

MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA E PECUÁRIA NOS MUNICÍPIOS CEARENSES EM 2017

AGRICULTURAL AND ANIMAL FARMING MODERNIZATION IN THE MUNICIPALITIES OF THE STATE OF CEARÁ IN 2017

Marcos Antonio Carvalho Alves de Sousa Júnior¹; Manoel Alexandre de Lucena²;
Eliane Pinheiro de Sousa³

1,3 Universidade Regional do Cariri (URCA); 2 Universidade Federal do Rio Grande do
Norte (UFRN)

Resumo

Diante do interesse de empregar os fatores de produção de forma mais eficiente, surgiu o processo de modernização do setor agropecuário, marcado pela incorporação de novas tecnologias no espaço rural, transformando as atividades agrícola e pecuarista. Nesse contexto, o presente estudo objetiva determinar um Índice de Modernização Agrícola (IMA) e um Índice de Modernização Pecuária (IMP) para os municípios cearenses, e analisar sua dinâmica espacial. Para isso, foram utilizados os métodos de Análise Fatorial (AF) de componentes principais e Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), com dados do Censo Agropecuário de 2017. Os resultados indicam que mais da metade dos municípios cearenses analisados apresentam níveis baixos de modernização agrícola e pecuária. Quanto à análise espacial, a partir do I de Moran global e local (LISA) univariados, verificou-se a presença de autocorrelação espacial positiva para modernização agrícola e pecuária. Ademais, verificam-se concentração da modernização agrícola na mesorregião do Jaguaribe, enquanto as áreas de menor modernização encontram-se no Noroeste, Sertões, Sul e Centro-Sul. Em relação à modernização pecuária, a região do Jaguaribe, próximo à fronteira com a Região Norte, destacou-se com o maior nível, ao passo que os menores níveis se distribuíram pelo Sul, Centro-Sul, Norte e Noroeste.

Palavras-chave: Modernização; Análise Fatorial; Análise Exploratória de Dados Espaciais; Ceará

Abstract

Given the interest in employing production factors more efficiently, the process of modernization of the agricultural & animal farming sector emerged, marked by the incorporation of new technologies in rural areas, transforming agricultural and animal farming activities. In this context, this study aims to determine an Agricultural Modernization Index (AMI) and an Animal Farming Modernization Index (AFMI) for the municipalities of the Brazilian State of Ceará, and to analyze their spatial dynamics. For this, the methods of Factor Analysis (FA) of principal components and Exploratory Analysis of Spatial Data (EASD) were used. Data from the 2017 Agricultural & Animal Farming Census were used. The results indicate that more than half of the municipalities of the state of Ceará being analyzed exhibit low levels of agricultural and animal farming modernization. Regarding the spatial analysis, based on Moran's I, the presence of positive spatial autocorrelation for agricultural and animal farming modernization was verified. In addition, one observes concentration of agricultural modernization in the Jaguaribe mesoregion, whereas the areas with the lowest modernization are found in the Northwest,

Outback, South and Center-South. Regarding animal farming modernization, the Jaguaribe region, close to the border with the Brazilian Northern Region, stood out with the highest level, whereas the lowest levels were distributed in the South, Center-South, North and Northwest.

Keywords: *Modernization; Factor Analysis; Exploratory Analysis of Spatial Data; Brazilian State of Ceará.*

Área 15: Desenvolvimento rural e local

Classificação JEL: O33; Q10; Q16.

1. INTRODUÇÃO

A agropecuária exerce um papel essencial no desenvolvimento econômico de um país. No Brasil, até a década de 1960, a atividade agropecuária seguiu predominantemente um modelo extensivo, caracterizado pelo uso abundante de terras e mão de obra, aliado a técnicas produtivas tradicionais (Franco; Pereira, 2008). Contudo, o avanço da industrialização e a expansão das áreas urbanas nos anos seguintes trouxeram à tona a limitação desse modelo, evidenciando a necessidade de uma reestruturação produtiva. Em resposta, surgiu o interesse de empregar os fatores de produção de forma mais eficiente. Assim, emergiu o processo de modernização do setor agropecuário, marcado pela incorporação de novas tecnologias no espaço rural, transformando tanto a atividade agrícola quanto a pecuarista.

No contexto agrícola, essa modernização se mostrou fundamental para atender à crescente demanda por alimentos e insumos industriais. O setor agrícola, responsável pelo cultivo da terra e pela produção de matérias-primas essenciais, não garante somente a segurança alimentar da população, mas também fornece insumos fundamentais para a indústria (Pinto; Coronel, 2016). Para desempenhar esse papel central, a agricultura precisou incorporar métodos mais produtivos e sustentáveis, refletindo diretamente no desenvolvimento econômico nacional e consolidando sua importância estratégica.

A modernização agrícola, segundo Hoffman e Kassouf (1989), trata-se do progresso tecnológico que permite aumentar a produtividade do trabalho e da terra. Esse processo pode ser de natureza mecânica, que geralmente poupa o uso de mão de obra, ou química, que aumenta a produção por hectare, e, portanto, poupa o uso da terra (Hayami; Ruttan, 1971). Conforme Irmão (2016), a modernização não pode se limitar aos equipamentos adotados e ao uso de insumos intensivos, mas deve considerar todo o processo de modificações ocorrido nas relações sociais de produção. Para Batista *et al.* (2023), a modernização da agricultura compreende a incorporação de tecnologias e matérias-primas no espaço rural, incluindo o aumento do uso de máquinas como tratores, semeadeiras e colheitadeiras, além da aplicação de fertilizantes e adubos, resultando em transformações técnicas no processo produtivo.

No Brasil, a modernização da agricultura está profundamente ligada aos contextos históricos e econômicos do país. Conforme Alves, Contini e Hainzelin (2005), esse processo foi impulsionado pela industrialização na segunda metade do século XX, que aumentou a demanda por produtos primários nos centros urbanos e elevou o custo do trabalho rural. Lima, Campos e Alves (2022) corroboram que o desenvolvimento industrial e a expansão urbana impulsionaram a modernização do setor agrícola, visando aumentar a produção de alimentos e bens exportáveis para contribuir com o equilíbrio da balança comercial. Para suprir tal demanda, foram fundamentais três políticas: crédito subsidiado para fertilizantes e máquinas, programas de extensão rural entre 1950 e 1970, e investimentos em pesquisa e

educação em Ciências Agrárias.

As transformações no setor primário brasileiro, porém, se deram de forma desigual e vieram acompanhadas do aumento da concentração fundiária e de outras mazelas sociais. Essas evidências são confirmadas na literatura para diferentes recortes espaciais (Souza; Khan, 2001; Souza; Lima, 2003; Ferreira; Barbosa; Sousa, 2011; Irmão, 2016; Madeira *et al.*, 2019; Gelatti *et al.*, 2020; Lobão; Staduto, 2020; Silva; Vian, 2021; Alcantara; Bacha, 2023; Batista *et al.*, 2023; e Costa Filho *et al.*, 2023).

Se a modernização agrícola promoveu uma revolução no meio rural, o mesmo movimento se estendeu à pecuária, que compreende um conjunto de atividades econômicas voltadas para a criação de animais destinados aos serviços de lavoura, consumo doméstico ou fins industriais e comerciais (Rodrigues; Sousa, 2014) e é uma das responsáveis pelo fornecimento de alimentos, como carne, leite e ovos, e de matérias-primas, como couro e lã, para os mercados interno e externo. Nas últimas décadas, a pecuária brasileira passou por um processo de modernização sustentado por avanços no nível tecnológico dos sistemas de produção e na organização da cadeia produtiva (Freitas Junior; Barros, 2021). Fatores como a estabilização monetária, a desregulamentação do mercado com a eliminação do controle estatal sobre os preços, a abertura econômica e as mudanças nos padrões de consumo da população têm promovido a modernização do setor pecuário, à medida que incentivam a busca por maior competitividade e adaptação às novas exigências do mercado (Lemos *et al.*, 2003).

Portanto, é evidente que o setor agropecuário no Ceará passou por significativas transformações ao longo das últimas décadas. Diante da sua importância para a economia local e nacional, torna-se essencial estudá-lo de forma aprofundada, buscando compreender seus impactos no desenvolvimento regional e nacional. Entretanto, apesar de a atividade pecuarista deter uma expressiva relevância econômica e histórica para o estado do Ceará, observa-se uma escassez de estudos específicos sobre a sua modernização. Grande parte das pesquisas existentes aborda o tema em uma perspectiva mais ampla, seja em nível nacional ou internacional, ou se restringe a algum tipo específico de pecuária, como a leiteira.

Para preencher tal lacuna concernente à modernização agrícola e pecuária no Ceará, o presente estudo objetiva determinar um Índice de Modernização Agrícola (IMA) e um Índice de Modernização Pecuária (IMP) para os municípios cearenses, bem como analisar a dinâmica espacial de tal fenômeno, mediante Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Dessa forma, o estudo proposto oferece um panorama abrangente sobre as mudanças tecnológicas que vêm se reconfigurando tanto no setor agrícola quanto no pecuário, evidenciando suas dinâmicas espaciais e suas diferenças estruturais no contexto cearense.

Além desta seção introdutória, o artigo está estruturado em quatro seções adicionais. A segunda elenca estudos empíricos desenvolvidos sobre a modernização agrícola, pecuária e agropecuária. Os procedimentos metodológicos são apresentados na terceira, enquanto a última destina à apresentação das principais considerações finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em face da relevância da modernização agropecuária, tem sido comum na literatura a realização de estudos empíricos que busquem determinar índices que capturem a modernização agrícola e pecuária a partir de um conjunto de fatores, usando a técnica multivariada de análise fatorial. Ademais, estudos mais recentes desenvolvidos também procuram analisar sua dinâmica espacial (Gelatti *et al.*, 2020; Ahuaji Filho, 2022; Batista *et al.*, 2023; Paiva; Lima, 2024). Considerando tais aspectos, esta seção está organizada em três subseções. A primeira enfoca a modernização agrícola, a segunda contempla a modernização pecuária, e a terceira aborda a agropecuária.

2.1 Modernização agrícola

A modernização agrícola tem sido objeto de estudo em diversos recortes espaciais, como Brasil (Souza; Lima, 2003), Nordeste (Souza; Khan, 2001; Dias; Campos, 2022; Lima; Campos; Alves, 2022), Norte (Irmão, 2016), Centro-Oeste (Lavorato; Fernandes, 2016), Sudeste do Pará e Matopiba (Beckmann; Santana, 2019), Amazônia (Lobão; Staduto, 2020), região Matopiba (Batista *et al.*, 2023) e para estados do Rio Grande do Sul (Gelatti *et al.*, 2020), Paraná (Rossoni; Moraes; Cattelan, 2021), Mato Grosso (Pereira; Mendes, 2022), Pará (Saraiva *et al.*, 2024) e Ceará (Ferreira; Barbosa; Sousa, 2011; Madeira *et al.*, 2019; Santos; Campos, 2021; Costa Filho *et al.*, 2023).

Partindo de uma abordagem territorial mais abrangente (Brasil) para um contexto específico (Ceará, objeto de estudo deste trabalho), verifica-se que, conforme Souza e Lima (2003), que examinaram a modernização agrícola ocorrida no Brasil nos anos de 1970-1995, constataram que esta ocorreu de forma discrepante entre as diferentes unidades federativas durante esse período especificado. Para Souza e Khan (2001), a agricultura do Nordeste apresenta notável atraso tecnológico, a despeito de diversas intervenções institucionais para reverter essa defasagem. Utilizando dados do Censo Agropecuário de 2017, Dias e Campos (2022) e Lima, Campos e Alves (2022) também determinaram um índice de modernização agrícola considerando o Nordeste brasileiro, sendo que Dias e Campos (2022) focaram a análise na agricultura familiar.

Irmão (2016) analisou o processo de modernização agrícola nos municípios da região Norte brasileira mediante análise fatorial, para dados dos Censos Agropecuários de 1995 e 2006. Para este autor, a modernização agrícola traz benefícios diretos aos produtores, porém tal processo gerou consequências negativas, como acréscimo das despesas com o cultivo, endividamento dos agricultores, esgotamento do solo, ciclo vicioso de fertilizantes, perda de biodiversidade, erosão do solo, poluição do solo ocasionada pelo uso de fertilizantes e redução da mão de obra rural. Os resultados revelaram que os Estados de Rondônia e Tocantins se destacaram, já que o processo de desenvolvimento agrícola passou por transformações consideráveis no decorrer dos anos devido às políticas destinadas ao desenvolvimento, como incentivos financeiros, que não ocorreram de forma homogênea em toda a região Norte.

Aplicando as técnicas multivariadas de análise fatorial e análise de agrupamentos, Lavorato e Fernandes (2016) construíram um índice de modernização agrícola para os municípios do Centro-Oeste brasileiro, com base nos dados extraídos do Censo Agropecuário de 2006, e constataram que mais da metade de seus municípios foram alocados na classe de menor nível de modernização agrícola.

A partir também do Censo Agropecuário de 2006, Beckmann e Santana (2019) identificaram e analisaram os fatores que determinam a modernização da agricultura das 38 microrregiões que compõem o Sudeste do Pará e a região Matopiba mediante análise fatorial. Os resultados apontaram que a maioria das microrregiões teve nível de modernização baixo, e nenhuma obteve índice alto.

Lobão e Staduto (2020) construíram um Índice de Modernização Agrícola (IMA) dos municípios da Amazônia por meio do uso de análise fatorial considerando os dados do Censo Agropecuário de 2006. Os resultados mostraram que os indicadores com maiores destaques foram as despesas agrícolas, o uso da terra e o trabalho intensivo. Verificaram também que os estados com melhores IMA foram Rondônia, Tocantins e o sul e leste do Pará. Em contrapartida, os estados do Acre, Amazonas, Amapá e Roraima registraram baixos níveis de modernização agrícola, especialmente o Amapá, que teve todos os seus municípios classificados com IMA baixo e muito baixo.

Gelatti *et al.* (2020) realizaram uma caracterização espacial do processo da modernização agrícola dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul, com base nos Censos Agropecuários de 2006 e de 2017. Para tal, empregaram os métodos de Análise

Fatorial e Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Os resultados sinalizaram que os municípios com alto IMA estão rodeados por municípios vizinhos que tiveram também IMA elevado. Por outro lado, os municípios gaúchos que registraram baixos valores do IMA também estão cercados por municípios vizinhos que apresentaram baixos níveis desse mesmo índice.

Rossoni, Moraes e Cattelan (2021) analisaram o perfil da modernização agrícola dos municípios do Paraná ao longo dos anos de 1975, 1985, 1995 e 2006, mediante as ferramentas de análise fatorial e análise de agrupamentos. Verificaram distintos perfis de municípios, cujas diferenças podem ser atribuídas às características endógenas, como aptidão do solo, estrutura produtiva e mercado disponível, como também fatores externos, como disponibilidade de crédito e mercado externo.

Pereira e Mendes (2022) avaliaram a modernização da agricultura de Mato Grosso com base em um conjunto de indicadores e constataram que a modernização ocorreu devido inovações mecânicas, físico-químicas e biológicas, e por novos processos organizativos e gerenciais.

Batista *et al.* (2023) investigaram o processo de modernização agrícola na região do Matopiba, composta pelos municípios situados na fronteira dos estados do Maranhão (MA), Tocantins (TO), Piauí (PI) e Bahia (BA). A pesquisa combinou a metodologia de análise fatorial com técnicas de análise espacial, utilizando a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) e a estimação do modelo de defasagem espacial com erro autorregressivo espacial ou modelo SAC, devido à presença de heterocedasticidade, sendo corrigida pelo método paramétrico. Os resultados evidenciaram a concentração de determinados fatores em áreas específicas, especialmente nos estados do Maranhão e Tocantins, refletindo níveis mais elevados de modernização. Além de revelar essa concentração geográfica, o estudo expôs marcantes assimetrias municipais e a heterogeneidade entre os estados da região, destacando a complexidade territorial do processo de modernização agrícola.

Saraiva *et al.* (2024) buscaram diagnosticar o nível de modernização da agricultura das microrregiões paraenses e seus fatores determinantes para o período de 1995/1996 a 2017, por meio da análise fatorial. Os resultados revelaram que a modernização ocorreu em todas as microrregiões analisadas, porém de forma heterogênea.

No tocante ao Ceará, Ferreira, Barbosa e Sousa (2011), mediante análise fatorial, constataram que, dos doze agropolos de desenvolvimento agrícola selecionados, nenhum obteve alta modernização agrícola. Usando a mesma ferramenta analítica, Madeira *et al.* (2019) verificaram que a modernização agrícola entre os anos de 1996 e 2006 nos municípios cearenses se deu de forma heterogênea; portanto, a produção agrícola permaneceu sendo feita, majoritariamente, de forma rudimentar e com baixo nível tecnológico.

Santos e Campos (2021) analisaram o processo de modernização considerando os dados do Censo Agropecuário de 2017 e verificaram que a maioria dos municípios registrou baixo nível de modernização, com apenas cinco deles (Aquiraz, Horizonte, Paracuru, Pacatuba e Quixeré) com bom nível de modernização. Entretanto, mesmo naqueles com melhores resultados, ainda prevalecia a atividade de subsistência e com baixa qualificação. Também sob utilização do método de análise fatorial, Costa Filho *et al.* (2023) examinaram os 175 municípios cearenses que estão na faixa semiárida e as oito macrorregiões climáticas. Os resultados revelaram que a maior parte deles apresentava modernização agrícola de nível médio e baixo, respectivamente.

Embora o tema já seja bastante explorado na literatura, percebe-se que, dentre o conjunto de estudos elencados no Ceará, Santos e Campos (2021) e Costa Filho *et al.* (2023) empregaram dados do Censo Agropecuário de 2017, considerados no presente estudo, porém o último limitou a análise à agricultura familiar e aos municípios pertencentes ao semiárido e nenhum desses abordaram a dinâmica espacial, lacuna preenchida neste presente estudo.

2.2 Modernização pecuária

No tocante à modernização da pecuária, percebe-se que, no contexto nacional, pode-se destacar estudos desenvolvidos em diferentes espaços geográficos, como Unidades Federativas (Rodrigues; Sousa, 2013), microrregiões brasileiras (Ahuaji Filho, 2022), regiões imediatas do Nordeste e do Sul (Moura; Campos; Stamm, 2024); e estados, como, por exemplo, Rondônia (Santos; Santana; Raiol, 2011), Goiás (Rodrigues; Sousa, 2014), Tocantins (Santos *et al.*, 2014), Minas Gerais (Simões; Reis; Avelar, 2017), Maranhão (Dantas *et al.*, 2018) e Ceará (Sousa; Brito, 2010; Paiva; Lima, 2024).

Santos, Santana e Raiol (2011) analisaram a modernização da pecuária leiteira em Rondônia e identificaram uma grande concentração de municípios com altos níveis tecnológicos, especialmente na microrregião de Ji-Paraná. A hierarquização dos municípios, feita por meio de um Índice de Modernização da Pecuária Leiteira (IMPL), mostrou que 19 dos 52 municípios analisados apresentaram alto nível tecnológico, concentrando grande parte da produção leiteira e do plantel de vacas ordenhadas do estado. O ordenamento dos fatores de modernização feito pelo estudo também indicou que a adoção de práticas de manejo sanitário e alimentar era superior ao uso de tecnologias de reprodução e mecanização da ordenha, sugerindo a necessidade de direcionar as políticas públicas, como o crédito rural, para a ampliação do uso dessas tecnologias, visando aumentar a produtividade e a qualidade do rebanho e gerar um produto de maior qualidade.

Rodrigues e Sousa (2013) realizaram uma análise do desempenho da pecuária nas Unidades Federativas (UFs) do Brasil, mediante análise fatorial, visando caracterizar a dinâmica do setor em um recorte de tempo que abrange três décadas (1991, 2001 e 2011). Os resultados indicaram que Minas Gerais, São Paulo e Bahia apresentaram os melhores desempenhos na pecuária de grande porte, avicultura e pecuária de pequeno porte, respectivamente, com índice moderado de desempenho da pecuária ao longo dos anos analisados. No entanto, nenhum estado registrou desempenho satisfatório ou muito satisfatório na pecuária, o que sugere que a modernização do setor foi limitada no período estudado.

Rodrigues e Sousa (2014) mensuraram o desempenho da pecuária nos municípios goianos e verificaram se existem diferenças significativas entre os índices de desempenho da pecuária entre as mesorregiões do estado de Goiás. Para atender esses objetivos, adotaram os métodos de análise fatorial e teste t de Student para dados não pareados. Os resultados indicaram que nenhum município registrou desempenho satisfatório e muito satisfatório para a atividade pecuária e apenas 9,73% tiveram desempenho moderado. Ademais, constataram diferenças significativas do desempenho da pecuária entre a mesorregião do centro goiano e as demais mesorregiões goianas.

Santos *et al.* (2014) identificaram o conjunto de fatores que caracterizam a modernização da pecuária leiteira nos municípios do estado de Tocantins. A partir de 12 indicadores tecnológicos utilizados, extraíram cinco fatores concernentes à especialização na produção de leite, manejo sanitário e alimentar, tecnologia de reprodução, crédito rural e mecanização da ordenha. Verificaram que as tecnologias de manejo sanitário e alimentar predominam sobre as tecnologias de reprodução e de mecanização da ordenha.

Simões, Reis e Avelar (2017) buscaram caracterizar espacialmente a heterogeneidade tecnológica dos sistemas de produção de leite das 66 microrregiões do estado de Minas Gerais, mediante análise fatorial e de *cluster*, com base nos dados colhidos do Censo Agropecuário de 2006 e da Pesquisa Pecuária Municipal. Os resultados revelaram que o *cluster* mais desenvolvido está localizado na região Centro-Oeste do estado no Triângulo Mineiro, em algumas microrregiões da Zona da Mata mineira e na microrregião de Nanuque. Em contrapartida, a região do Norte de Minas teve a maior concentração de microrregiões menos tecnificadas.

Utilizando dados do Censo Agropecuário de 2006 e a ferramenta de análise fatorial, Dantas *et al.* (2018) avaliaram o nível tecnológico da pecuária leiteira no estado do Maranhão. Os resultados apontaram que as duas mesorregiões com maiores valores do Índice de Modernização da Pecuária Leiteira foram o Sul e o Oeste Maranhense, respectivamente.

Ahuaji Filho (2022) buscou analisar se houve intensificação da produção sustentável da pecuária de corte entre 2006 e 2017, se esta exerce efeito sobre as emissões de gases de efeito estufa, e descobrir padrões de associação espacial (*clusters*) entre as variáveis de interesse, nas microrregiões brasileiras. Verificou que a pecuária de corte está cada vez mais intensiva em tecnologias sustentáveis.

Moura, Campos e Stamm (2024) analisaram o nível de modernização da pecuária nas regiões imediatas do Nordeste e do Sul, elaborando, por meio de análise fatorial, um Índice de Modernização Pecuária (IMP). Os resultados apontaram diferenças marcantes entre as duas regiões: 58,06% das regiões imediatas do Sul alcançaram um alto nível de modernização, enquanto, no Nordeste, esse percentual foi de apenas 15,55%. Entretanto, localidades nordestinas como Caicó, Sumé e Catolé do Rocha destacaram-se, apresentando índices superiores a várias áreas do Sul, o que demonstra a heterogeneidade do processo de modernização dentro das próprias regiões. Além disso, o estudo identificou que os principais fatores impulsionadores desse avanço são o nível tecnológico da atividade, a sanidade animal e a capitalização, elementos essenciais para fortalecer a pecuária, sobretudo, nas áreas onde a produção ainda é mais tradicional.

Em relação ao estado do Ceará, conforme descrito, a pecuária foi objeto de estudo de Sousa e Brito (2010); e Paiva e Lima (2024). Sousa e Brito (2010) analisaram o desempenho da pecuária cearense por meio da análise fatorial e constataram que 90% dos municípios apresentaram baixo desempenho na produção pecuária. Fatores como a reduzida produtividade da terra e a falta de políticas públicas adequadas para mitigar os efeitos da escassez de recursos hídricos foram destacados como obstáculos significativos para o desenvolvimento da pecuária no Estado. Contudo, apesar das dificuldades estruturais, o estudo indicou que a Mesorregião Metropolitana de Fortaleza e a Mesorregião do Jaguaribe registraram polos de produção com maior desempenho da pecuária.

Paiva e Lima (2024), através da realização de análise fatorial e Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), construíram um índice de sustentabilidade da produção leiteira (IMPL) para os municípios cearenses. Apesar de a grande indústria de laticínios Betânia, que impulsiona a produção em bacias leiteiras como Quixeramobim, Acopiara e Iguatu, ainda existem disparidades consideráveis no estado. Os autores identificaram também que, enquanto 21 municípios estão no *cluster* de alta sustentabilidade, a maioria dos municípios cearenses apresenta baixo índice de sustentabilidade, refletindo a realidade das dificuldades estruturais enfrentadas pela pecuária cearense, como escassez hídrica e controle de pragas e doenças.

Dentre esses estudos sobre a modernização da pecuária realizados no Ceará, verificou-se que somente Paiva e Lima (2024) utilizaram as mesmas ferramentas analíticas considerados no presente estudo, porém se restringiu à produção leiteira, ao passo que aqui se mensurou um Índice de Modernização da Pecuária (IMP) levando em conta fatores como proporção de estabelecimentos da pecuária que realizaram despesas com sal, ração e outros suplementos, proporção de estabelecimentos da pecuária que possuem recursos hídricos; proporção do pessoal ocupado na pecuária, proporção de estabelecimentos da pecuária que realizaram controle de doenças e/ou parasitas de animais e proporção dos estabelecimentos da pecuária que utilizaram financiamento em relação ao total de estabelecimentos, definidos na próxima seção. Portanto, em face dessas considerações, este estudo inova tanto em termos da modernização agrícola quanto à modernização da pecuária, trazendo uma expressiva contribuição para a literatura que discute o tema em tela.

2.3 Modernização agropecuária

Embora a maioria dos estudos realizados sobre a modernização agropecuária seja destinado à agricultura ou pecuária, a literatura recente tem explorado o setor agropecuário de forma agregada, como, por exemplo, Silva e Vian (2021), Alcantara e Bacha (2023) e Procópio *et al.* (2023).

Considerando os dados do Censo Agropecuário de 2006, Silva e Vian (2021) fizeram um mapeamento dos grupos de municípios brasileiros com distintos graus de modernização agropecuária. Dos nove *clusters* estabelecidos, verificaram que mais da metade dos estabelecimentos agropecuários se enquadram nos três *clusters* mais vulneráveis, com condições produtivas precárias, concentrados nas regiões Norte e Nordeste.

Alcantara e Bacha (2023) analisaram os fatores que definem a dinâmica da modernização agropecuária nas 137 mesorregiões brasileiras entre 2006 e 2017, por meio de análise fatorial e, para verificar padrões de associação espacial dos escores fatoriais entre as mesorregiões nos dois anos considerados, utilizaram Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Os resultados evidenciaram um contínuo processo de modernização agropecuária, distribuído de forma heterogênea no território nacional.

Procópio *et al.* (2023), por sua vez, investigaram os fatores associados ao processo de modernização agropecuária do estado de Mato Grosso do Sul, em 2017, mediante análise fatorial. Os resultados mostraram que os principais fatores foram a adoção de tecnologia, os dispêndios totais na atividade rural, o acesso ao crédito e a presença de equipamento tecnológico na propriedade e o acesso ao serviço de energia elétrica.

O presente artigo contribui com tal literatura ao determinar simultaneamente um Índice de Modernização Agrícola (IMA) e um Índice de Modernização Pecuária (IMP) para os municípios cearenses, e analisar suas dinâmicas espaciais.

3. METODOLOGIA

3.1 Fonte, descrição dos dados e especificação das amostras

Para se determinar a modernização agrícola e pecuária cearense, foram coletadas 20 variáveis do Censo Agropecuário de 2017, sendo 15 destas relacionadas à agricultura, conforme especificada no Quadro 1, e 5 à pecuária, mostradas no Quadro 2. A fim de representar a intensidade de capacitação tecnológica nas propriedades agropecuárias, todos os indicadores estão expressos em função do Total de Estabelecimentos (TE), Área Explorada (AE) ou Pessoal Ocupado (PO). A escolha de tais variáveis foi inspirada em estudos, como Hoffman (1992) e Moura, Campos e Stamm (2024).

Devido à disponibilidade de dados, a análise da modernização agrícola foi realizada para 173 dos 184 municípios cearenses¹, enquanto a modernização da pecuária foi analisada em 176 municípios² dessa totalidade.

¹ Devido à insuficiência de dados, os municípios de Alcântaras, Barroquinha, Catunda, Chaval, Coreaú, Fortaleza, General Sampaio, Groaíras, Martinópolis, Moraújo e Palhano foram excluídos da análise.

² Devido à insuficiência de dados, os municípios de Altaneira, Carnaubal, Eusébio, Fortaleza, Maracanaú, Milagres, São Benedito e São Luís do Curu foram excluídos da análise.

Quadro 1 - Variáveis consideradas para o Índice de Modernização Agrícola (IMA)

Variável	Descrição
x1	Proporção de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação/ TE (Total de Estabelecimentos)
x2	Proporção de estabelecimentos agropecuários que utilizam energia elétrica/ TE (Total de Estabelecimentos)
x3	Proporção de estabelecimentos que fazem controle de pragas e/ou parasitas/ TE (Total de Estabelecimentos)
x4	Proporção de estabelecimentos que utilizam sistema de preparo do solo/ TE (Total de Estabelecimentos)
x5	Proporção de estabelecimentos que fazem adubação do solo (química ou orgânica) / TE (Total de Estabelecimentos)
x6	Área irrigada/ AE (Área Explorada)
x7	Despesas com adubos e corretivos; sementes e mudas; agrotóxicos; medicamentos para animais; sal, ração e outros suplementos/ AE (Área Explorada)
x8	Despesas com adubos e corretivos; sementes e mudas; agrotóxicos; medicamentos para animais; sal, ração e outros suplementos/ PO (Pessoal Ocupado)
x9	Proporção de estabelecimentos que obtiveram financiamento/ TE (Total de Estabelecimentos)
x10	Proporção de estabelecimentos que utilizam agrotóxicos / TE (Total de Estabelecimentos)
x11	Proporção de estabelecimentos associados a cooperativas e/ou à entidade de classes/ TE (Total de Estabelecimentos)
x12	Despesas com adubos e corretivos/ AE (Área Explorada)
x13	Despesas com combustíveis e lubrificantes / AE (Área Explorada)
x14	Despesas totais / AE (Área Explorada)
x15	Valor da produção/ PO (Pessoal Ocupado)

Fonte: Organizado pelos autores.

Quadro 2 - Variáveis consideradas para o Índice de Modernização da Pecuária (IMP)

Variável	Descrição
x1	Proporção de estabelecimentos da pecuária que realizaram despesas com sal, ração e outros suplementos / TE (Total de Estabelecimentos)
x2	Proporção de estabelecimentos da pecuária que possuem recursos hídricos / TE (Total de Estabelecimentos)
x3	Proporção de pessoal ocupado na pecuária / TE (Total de Estabelecimentos)
x4	Proporção de estabelecimentos da pecuária que realizaram controle de doenças e/ou parasitas de animais / TE (Total de Estabelecimentos)
x5	Proporção dos estabelecimentos da pecuária que utilizaram financiamento / TE (Total de Estabelecimentos)

Fonte: Organizado pelos autores.

3.2 Métodos de análise

3.2.1 Análise Fatorial (AF)

Uma vez que os fenômenos de modernização agrícola e pecuária têm caráter multidimensional (Hoffman, 1992), é necessário investigá-los a partir de técnicas multivariadas, capazes de examinar simultaneamente um grande conjunto de variáveis e suas relações. Para isso, foi empregado o método de análise fatorial de componentes principais, amplamente utilizado na literatura sobre a modernização agrícola e pecuária, conforme descrito na seção anterior concernente à revisão bibliográfica.

A análise fatorial é utilizada para investigar os padrões de um grande conjunto de variáveis observadas e determinar se a informação obtida pode ser resumida a um conjunto menor de fatores (Matos; Rodrigues, 2019). A análise fatorial distingue-se de métodos baseados na dependência, como a regressão linear, em que uma variável dependente é modelada como uma função linear de uma ou mais variáveis independentes (Gujarati; Porter, 2011). Diferentemente deles, na análise fatorial, presume-se uma relação de interdependência, em que todas as variáveis são analisadas simultaneamente. Além disso, o método apresenta a vantagem de fornecer estimativas "empíricas" das variáveis analisadas (Hair Jr. *et al.*, 2005), característica que o torna amplamente empregado na construção de escalas múltiplas.

Dentre os métodos de extração de fatores, destaca-se a análise de componentes principais, que se baseia no pressuposto de que podem ser extraídos fatores não correlacionados por meio da combinação linear das variáveis originais (Fávero; Belfiore, 2017). O seu objetivo principal é a redução de dimensionalidade, ou seja, simplificar ou reduzir um conjunto extenso de variáveis, agrupando-as conforme dimensões latentes comuns, denominadas fatores. Na medida em que representam suas dimensões latentes, os fatores extraídos na análise de componentes principais explicam o comportamento das variáveis originais.

O número de fatores foi determinado com base no critério de Kaiser, também conhecido como regra do *eigenvalue*, que considera apenas os fatores cujos autovalores (*eigenvalues*) sejam superiores a um. De acordo com essa regra, apenas os fatores com *eigenvalue* acima da unidade devem ser extraídos, pois fatores com baixo *eigenvalue* contribuem pouco para explicar a variância das variáveis originais (Figueiredo Filho; Silva Júnior, 2010). Além disso, os fatores são ordenados conforme a variância explicada, de modo que o primeiro fator corresponde à maior variância, seguido pelos demais em parcelas decrescentes.

Para avaliar a adequação global da extração de fatores, foram empregados os testes de esfericidade de Bartlett e de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Particularmente, o teste de esfericidade de Bartlett testa a hipótese nula de que a matriz de correlações corresponde a uma matriz identidade (Moura; Campos; Stamm, 2024). Caso a hipótese nula não seja rejeitada, entende-se que não há inter-relações significativas entre as variáveis, e a aplicação da análise fatorial não é recomendada. Uma vez que a hipótese nula seja rejeitada, atesta-se a adequação do modelo e procede-se à extração dos fatores e à determinação do número de fatores a serem retidos.

Segundo Fávero e Belfiore (2017), a estatística KMO mede a proporção da variância total das variáveis que pode ser atribuída a fatores comuns, refletindo a adequação dos dados à análise fatorial. Seus valores variam de 0 a 1, sendo que valores próximos de 1 indicam uma elevada proporção da variância compartilhada entre as variáveis, caracterizada por correlações de Pearson altas. Por outro lado, valores próximos de 0 sugerem correlações baixas entre as variáveis, o que pode comprometer a validade da análise fatorial.

Após identificar os fatores relacionados com as variáveis, determinaram-se os escores fatoriais para cada município cearense considerado, buscando fazer uma hierarquização quanto ao Índice de Modernização Agrícola (IMA) e ao Índice de Modernização da Pecuária (IMP).

A partir dos escores fatoriais, obtidos pela análise fatorial e seguindo a literatura, determinou-se o Índice de Modernização Agrícola (IMA) como a proporção da variância explicada pelos fatores individuais em relação à variância comum. Matematicamente, o IMA pode ser expresso pela equação (1):

$$IMA = \sum_{j=1}^k \left(\frac{\lambda_j}{\sum_{j=1}^k \lambda_j} \right) FP_{ji} \quad (1),$$

em que: *IMA* refere-se ao Índice de Modernização Agrícola nos municípios cearenses; λ_j , percentual da variância explicada pelo fator *j*; *k*, número de fatores escolhidos; *FP_{ji}*, escore fatorial, padronizado pelo município *i*, do fator *j*, que pode ser representado por:

$$FP_{ji} = \frac{F_j - F_{min}}{F_{max} - F_{min}} \quad (2)$$

em que *F_{min}* é o escore fatorial mínimo do fator *j*; e *F_{max}*, escore fatorial máximo do fator *j*.

Replicando os mesmos procedimentos definidos para o Índice de Modernização Pecuária (IMP), pode-se representá-lo algebricamente pela equação (3):

$$IMP = \sum_{j=1}^k \left(\frac{\lambda_j}{\sum_{j=1}^k \lambda_j} \right) FP_{ji} \quad (3)$$

3.2.2 Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)

Buscando compreender a dinâmica espacial da modernização agrícola e pecuária nos municípios cearenses, empregou-se a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), conforme utilizada por Gelatti *et al.* (2020) e Batista *et al.* (2023) para a modernização agrícola; por Ahuaji Filho (2022) e Paiva e Lima (2024) para a modernização pecuária; e por Alcantara e Bacha (2023) para a modernização agropecuária. Para Gelatti *et al.* (2020), a AEDE descreve a distribuição espacial do fenômeno e seus padrões de associação global e local (*clusters*). Santana (2022) corrobora que este método busca visualizar as distribuições espaciais de um conjunto de dados, identificando, por exemplo, a presença de padrões de associações espaciais (*clusters* ou agrupamentos) e localidades atípicas.

Para identificar a presença ou a ausência de aleatoriedade espacial, torna-se importante proceder a autocorrelação espacial global, cuja medida amplamente utilizada tem sido a estatística *I* de Moran, e a autocorrelação espacial local, realizada por meio do *Local Indicator of Spatial Association* (LISA).

O cálculo da estatística *I* de Moran testa a hipótese de aleatoriedade espacial; cuja hipótese nula testada é a de que há distribuição espacial aleatória. Valores de *I* que excedem o valor esperado indicam a presença de autocorrelação espacial positiva, ou seja, que há similaridade entre os valores do atributo estudado e da localização espacial em questão. De maneira análoga, valores de *I* abaixo do valor esperado indicam autocorrelação espacial negativa, ou seja, uma região com alto valor da variável de interesse poderia estar rodeada por localidades com baixos valores dessa mesma variável, indicando uma dispersão espacial (Almeida, 2012). Ainda segundo esse autor, a estatística *I* de Moran global varia entre -1 e $+1$, sendo que o valor zero representa aleatoriedade da distribuição espacial, enquanto

valores próximos a 1 (-1) indicam autocorrelação espacial positiva (negativa). O I de Moran global univariado pode ser expressa pela equação (4):

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{z'Wz}{z'z} \quad (4)$$

em que n consiste no número de municípios cearenses considerados, z se refere aos valores da variável analisada e Wz diz respeito os valores da variável com uma ponderação feita pela matriz de peso e S₀ corresponde à soma dos elementos da matriz de peso.

O LISA identifica padrões de agrupamento em nível local e pode ser representado pela equação (5):

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j \quad (5)$$

em que z_i e z_j indicam as variáveis padronizadas e w_{ij} refere-se ao elemento da matriz de ponderação espacial W.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fatores da modernização da agricultura e da pecuária

O teste KMO aplicado à modernização agrícola apresentou um valor de 0,638, enquanto, para a modernização da pecuária, o valor obtido foi de 0,626, ambos considerados razoáveis para a aplicação da análise fatorial. Além disso, o teste de esfericidade de Bartlett foi significativo em ambas as análises, permitindo a rejeição da hipótese nula de que a matriz de correlação corresponde a uma matriz identidade.

Conforme a técnica de análise fatorial, a representação de um conjunto de dados considera apenas os fatores cujos autovalores sejam superiores a unidade, seguindo o critério de Kaiser, especificado na metodologia. Desta forma, após a aplicação dos testes de adequação KMO e de esfericidade de Bartlett, que confirmaram a adequação dos modelos adotados, foram extraídos cinco fatores representativos da modernização da agricultura e dois fatores representativos da modernização da pecuária, indicados na Tabela 1. Como se observa, esses cinco fatores explicam 74,31% da variância da modernização agrícola, enquanto os dois fatores selecionados são responsáveis pela explicação de 65,53% da variância da modernização da pecuária.

Tabela 1 - Fatores, variância explicada pelo fator e variância acumulada da modernização agrícola e pecuária dos municípios cearenses

Fator	Agrícola		Fator	Pecuária	
	Variância explicada pelo fator (%)	Variância acumulada		Variância explicada pelo fator (%)	Variância acumulada
1	31,28	31,28	1	45,39	45,39
2	14,01	45,29	2	20,14	65,53
3	12,50	57,79			
4	8,99	66,78			
5	7,53	74,31			

Fonte: elaborada pelos autores.

A partir dos escores fatoriais, extraídos da análise fatorial, foram construídos o Índice de Modernização Agrícola (IMA) e o Índice de Modernização da Pecuária (IMP), que foram classificados com base em três tipologias: Modernização Baixa (MB), Modernização Média (MM) e Modernização Alta (MA). Tal classificação foi estabelecida com base na dispersão dos valores em relação à média e ao desvio-padrão, sendo que municípios com modernização baixa apresentaram valores abaixo da média; os classificados com modernização média tiveram valores situados no intervalo da média a um desvio-padrão acima da média e, por fim, os municípios com modernização alta registraram valores superiores a um desvio-padrão acima da média. Seguindo essa classificação, a Tabela 2 mostra a distribuição absoluta e relativa do Índice de Modernização Agrícola e do Índice de Modernização da Pecuária (IMP) para as amostras consideradas dos municípios cearenses.

Os resultados indicam que a maioria dos municípios analisados (57,23% e 51,14%) apresenta, respectivamente, baixo nível de modernização agrícola e pecuária. Esse padrão quanto à modernização agrícola corrobora as inferências encontradas por Ferreira, Barbosa e Sousa (2011) e Madeira *et al.* (2019), que também identificaram predominância de baixos níveis de modernização agrícola no Ceará. Ambos os estudos destacam a persistência de formas rudimentares de produção, com modernização heterogênea entre os municípios cearenses. Santos e Campos (2021) também constataram que mais da metade dos municípios cearenses considerados estão abaixo da média quanto ao IMA.

Tabela 2 - Classificação dos municípios cearenses segundo Índice de Modernização Agrícola (IMA), Índice de Modernização Pecuária (IMP) e suas respectivas frequências

Classificação	IMA		IMP	
	Frequência absoluta	Frequência relativa (%)	Frequência absoluta	Frequência relativa (%)
Modernização Alta (MA)	17	9,83	33	18,75
Modernização Média (MM)	57	32,95	53	30,11
Modernização Baixa (MB)	99	57,23	90	51,14
Total	173	100,00	176	100,00

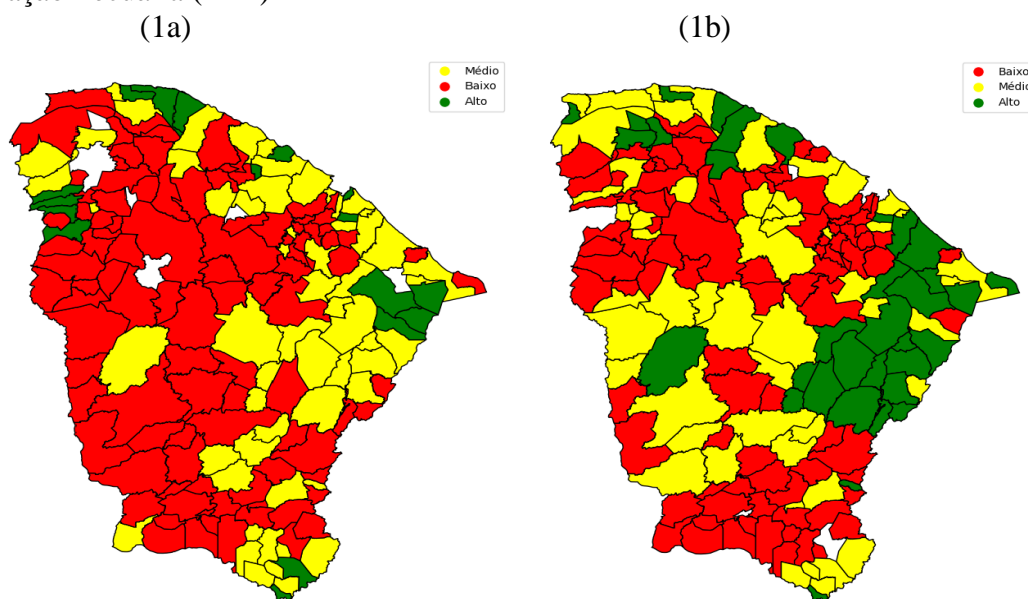
Fonte: elaborada pelos autores.

Considerando que os estudos de Madeira *et al.* (2019) e Ferreira, Barbosa e Sousa (2011) basearam-se em dados de Censos Agropecuários anteriores e já apontavam uma predominância de baixos níveis de modernização, os resultados do presente estudo tomando como base dados mais recentes sugerem que o Ceará não tem avançado de forma significativa nesse processo. A persistência desse padrão ao longo do tempo pode indicar uma estagnação relativa ao nível de modernização agrícola, reforçando a necessidade de políticas públicas mais eficazes e direcionadas.

4.2 Análise espacial da modernização da agricultura e da pecuária

A Figura 1 apresenta os mapas do Índice de Modernização Agrícola (IMA) e do Índice de Modernização Pecuária (IMP), classificados nas três categorias: baixa, média e alta modernização. No mapa 1a, está representada a distribuição do IMA, enquanto o mapa 1b exhibe o IMP.

Figura 1 - Mapas do Índice de Modernização Agrícola (IMA) e do Índice de Modernização Pecuária (IMP)



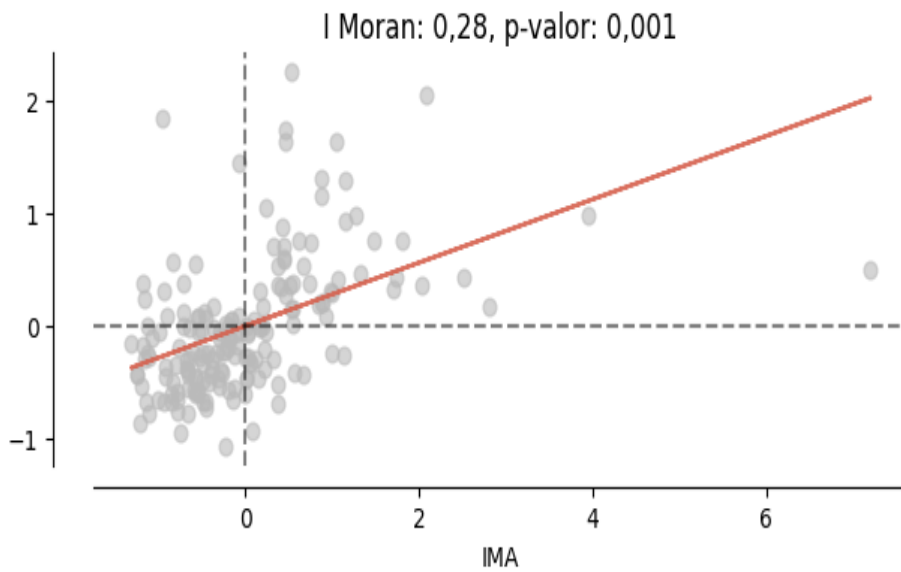
Fonte: elaborada pelos autores.

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) foi aplicada com o objetivo de averiguar a existência de padrões espaciais e aglomerações. Para isso, conforme descritos na metodologia, foram utilizados o Índice Global de Moran, que verifica a presença de dependência espacial, e o Índice Local de Moran, ou LISA (*Local Indicator of Spatial Association*), que permite identificar *clusters* e *outliers* espaciais.

Para a realização da AEDE, é fundamental, primeiramente, adotar uma matriz de ponderação espacial. Com essa finalidade, foram testados dois critérios de proximidade: Torre (*rook*) e Rainha (*queen*). Apesar de ambos apresentarem resultados estatisticamente significativos, indicando a presença de dependência espacial, adotou-se o critério Rainha como matriz de ponderação espacial, seguindo Ahuaji Filho (2022) e Batista *et al.* (2023).

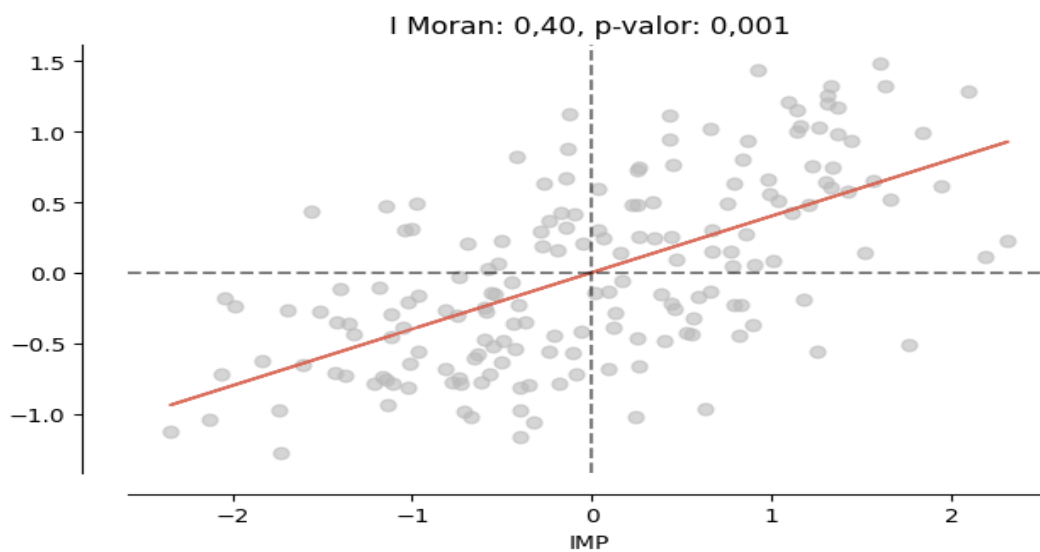
A modernização agrícola apresentou um I de Moran de 0,281, indicando a presença de autocorrelação espacial positiva. Esse valor sugere que localidades com níveis semelhantes de modernização tendem a estar próximas geograficamente, ou seja, que municípios com IMA elevado estão rodeados de outros municípios que também possuem IMA alto, e vice-versa. Já a modernização pecuária teve um I de Moran de 0,40, o que também indica autocorrelação espacial positiva entre municípios com IMP semelhantes. As figuras 2 e 3 abaixo apresentam, respectivamente, os diagramas de dispersão de Moran para a modernização agrícola e pecuária.

Figura 2 - Diagrama de dispersão de Moran para a modernização agrícola dos municípios cearenses



Fonte: elaborada pelos autores.

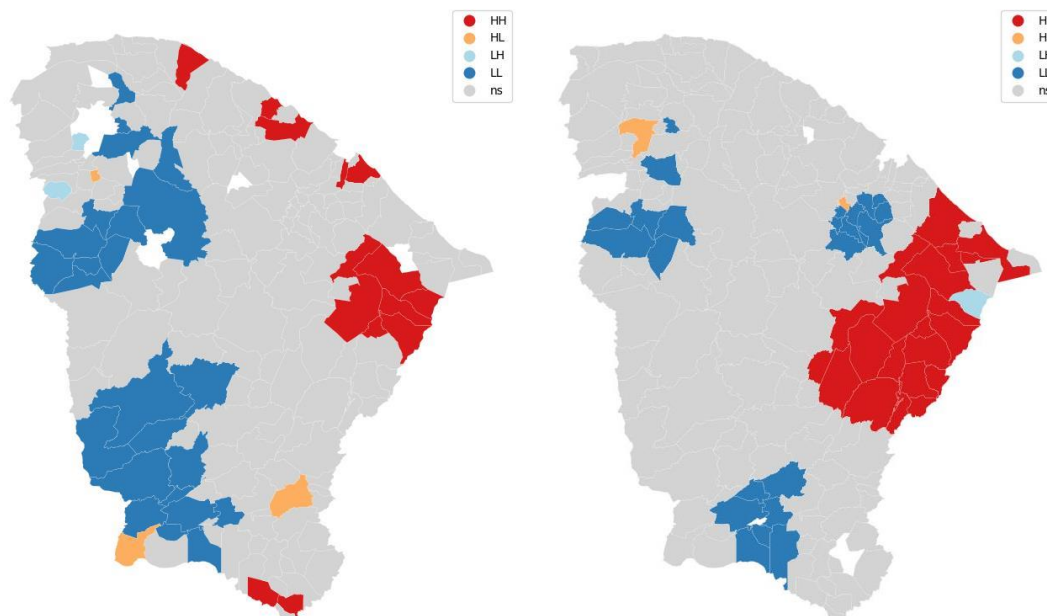
Figura 3 - Diagrama de dispersão de Moran para a modernização pecuária dos municípios cearense



Com base nos resultados do LISA (*Local Indicator of Spatial Association*), foram gerados mapas de *clusters* para visualizar a distribuição espacial da modernização agrícola e pecuária. Dessa forma, foram construídos dois mapas LISA univariados: um para a modernização agrícola e outro para a modernização pecuária, evidenciando as regiões onde há agrupamentos significativos. A Figura 4 apresenta os mapas de *clusters* de modernização agrícola (4a) e modernização pecuária (4b). Os *clusters* espaciais identificados pelo LISA foram classificados em quatro categorias principais: *High-High* (Alto-Alto), que indica municípios com alta modernização cercados por outros também com alta modernização; *Low-Low* (Baixo- Baixo), representando municípios de baixa modernização rodeados por outros de baixa modernização; *High-Low* (Alto-Baixo), que corresponde a municípios com alta

modernização cercados por municípios de baixa modernização; e *Low-High* (Baixo-Alto), que identifica municípios de baixa modernização rodeados por municípios com alta modernização.

Figura 4 - Mapa de *clusters* da modernização agrícola e pecuária dos municípios cearenses (4a) (4b)



Fonte: elaborada pelos autores.

Com base na figura 4a, identificam-se *clusters Low-Low* (LL) na mesorregião Noroeste Cearense e na região que abrange os Sertões, Sul e Centro-Sul, indicando áreas de baixa modernização agrupadas. Já um *cluster High-High* (HH) foi identificado no Jaguaribe, evidenciando municípios com alta modernização agrícola próximos entre si.

No tocante à pecuária, evidencia-se um *cluster High-High* (HH) na região do Jaguaribe, em fronteira com as mesorregiões Norte e Sertões, indicando alta modernização pecuária concentrada. *Clusters Low-Low* (LL) também foram identificados nas regiões Sul e Centro-Sul, bem como no Norte e no Noroeste.

Os resultados evidenciam a concentração da modernização agrícola na mesorregião do Jaguaribe, enquanto áreas de menor modernização estão no Noroeste Cearense, Sertões, Sul e Centro-Sul. Para a modernização pecuária, o maior nível foi observado na região do Jaguaribe, próximo à fronteira com a Região Norte, enquanto menores níveis se distribuíram pelo Sul, Centro-Sul, Norte e Noroeste.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em decorrência da busca por eficiência no emprego dos fatores de produção no campo, tem-se a necessidade de modernização agropecuária. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho consistiu em analisar a modernização da agricultura e da pecuária dos municípios cearenses empregando técnicas de análise multivariadas. Para tal, empregou-se análise de componentes principais e Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). A partir de cinco componentes principais para a agricultura e dois para a pecuária, foram construídos o IMA e o IMP, respectivamente.

Os resultados mostraram que a maior parte dos municípios cearenses apresenta modernização baixa para os dois tipos. Essa evidência sinaliza a necessidade de

investimentos na agricultura e pecuária, sendo oportuno o desenvolvimento de técnicas que possibilitem o ganho de inovação e, por conseguinte, de eficiência. No que tange à análise espacial, verificou-se I de Moran positivo e significativo para os dois índices, embora os valores tenham sido relativamente baixos. Além disso, confirmou-se a presença de *clusters* de modernização, em que algumas regiões cearenses formam grupos com alta e/ou baixa modernização da agricultura e da agropecuária.

Para estudos futuros, sugere-se incluir outras variáveis nas análises de correlação espacial, ou seja, obter cálculos bivariados para o I de Moran. Além disso, pode-se ser relevante a aplicação de modelos espaciais, com o intuito de aferir os determinantes dos IMA e do IMP. Ademais, visando ampliar o debate acerca da modernização agropecuária, é relevante considerar outros estados brasileiros, destacando suas singularidades e heterogeneidades.

REFERÊNCIAS

AHUAJI FILHO, M. A. S. **Índice de intensificação da pecuária de corte**: uma análise multivariada e espacial. 2022. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

ALCANTARA, I. R.; BACHA, C. J. C. A modernização desigual da agropecuária brasileira de 2006 a 2017. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 27, p. 1-25, 2023. DOI: 10.1590/198055272705

ALMEIDA, E. S. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas: Editora Alínea, 2012.

ALVES, A; CONTINI, E; HAINZELIN, E. Transformações da agricultura brasileira e pesquisa agropecuária. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 37-51, jan./abr. 2005.

BATISTA, M. L. B.; ALVES, J.S.; ALVES, C. L. B.; ANDRÉ, D.M. Análise fatorial e espacial da modernização agrícola no MATOPIBA. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 3, p. e261413, mar. 2023. DOI: 10.1590/1806-9479.2022.261413

BECKMANN, 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, PR, p. 81-102, jan.-mar. 2019. DOI:10.17765/2176-9168.2019v12n1p81-102

COSTA FILHO, J.; CRUZ, M. P. M.; LIMA, F. A. X.; ARAUJO, J. A. Nível de modernização na agricultura familiar do semiárido no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 242-265, 2023. DOI: 0.3895/rbpd.v12n1.15449

DANTAS, V. V.; SANTOS, M. A. S.; REBELLO, F. K.; SANTANA, A. C.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; FREITAS, A. C. R. Nível tecnológico da pecuária leiteira no estado do Maranhão, Brasil. **Nucleus Animalium**, v.10, n.2, p. 71-86, nov. 2018.

DIAS, T. K. M.; CAMPOS, K. C. Índice de modernização da agricultura familiar no Nordeste do Brasil. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano 31, n. 4, p. 72-84,

out./nov./dez. 2022.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de análise de dados**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

FERREIRA, P. A. B.; BARBOSA, D. A.; SOUSA, E. P. Índice de modernização agrícola nos agropolos cearenses. **Revista de Ciências Administrativas**, Fortaleza, v. 17, n. 2, p. 427-446, 2011.

FIGUEIREDO, F. D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Revista Opinião Pública**, v. 16, n. 1, p. 160-185. 2010.

FRANCO, J.; PEREIRA, M. F. Crescimento e modernização do setor agropecuário paranaense: no período de 1970 a 2004. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, PR, v. 1, n. 2, p. 187-210, 2008.

FREITAS JUNIOR, A. M. de; BARROS, P. H. B. de. A expansão da pecuária para a Amazônia legal: externalidades espaciais, acesso ao mercado de crédito e intensificação do sistema produtivo. **Nova Economia**, v. 31, n. 1, p. 303–333, jan. 2021. DOI: 10.1590/0103-6351/5064

GELATTI, E.; BOBATO, A. M.; FREITAS, C. A. de; ZANIN, V.; CORONEL, D. A. Caracterização espacial da modernização agrícola dos municípios do estado do Rio Grande do Sul (2010 e 2017). **Desenvolvimento Regional em debate**, Contestado, SC, v. 10, p. 1079–1103, 2020. DOI: 10.24302/drd.v10i0.2804.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**, 5. ed. Bookman: Porto Alegre, 2011.

HAIR JR., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 5ª ed., p.32, 2005.

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. **Agricultural development: an international perspective**. Baltimore e Londres: Johns Hopkins Press, 1971.

HOFFMANN, R. A dinâmica da modernização da agricultura em 157 microrregiões homogêneas do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 30, n. 4, p. 271-290, 1992.

HOFFMAN, R. A.; KASSOUF, A. L. Modernização e desigualdade na agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 2, p. 272-303, 1989.

IRMÃO, L. C. 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.

LAVORATO, M. P.; FERNANDES, E. A. **Rev. Econ. do Centro-Oeste**, Goiânia, v.2, n.2, p. 2-18, 2016.

LEMONS, M. B.; GALINARI, R.; CAMPOS, B.; BIASI, E.; SANTOS, F. Tecnologia, especialização regional e produtividade: um estudo da pecuária leiteira em Minas Gerais.

Revista de Economia e Sociologia Rural. Brasília, v.41, n.3, p.117-138, 2003.

LIMA, G. C. de; CAMPOS, K. C.; ALVES, A. G. M. Índice de Modernização Agrícola na região Nordeste. **Interações**, Campo Grande, v. 23, n. 2, p. 347–362, abr./jun. 2022.

LOBÃO, M. S. P.; STADUTO, J. A. R. Modernização agrícola na Amazônia brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 2, e188276, 2020.

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

MATOS, D. A. S.; RODRIGUES, E. C. **Análise fatorial**. Brasília: Enap, 2019.

MOURA, J. E. A.; CAMPOS, K. C.; STAMM, C. Modernização da pecuária: uma análise nas regiões imediatas do Nordeste e Sul do Brasil. **Informe GEPEC**, Toledo, PR, v. 28, n. 2, p. 288– 313, 2024. DOI: 10.48075/igepec.v28i2.33328.

PAIVA, E.C.; LIMA, F.A.X. Índice de sustentabilidade da produção pecuária leiteira nos municípios do Ceará. **Revista do Desenvolvimento Regional**, Taquara, RS, v. 21 n. 3, p. 252-277, jul./set., 2024.

PEREIRA, B. D.; MENDES, C. M. A modernização da agricultura de Mato Grosso. **Revista de Estudos Sociais**, Cuiabá, ano 4, n. 7, p. 61-76, 2022.

PINTO, N. G. M.; CORONEL, D. A. Desenvolvimento rural no Rio Grande do Sul: uma análise das mesorregiões entre 2000 e 2010. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 36, n. 4, p. 893- 920, 2016.

PROCÓPIO, D. P.; COMINETI, C. S. S.; GUIMARÃES, I. L. R.; FEUSER, N. S. A. Modernização Agropecuária no Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, PR, v. 16, n. 3, e10840, 2023. DOI: 10.17765/2176-9168.2023v16n3e10840

RODRIGUES, A. M. G.; SOUSA, E. P. Desempenho da pecuária no estado de Goiás. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural Nordeste, 8, 2013. **Anais...** Goiânia, GO: SOBER, 2014.

RODRIGUES, A. M. G.; SOUSA, E. P. Dinâmica da pecuária nas Unidades Federativas do Brasil: uma análise multivariada. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural Nordeste, 8, 2013. **Anais...** Parnaíba, PI: SOBER Nordeste, 2013.

ROSSONI, R. A.; MORAES, M. L.; CATTELAN, R. O perfil da modernização da agricultura do Paraná: uma análise de *cluster*. **Informe Gepec**, Toledo, PR, v. 25, p. 29-45, 2021.

SANTANA, M. M. F. **Localização das empresas de tecnologia em Pernambuco**: uma Análise Exploratória de Dados Espaciais. 2022. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Departamento de Economia, Universidade

Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

SANTOS, L. O.; CAMPOS, K. C. Modernização da agropecuária dos municípios do Estado do Ceará. **Economia & Região**, Londrina, PR, v. 9, n. 2, p. 115-130, 2021. DOI: 10.5433/2317- 627X.2021v9n2p115.

SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. C.; RAIOL, L. C. B. Índice de modernização da pecuária leiteira no estado de Rondônia: determinantes e hierarquização. **Perspectiva Econômica**. v. 7 n. 2, p. 93-106, jul-dez, 2011. DOI: 10.4013/pe.2011.72.03

SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. C.; RAIOL, L. C. B.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B. Fatores tecnológicos de modernização da pecuária leiteira no estado do Tocantins. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, PR v.7, n.3, p. 591-612, set./dez. 2014.

SARAIVA, J. S.; HOMMA, A. K. O.; SOUZA, C. C. F.; COSTA, N. L.; LOPES, M. L. B.; SANTOS, M. A. S. Índice de Modernização da Agricultura: dinâmicas e determinantes na agricultura paraense. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA**, Ariquemes, v. 15 n. 1, p. 168-186, 2024. DOI: 10.31072

SILVA, R. P.; VIAN, C. E. F. Padrões de modernização na agropecuária brasileira em 2006. **Economia Aplicada**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 1, p. 33-64, 2021. DOI: 10.11606/1980-5330/ea160541

SIMÕES, A. R. P.; REIS, J. D.; AVELAR, P. S. A heterogeneidade tecnológica da pecuária leiteira em Minas Gerais. **Revista Agrarian**, Dourados, MS, v.10, n.37, p. 261-269, 2017.

SOUSA, L. O.; BRITO, M. A. Desempenho da pecuária e formação de clusters nos municípios cearenses. In: 48º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER. **Anais...** Campo Grande, MS, 2010.

SOUZA, P. M.; LIMA, J. E. Intensidade e dinâmica da modernização agrícola no Brasil e nas Unidades da Federação. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 4, p. 795-824, out/dez 2003.

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