P. Formação e expansão da fronteira agrícola em Goiás: a construção de indicadores de modernização. **Revista Polyphonia**, Goiânia, v. 26, p. 347-348, 2015.

SANTOS, L. O. de; CAMPOS, K. C. Modernização da agropecuária dos municípios do Estado do Ceará. **Economia & Região**, Londrina, v.9, n. 2, p. 115-114, 2021.

SANTOS, R. F. O crédito rural na modernização da agricultura brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 393-404, 1988.

SILVA, J. G.; KAGEYAMA, A. Emprego e relações de trabalho na agricultura brasileira: uma análise dos dados censitários de 1960, 1970, e 1975. **Revista Pesquisa e Planejamento Econômico**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 235-266, 1983.

SILVA, N. C. N. *et al.* Análise de correlação canônica na descrição de potenciais de desenvolvimento nos municípios de Minas Gerais. REUNIÃO ANUAL DA REGIONAL BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA – RBRAS, 59. **Revista de Estatística da UFOP**, Ouro Preto, v. 3, p. 114-118, 2014.

SILVA, R. G.; BAPTISTA, A. J. M. S.; FERNANDES, E. A. Modernização agrícola na região Norte: uma aplicação da estatística multivariada. **Revista de Economia**, Rio Verde, vol. 5, p. 20-24, 2003.

SILVA, R. G.; FERNANDES, E. A. Índice relativo de modernização agrícola na Região Norte. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v.3, n. 1, p. 29-50, 2005.

SOUZA, N. de J. **Desenvolvimento Econômico**. 5. ed. 4ª reimpressão. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, P. M. de; NEY, M. G.; PONCIANO, N. J. Análise da Distribuição dos Financiamentos Rurais entre os Estabelecimentos Agropecuários Brasileiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural** [online], Brasília, v. 53, n. 2, p. 251-270, 2015.

SOUZA, P.; M., LIMA, J. E. Intensidade e dinâmica da Modernização Agrícola no Brasil e unidades da federação. Biblioteca Digital – Fundação Getúlio Vargas. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 4, p. 795-824, 2003.

SOUZA, R. F.; KHAN, A. S. Modernização da Agricultura e hierarquização dos municípios maranhenses. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 81-104, 2001.

TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, v. 2, n. 2, p. 21-42, 2005.

TONNEAU, P.J.; AQUINO, R. J.; TEIXEIRA, A.O. Modernização da agricultura familiar e exclusão social: o dilema das políticas agrícolas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 67-82, 2005.

VASCONCELOS, R. O. **Modernização da agricultura familiar em Sergipe: Impasses e desafios da horticultura**. 2013. 220 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação Em Geografia), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (SE), 2013.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Heterogeneidad estructural de la agricultura familiar en el Brasil. **Revista de la CEPAL** (Impressa), Santiago, v. 111, p. 103-121, 2013.