



CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DA MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (2010 E 2017)¹

SPACE CHARACTERIZATION OF AGRICULTURAL MODERNIZATION OF RIO GRANDE DO SUL STATE MUNICIPALITIES (2010 END 2017)

CARACTERIZACIÓN ESPACIAL DE LA MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA EN LOS MUNICIPIOS DEL ESTADO DE RIO GRANDE DO SUL (2010 Y 2017)

Elisangela Gelatti²Angel Maitê Bobato³Clailton Ataídes de Freitas⁴Vancelei Zanin⁵Daniel Arruda Coronel⁶

RESUMO

Este estudo tem por objetivo realizar uma caracterização espacial do processo da modernização agrícola dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul, a partir dos dados atuais do Censo Agropecuário de 2017 e o de 2006. Então, para explorar o fenômeno da modernização da agricultura, foram utilizadas técnicas de estatística multivariada e Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Os resultados encontrados indicam que há autocorrelação espacial positiva entre os municípios. Desta forma, identificou-se que os municípios que apresentaram alto Índice de Modernização Agrícola (IMA) estão rodeados por municípios vizinhos que apresentaram também IMA elevado, localizados nas mesorregiões do Noroeste, Nordeste e Centro Ocidental Rio-grandense, evidenciando um efeito de transbordamento na difusão dessas tecnologias entre eles. E os municípios gaúchos que apresentaram baixos valores no seu IMA também estão rodeados por municípios vizinhos que apresentaram baixos níveis desse mesmo índice, sugerindo um contágio da carência tecnológica na atividade agrícola. Esses resultados refletem as heterogeneidades tecnológicas agrícolas entre os municípios gaúchos, indicando

¹O presente trabalho foi apresentado no XXII Encontro de Economia da Região Sul – ANPEC/SUL, no ano de 2019, na cidade de Maringá. Paraná, Brasil.

²Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo, ESALQ/USP. Bolsista Capes. Piracicaba. São Paulo, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1388-0460>. E-mail: elisangelagelatti@hotmail.com

³Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo, ESALQ/USP. Bolsista Capes. Piracicaba. São Paulo, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6647-782X>. E-mail: angelmaitebobato@gmail.com

⁴Docente do Departamento de Economia e Relações Internacionais e do Programa de Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. Rio Grande do Sul, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0754-3211>. E-mail: lc589@gmail.com.

⁵Doutor em Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo, ESALQ/USP e Pesquisador do Departamento de Economia e Estatística da Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Rio Grande do Sul, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5607-3864> E-mail: vanceleizanin@planejamento.rs.gov.br

⁶Docente do Programa de Pós-Graduação de Economia e Desenvolvimento e do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. Rio Grande do Sul, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0264-6502>. E-mail: danielcoronel@uol.com.br

que os fatores da modernização agrícola não influenciam apenas no desenvolvimento rural, mas também no desenvolvimento regional.

Palavras-chave: Modernização Agrícola. Distribuição Espacial. Análise Fatorial. Desenvolvimento Regional.

ABSTRACT

This study aimed to perform a spatial characterization of the agricultural modernization process in the municipalities of Rio Grande do Sul state, with current data of the agriculture and livestock census of 2017 and 2006. So, to explore the phenomenon of agricultural modernization, we used techniques of multivariate statistics and exploratory analysis of spatial data (AEDE). The results found indicate that there is positive spatial self correlation among the municipalities. Thus, we identified that the municipalities that presented high Index of Agricultural Modernization (IAM), are also surrounded by neighbor municipalities with also elevated index of IAM, located in the middle region of Northwest, Northeast and Middle West of Rio Grande do Sul, evincing an effect of diffusion overflow of agricultural modernization among them. And the municipalities of Rio Grande do Sul that presented low values in their IAM, are also surrounded by neighbor municipalities that also presented low levels of their agricultural modernization, suggesting a contagious of the technological deficiency in the agricultural activity. These results reflect the agricultural technological heterogeneities among the municipalities in the state, indicating that the factors of agricultural modernization do not only influence rural development, but regional development.

Keywords: Agricultural Modernization. Spatial Distribution. Factorial Analysis. Regional Development.

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo realizar una caracterización espacial del proceso de modernización agrícola en los municipios del estado de Rio Grande do Sul, con los datos actuales del censo agrícola de 2017 y 2006. Por lo tanto, para analizar este fenómeno de modernización agrícola, se utilizaron técnicas de estadísticas multivariadas y análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE). Los resultados encontrados indican que existe una autocorrelación espacial positiva entre los municipios. De esta manera, se identificó que los municipios que presentaron un alto índice de modernización agrícola (IMA) están rodeados de municipios vecinos que también presentaron un alto IMA, ubicado en las mesorregiones del noroeste, noreste y centro oeste do estado, mostrando un efecto “*spillover*” en la difusión de estas tecnologías entre ellas. Por otro lado, los municipios que presentaron valores bajos en su IMA también están rodeados de municipios vecinos que presentaron niveles bajos del mismo índice, lo que sugiere un contagio de deficiencia tecnológica en la actividad agrícola. Estos resultados reflejan las heterogeneidades tecnológicas agrícolas entre los municipios del estado, lo que indica que los factores de modernización agrícola no solo influyen en el desarrollo rural, sino también en lo desarrollo regional.

Palabras clave: Modernización Agrícola. Distribución Espacial. Análisis Fatorial. Desarrollo Regional.

Como citar este artigo: GELATTI, Elisangela et al. Caracterização espacial da modernização agrícola dos municípios do estado do Rio Grande do Sul (2010 e 2017). **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 1079-1103, 17 set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.24302/drd.v10i0.2804>

Artigo recebido em: 13/04/2020

Artigo aprovado em: 10/09/2020

Artigo publicado em: 17/09/2020

1 INTRODUÇÃO

A produção agrícola brasileira vem se destacando ao longo dos anos devido ao aumento da demanda global aos avanços tecnológicos e inovações que se tornaram um instrumento fundamental para o desenvolvimento do setor agrícola do país. Com a disponibilidade de insumos modernos, maquinaria, instrumentos de política agrícola, sistemas eficientes de correção do solo e cultivares para a recuperação da fertilidade do solo, aumentou significativamente a produtividade da terra, do trabalho e do capital, além de diversificar as exportações de produtos agrícolas (ALBUQUERQUE; SILVA, 2008).

Destaca-se que os investimentos realizados, tanto públicos como privados, deram sustentação para o incremento tecnológico e para os ganhos de produtividades, que permitiram ao Brasil um aumento expressivo em suas exportações (AVILA et al., 2015). Em 2018, o setor do agronegócio exportou, aproximadamente, US\$101,7 bilhões, que representou cerca de 42,39% do total exportado pelo país (US\$ 239,9 bilhões), indicando um aumento de US\$ 5,5 bilhões em suas exportações, em relação ao ano anterior de 2017. Esses números retratam um pouco da importância do setor na geração de divisas ao país (AGROSTAT - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro, 2019).

Dentro do agronegócio brasileiro, o Rio Grande do Sul (RS) é o quarto maior exportador nacional, visto que, em 2018, exportou US\$ 12,2 bilhões, ficando atrás de São Paulo (US\$16,4 bilhões), Mato Grosso (15,9 bilhões) e Paraná (14,3 bilhões) (AGROSTAT, 2019). Os produtos exportados pelo agronegócio gaúcho que mais tiveram demanda foram soja (US\$ 6,1 bilhões), fumo e seus produtos (US\$ 1,5 bilhões), carnes (US\$ 1,4 bilhões) e produtos florestais (US\$ 1,2 bilhões), respondendo por cerca de 80% do total exportado pelo estado (AGROSTAT, 2019).

A produção agropecuária do Rio Grande do Sul não se restringe às exportações, sendo também fornecedora de alimentos para o abastecimento do mercado interno, além da geração de empregos, renda e de relevância para o desenvolvimento regional (COSTA et al., 2015). Alguns números ilustram essas afirmações, pois, atualmente, há, no Rio Grande do Sul, 497 municípios com 365.052 estabelecimentos rurais, os quais são responsáveis por produzir alimentos, fibras e cereais, em uma área de, aproximadamente, 21,6 milhões de hectares, além de garantir a ocupação para 983.751 trabalhadores rurais e um valor bruto da produção de 37,4 bilhões (IBGE, 2018).

Estes resultados destacados sobre o agronegócio gaúcho são provenientes da produtividade, diretamente associados aos agricultores gaúchos por absorverem inovações tecnológicas da indústria de máquinas e de insumos e adotarem novas técnicas de cultivo, como manejo de solo, plantio direto, agricultura de precisão, ou seja, pelo progresso técnico e pela difusão das inovações (FEE. FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA, 2017).

Dados os ganhos de produtividade do setor do agronegócio associado ao progresso técnico e à inovação no Brasil, e, em especial, no Rio Grande do Sul, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar a modernização agrícola do Estado. Para que esse objetivo seja alcançado, a pesquisa tem como objetivos específicos: a) identificar os fatores técnicos e tecnológicos que contribuem para a modernização da agricultura dos municípios do Rio Grande do Sul; b) calcular o Índice de Modernização Agrícola (IMA) para hierarquizar os municípios do Rio Grande do Sul em termos de potencial de modernização agrícola; e c) analisar a distribuição espacial do processo de modernização da agricultura dos municípios do Rio Grande do Sul. Para tanto, utilizam-se técnicas de estatística multivariada e análise exploratória de dados espaciais (AEDE) e dados atuais do Censo Agropecuário de 2017 e o de 2006.

Assim, a hipótese testada no presente estudo é de que, se a distribuição espacial da modernização da agricultura do estado não é aleatória, então existe uma correlação positiva no processo de modernização entre os municípios, ou seja, municípios com resultado alto (baixo) do IMA são rodeados por municípios que também apresentam altos resultados alto (baixo) do IMA.

Destaca-se, ainda, que o penúltimo Censo Agropecuário é referente ao ano de 2006. Então este trabalho contribui para uma caracterização e distribuição espacial atual do cenário agrícola do Estado do Rio Grande do Sul, indicando, através da construção do Índice de Modernização Agrícola, os municípios mais modernizados e os fatores condicionantes associados a este processo. Rocha e Parré (2009, p. 141) ressaltam que “estudos relacionados ao setor primário apresentam alta relevância para a sociedade, visto que esse desempenha um importante papel no desenvolvimento econômico, exercendo fortes efeitos de encadeamento no restante da economia”, além de ser mais uma ferramenta para o planejamento de políticas estratégicas para o desenvolvimento local e regional. Ainda, contribuir para potencializar a competitividade do agronegócio gaúcho.

O presente estudo está estruturado em quatro seções, além desta introdução. Na seção dois, é apresentada uma revisão de literatura acerca do tema da modernização da agricultura. A seção três apresenta os aspectos metodológicos da pesquisa, com ênfase na análise de estatística multivariada, em especial da análise fatorial, para a construção do Índice de Modernização Agrícola e o de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Na seção quatro, analisam-se e discutem-se os resultados e, na seção cinco, são apresentadas as principais conclusões.

2 UMA BREVE CARACTERIZAÇÃO DA MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA

Modernização da agricultura é sinônimo de mecanização e tecnificação na produção agrícola, podendo ser classificadas em inovações mecânicas, que afetam a intensidade e o ritmo da jornada de trabalho; inovações físico-químicas, que modificam as condições naturais do

solo; inovações biológicas, que reduzem o período de produção e/ou potencializam os efeitos das inovações mecânicas e físico-químicas; e inovações agrônômicas, que permitem novos métodos de organização da produção, elevando a produtividade do trabalho de uma forma geral (PIRES, 2013). Nesse sentido, Teixeira (2005) considera modernizada a produção agrícola que faz uso intensivo de equipamentos e técnicas, tais como máquinas e insumos modernos, permitindo maior rendimento no processo produtivo.

Com os avanços da tecnologia, e na busca de melhores técnicas produtivas para agricultura, os produtores visam alcançar maior rentabilidade, visto que a mecanização permite ampliar as áreas cultivadas ou a escala de produção. Na atividade agropecuária, os avanços tecnológicos acompanharam esse processo, no qual estruturas artesanais e rudimentares foram dando espaço a técnicas avançadas e estruturas modernas de maquinários (TEIXEIRA, 2005).

Neste sentido, a modernização da agricultura no Brasil iniciou a partir da década de 1960, com a influência da Revolução Verde⁷, incorporando, em suas práticas agrícolas, o uso de máquinas, adubos e defensivos químicos e expandindo suas áreas cultivadas. Conforme Delgado (1999), este processo de modernização foi favorecido por alguns fatores, tais como o crescimento rápido das exportações; a intensa urbanização, que gerou um impulso da demanda por produtos agrícolas; a constituição dos diversos ramos do Complexo Agroindustrial (CAI) e pela organização do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR). Esses fatores ajudaram a configurar um novo padrão de desenvolvimento rural e impulsionaram mudanças nas práticas de produção agrícola.

Assim sendo, essa modernização, caracterizada pela utilização crescente de insumos modernos (máquinas e tratores, fertilizantes químicos e corretivos, e controle químico de pragas e doenças) e mudanças das relações de trabalho; mecanização em todas as fases do processo produtivo em substituição às habilidades manuais do trabalhador; e a internacionalização dos setores produtivos de insumos, máquinas e equipamentos para a agricultura (CORRÊA; FIGUEIREDO, 2006), contou com a capacidade empresarial de grande parte dos produtores rurais, que se adaptaram aos novos incentivos (sobretudo estatais) ao setor (BALSAN, 2006).

Essas modificações no contexto nacional contribuíram, também, para a modernização e o desenvolvimento do Rio Grande do Sul. No entanto, a evolução da modernização da agricultura gaúcha não ocorreu como um processo uniforme, diferenciando-se acentuadamente, de acordo com as características naturais de cada região e culturas produzidas (FONTOURA, 2014, AVILA *et al.*, 2015). No estado, os incentivos para uma modernização da produção (através da política de crédito, de preços mínimos, de financiamento a modernização de equipamentos e geração de cultivares adaptadas a diferentes climas) atuaram, inicialmente, sobre os produtores de trigo e arroz, o primeiro com forte vinculação com o setor externo (o trigo era, em grande parte, importado) e o segundo, importante para alimentação interna. A soja, que depois passa a ser o carro-chefe da agricultura gaúcha, beneficia-se da política de incentivo ao trigo, pois era produzida em conjunto com este cereal (este cultivado no inverno, aquela no verão) (KREBBE, 2010).

As políticas de modernização, iniciadas em meados da década de 1960, com forte presença estatal, passam, depois dos anos 1990, com a estabilização econômica, a contar com

⁷ É um conjunto de inovações tecnológicas que têm o intuito de melhorar as práticas agrícolas. O primeiro país a aplicar o conceito foi o México, em 1950, e assim o seu uso espalhou-se por vários países, que aumentaram significativamente sua produção de alimentos.

uma menor participação do Estado e com maior participação dos agentes privados (produtores, *traders*, cooperativas, bancos privados, entre outros) que fazem uso de novos instrumentos (títulos, cédulas de produtor rural, mercado futuro, *barter*, entre outros) de financiamento da produção e da comercialização cada vez com maior frequência (OLIVEIRA; CARVALHO, 2006).

Mesmo com estas mudanças macroeconômicas, que alteram a importância do Estado como indutor das modificações na produção agrícola, o setor mantém sua modernização, observada pelo crescimento da produtividade, tanto nacional como regionalmente. O Rio Grande do Sul desempenha um papel relevante neste contexto devido à sua expansão na produtividade do setor agropecuário, além de ser conhecido como o celeiro agrícola nacional (FREITAS et al., 2007).

3 METODOLOGIA

Com a identificação dos fatores condicionantes da modernização agrícola nos municípios gaúchos, utilizou-se a análise fatorial para construir o Índice de Modernização Agrícola (IMA), o qual possibilitou hierarquizar os municípios do Estado do Rio Grande do Sul em termos de potencial de modernização agrícola e realizar uma Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), a partir dos instrumentos estatísticos expresso em mapas. Essas ferramentas permitem diagnosticar *clusters* espaciais de municípios relacionados à intensidade da modernização da agricultura dos municípios gaúchos.

O presente trabalho fundamenta-se nos estudos anteriores da literatura sobre o tema que utilizaram a técnica de análise fatorial e/ou criação de um índice para mensurar e analisar o fenômeno da modernização agrícola no Brasil, destacando-se os estudos de Costa et al. (2012), Pinto e Coronel (2015) e, para sua distribuição espacial, destacam-se os estudos de Rocha e Parré (2009), Lavaroto e Fernandes (2016), Raiher et al. (2016) e Carmo et al. (2017).

3.1 ANÁLISE FATORIAL

A análise fatorial é uma técnica da análise multivariada que busca sintetizar as relações observadas entre um conjunto de variáveis inter-relacionadas, identificando fatores comuns, além de fornecer ferramentas para analisar a estrutura das correlações em um grande número de variáveis com uma perda mínima de informação.

Um modelo de análise fatorial, de acordo com Dillon e Goldstein (1984) e Mingoti (2005), pode ser explicado pela Equação (1) expressão em forma:

$$X_i = a_i F + \varepsilon_i \quad (1)$$

em que, X_i é o p-dimensional, vetor transposto das variáveis observáveis, denotado por $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)^t$; a_i é a matriz (p, q) de constantes desconhecidas, denominadas de cargas fatoriais; F é o q-dimensional, vetor transposto das variáveis não observáveis ou variáveis latentes, denominadas de fatores comuns, denotados por $F = (f_1, f_2, \dots, f_p)^t$, sendo que $q < p$; e o ε_i é p-dimensional, vetor transposto de variáveis aleatórias ou fatores únicos, $\varepsilon_i = (e_1, e_2, \dots, e_p)^t$.

A análise fatorial possibilita reduzir um grande número de variáveis em um menor número de fatores não correlacionados entre si. Para aferir a adequação do método à amostra de dados, dois testes são recomendados: o teste de esfericidade de Bartlett e o de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O teste de esfericidade de Bartlett (Teste T) verifica se a matriz de correlações é estatisticamente igual a uma matriz identidade (MINGOTI, 2005). As hipóteses testadas são: $H_0: P_{p \times p} = I_{p \times p}$, contra $H_1: P_{p \times p} \neq I_{p \times p}$, onde P é a matriz de correlações populacionais das variáveis. A estatística de teste é definida pela Equação 2:

$$T = - \left[n - \frac{1}{6}(2p + 11) \right] \left[\sum_{i=1}^p \ln(\lambda_i) \right] \sim \chi_{\frac{1}{2}p(p-1)}^2 \quad (2)$$

Para que os dados sejam adequados à análise fatorial, o teste de esfericidade de Bartlett deve rejeitar a hipótese nula e requer que as variáveis envolvidas na análise tenham distribuição normal p-variada.

O teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) é um índice que compara correlações simples e parciais dado pela Equação 3:

$$KMO = \frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p r_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p r_{ij}^2 + \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p a_{ij}^2} \quad (3)$$

em que, r_{ij}^2 e a_{ij}^2 são, respectivamente, o coeficiente de correlação simples e o coeficiente de correlação parcial entre X_i e X_j .

Esta medida é baseada no princípio de que a matriz de correlações inversa R^{-1} deve ser próxima de uma matriz diagonal para que a análise fatorial possa ser ajustada aos dados. A medida KMO varia entre 0 e 1. Então valores do teste KMO iguais ou inferiores de 0,6 indicam que a análise fatorial pode ser inadequada (FÁVERO et al. 2009).

3.1.1 Indicador de Modernização Agrícola (IMA)

Após a realização do procedimento da técnica de análise fatorial, com a identificação dos fatores e determinação dos respectivos escores fatoriais, há a possibilidade da construção de um índice que auxilie na mensuração da modernização da agrícola para os

municípios gaúchos. A construção do índice ocorre em duas etapas: na primeira, há a determinação do Índice Bruto de Modernização Agrícola (IBMA) e, após isso, é obtido o Índice de Modernização Agrícola Relativa (IMA), conforme metodologia utilizada, recentemente, por Pinto e Coronel (2015) e Lavaroto e Fernandes (2016), os quais seguem a metodologia de cálculo utilizada por Costa et al. (2012). Desta forma, a construção do IBMA surge da agregação dos fatores obtidos, conforme demonstrado na Equação 4.

$$IBMA_i = \sum_{j=1}^p \frac{\lambda_j}{\sum \lambda_j} F_{ji}^* \quad (4)$$

em que: $IBMA_i$ corresponde ao Índice Bruto de Modernização do i -ésimo município analisado; j refere-se à j -ésima raiz característica; p representa o número de fatores extraídos na análise; F_{ji}^* é o j -ésimo escore fatorial do i -ésimo município analisado; $\sum \lambda_j$ representa o somatório das raízes características referentes aos p fatores extraídos, sendo que $\frac{\lambda_j}{\sum \lambda_j}$ diz respeito à participação relativa do fator j na explicação da variância total captada pelos p fatores extraídos.

Convém ressaltar que a metodologia de cálculo do IBMA, usada por Costa et al. (2012a), utiliza o procedimento de distribuição simétrica em torno da média zero dos escores fatoriais de cada município. Com a finalidade de evitar que elevados escores fatoriais negativos aumentem a magnitude dos índices associados aos municípios com tais escores, procede-se a uma transformação deste a fim de trazê-los para o primeiro quadrante (PINTO; CORONEL, 2015). O procedimento, realizado antes da estimação do IBMA, é expresso pela Equação 5:

$$F_{ji} = \frac{(F_{ji} - F_j^{min})}{(F_j^{max} - F_j^{min})} \quad (5)$$

em que, F_{ji} são os escores fatoriais; F_j^{max} é o valor máximo observado para o j -ésimo escore fatorial associado ao i -ésimo município; F_j^{min} é o valor mínimo observado para o j -ésimo escore fatorial associado ao i -ésimo município.

Após o cálculo do IBMA, o Índice de Modernização Agrícola Relativa (IMA) é determinado por meio de ponderação, na qual se considera o maior valor de IBMA como 100 para cada município gaúcho (COSTA et al., 2012a; PINTO; CORONEL, 2015). Esta manipulação é realizada no intuito de se melhor avaliar os resultados alcançados, tornando o resultado mais expressivo e como base de comparação para os demais (LAVORATO; FERNANDES, 2016).

O critério escolhido para a análise dos resultados é o do maior nível de modernização agrícola, até o menor nível de modernização dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul. Assim, na sequência, faz-se a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) com o resultado encontrado do Índice de Modernização Agrícola Relativa (IMA).

3.2 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS (AEDE)

A AEDE pode ser definida como um conjunto de técnicas utilizadas para descrever e visualizar distribuições espaciais, podendo identificar localidades atípicas (*outliers* espaciais), descobrir padrões de associação espacial (*clusters* ou agrupamento) e sugerir diferentes regimes espaciais, com o objetivo de identificar padrões de associação espacial para as variáveis abordadas (ALMEIDA, 2012). De maneira geral, a AEDE é uma ferramenta ou um método que descreve a distribuição espacial do fenômeno e seus padrões de associação global e local (*clusters*).

Anselin et al. (2006) e Almeida (2012) descrevem que, para realizar a AEDE, é necessário, primeiramente, a adoção de uma matriz de ponderação espacial (W), em que essa é uma matriz quadrada de ordem n por n , cujos elementos denotam o grau de conexão espacial, no caso aqui aplicado, entre os municípios do Estado do Rio Grande do Sul, seguindo algum critério de proximidade, como contiguidade e/ou distância geográfica. Após, realiza-se a escolha do critério de proximidade, o qual pode ser baseado na contiguidade do tipo torre ou do tipo rainha, em que se parte do pressuposto de que os municípios da amostra contíguos possuem interação mais forte do que os municípios que não são contíguos.

Os autores destacam que o elemento w_{ij} , da matriz de ponderação espacial (W), terá valor igual a 1 quando dois municípios ou mais forem contíguos e 0, em caso contrário. Assim, por convenção, o elemento w_{ii} , será igual a zero, tendo em vista que um município não poderá ser vizinho de si mesmo. Como consequência, a diagonal principal da matriz de ponderação espacial (W) terá apenas valores zeros.

Na AEDE, utilizam-se as técnicas de testes de autocorrelação espacial global e testes de autocorrelação espacial local, uma vez que, neste estudo, estas são de análise univariada. Para Almeida (2012), a técnica de testes de autocorrelação espacial global utiliza a estatística I de Moran Global, como medidas de autocorrelação espacial, como segue:

$$I = \frac{n \sum_i \sum_j w_{ij} z_i z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (6)$$

ou matricialmente:

$$I = \frac{n z' W z}{S_0 z' z} \quad (7)$$

em que: i e j são regiões, n é o número de observações, z matriz de variáveis observadas padronizadas, W é a matriz de pesos, w_{ij} é um elemento de W , S_0 é a soma de todos os elementos da matriz W , ou seja, $\sum \sum w_{ij}$.

A hipótese nula (H_0) a ser testada é a de que a distribuição entre os municípios em relação ao IMA ocorre de forma aleatória, contra a hipótese alternativa (H_1) de que essa distribuição é não aleatória, ou seja, ocorre autocorrelação espacial. O valor esperado do teste é $-[1/(n-1)]$ e, caso exista aleatoriedade na distribuição espacial, a estatística I de Moran deve ser igual ao seu valor esperado, conforme o nível de significância adotado, caso contrário, rejeita-se a hipótese nula.

Um valor da estatística I de Moran maior do que o seu valor esperado indica uma autocorrelação espacial positiva, e um valor de I de Moran abaixo do seu valor esperado indica uma autocorrelação espacial negativa. A autocorrelação espacial positiva revela que existe uma similaridade entre os valores do atributo analisado e da sua localização espacial. A autocorrelação espacial negativa revela, por sua vez, que existe uma dissimilaridade entre os valores do atributo considerado e a localização espacial do mesmo.

Em outras palavras, uma autocorrelação espacial positiva significa que os municípios que possuem um elevado IMA são rodeados por municípios que também possuem um IMA elevado. Sendo o contrário verdadeiro, ou seja, municípios que possuem um baixo IMA são rodeados por municípios que também apresentam um IMA baixo.

Almeida (2012) ressalta que forte autocorrelação espacial global pode camuflar outros padrões locais de associação, como *clusters* ou *outliers* espaciais, sendo, então, importante a análise das estatísticas de autocorrelação espacial local. Este utiliza-se da ferramenta a estatística I de Moran Local, representado formalmente pela equação 8:

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^J w_{ij} z_j \quad (8)$$

em que, z_i corresponde o valor do Índice da Modernização Agrícola dos municípios i padronizados; w_{ij} denota o elemento da matriz de ponderação espacial (W) e z_j é o valor do Índice da Modernização Agrícola dos municípios j padronizada. Assumindo a condição de normalidade, o valor esperado da estatística I_i será: $E[I_i] = \frac{w_i}{n-1}$, em que, w_i é a soma dos elementos da linha da matriz W . Assim, para cada observação é computado um I_i , bem como o seu nível de significância.

A partir destes resultados, é possível observar a existência de mapa *clusters* espaciais locais, ou seja, os resultados podem ser apresentados em forma de mapas, denominados de *Local Indicator of Spatial Association* (LISA), os quais exibem apenas os municípios que possuem os I_i de Moran local significativos (RAIHER et al., 2016). De forma geral, é com a combinação das informações do I_i Moran e do mapa de significância das medidas de associação local que se constrói o mapa de *clusters*.

3.3 BASE E FONTE DOS DADOS

Conforme já ressaltado, as inovações e mudanças tecnológicas contribuíram para o aumento da eficiência da produção agrícola. Assim sendo, o presente estudo busca mensurar a modernização da agricultura, um tema caracterizado por um grande número de variáveis, o que torna importante o papel do pesquisador em decidir quais são as variáveis que melhor descrevem o fenômeno. Assim, baseada na literatura supracitada, o Quadro 1 apresenta as variáveis utilizadas na presente pesquisa.

É importante destacar que se utilizam as variáveis número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação e número total de colheitadeira, as quais são essenciais para compreender a mecanização e modernização agrícola.

Importa, também, destacar que os indicadores estão expressos em relação à área explorada (*AE*) e ao pessoal ocupado (*PO*). A variável *PO* inclui as pessoas que declararam estar ocupadas na agropecuária, independentemente do número de horas trabalhadas por semana e valor do rendimento, incluindo aqueles que declararam renda nula e, em relação à *AE*, aborda áreas com lavouras permanentes e temporárias, pastagens plantadas, matas plantadas, áreas com pastagens naturais e matas naturais (CORRÊA; FIGUEIREDO, 2006; LAVORATO; FERNANDES, 2016).

A amostra do estudo foi composta por 494 dos 497 municípios gaúchos. A exclusão de três municípios fez-se necessária pela falta de dados. Estes são, respectivamente, os municípios de Esteio e Cachoeirinha, com dados ausentes na maioria das variáveis propostas para este estudo e Pinto Bandeira, o qual assumiu a categoria de município a partir de 1º de janeiro de 2013, faltando, portanto, informações do Censo Agropecuário de 2006.

Quadro 1 – Variáveis para a caracterização do atual cenário da modernização agrícola dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul

X1-Número total de tratores (AE)
X2-Número total de tratores (PO)
X3-Número de colheitadeira (AE)
X4-Número de colheitadeira (PO)
X5-Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação (AE)
X6-Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação (TE)
X7- Número de estabelecimentos com acesso à assistência técnica (AE)
X8-Número de estabelecimentos com acesso à assistência técnica (PO)
X9-Número de estabelecimentos agropecuários que faz uso de financiamentos (AE)
X10-Número de estabelecimentos agropecuários que faz uso de financiamentos (PO)
X11-Número de estabelecimentos agropecuários uso de agrotóxicos (AE)
X12-Número de estabelecimentos agropecuários com uso de aplicação de calcário ou outros corretivos do solo (AE)
X13-Número total de estabelecimentos com despesas em sementes e mudas (AE)
X14-Número total de estabelecimentos com despesas em sementes e mudas (PO)
X15-Número total de estabelecimentos com despesas em agrotóxicos (AE)
X16-Número total de estabelecimentos com despesas em agrotóxicos (PO)
X17-Número total de estabelecimentos com despesas em adubos e corretivos de solo (AE)
X18-Número total de estabelecimentos com despesas em adubos e corretivos de solo (PO)

X19-Valor total da produção (Mil Reais) (AE)

X20-Valor total da produção (Mil Reais) (PO)

Fonte: Elaboração dos autores

Todos os dados foram retirados do Censo Agropecuário de 2006 e do Censo Agropecuário de 2017 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, exceto o indicador valor total da produção (Mil Reais), o qual é disponibilizado pela Produção Agrícola Municipal (PAM) para os anos de 2006 e 2017 do IBGE.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 FATORES DE MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA

Os testes de Bartlet e KMO visam verificar a adequabilidade da realização da análise fatorial. A estatística do teste de Bartlet apresentou um valor de significância menor que 1%, levando à rejeição da hipótese nula de igualdade de matrizes, ou seja, há evidência estatística da viabilidade de realização da análise fatorial (MINGOTI, 2005). O teste de KMO apresentou valores de 0,70 referente à análise do censo agropecuário de 2006 e 0,72, referente à análise do censo agropecuário de 2017, o que denota a viabilidade da técnica, uma vez que valores superiores a 0,6 indicam que a análise fatorial é adequada.

A partir da realização da análise fatorial pelo método de componentes principais e de rotação ortogonal Varimax, as vinte variáveis de modernização agrícola foram agrupadas em fatores, os quais explicam 79.29 %, referente à análise do Censo Agropecuário de 2006, o que corresponde a cinco fatores e 82.09%, referente à análise do Censo Agropecuário de 2017, que corresponde a quatro fatores da variância total dos dados (Tabela 1).

Tabela 1 – Autovalores da matriz e variância explicada das correlações para as variáveis de modernização agrícola dos municípios do Rio Grande do Sul, 2006 e 2017

Componentes	Autovalor	Variância Explicada Pelo Fator (%)	Variância Acumulada (%)	Autovalor	Variância Explicada Pelo Fator (%)	Variância Acumulada (%)
		2006	2006		2017	2017
1	6.58	32.92	32.92	5.98	29.94	29.94
2	3.27	16.35	49.27	5.04	25.21	55.15
3	2.67	13.34	62.61	3.50	17.50	72.66
4	2.05	10.25	72.86	1.88	9.42	82.09
5	1.29	6.43	79.29	-	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores, resultado da pesquisa com base nos dados do Censo Agropecuário de 2006 e 2017

Destaca-se que as comunalidades (h^2) (Tabela 2) foram usadas como critérios para a manutenção das variáveis no modelo, das quais todas apresentaram valores acima de 0,60, indicando que são importantes para explicar o fenômeno da modernização agrícola. Na sequência, verificam-se as cargas fatoriais mais elevadas, indicando os maiores coeficientes de correlação entre cada fator, e as variáveis de modernização objeto de estudo. Desta forma, é possível verificar as características de cada fator de modernização agrícola, tanto para o censo agropecuário de 2006, como para 2017, respectivamente, como pode ser visualizado na Tabela 2.

O segundo fator foi denominado como “Força de Trabalho Mecanizada e Capitalizada na Atividade Agrícola”, uma vez que se identificou o uso da mão de obra e força de trabalho, com a utilização de equipamentos tecnológicos e o valor total da produção agrícola. O fator teve sua composição formada pelas variáveis que representam: número total de tratores (PO) (X2), número de colheitadeira (PO) (X4) e valor total da produção (Mil Reais) (PO) (X20). Este fator explica 16.35% do total da variância do conjunto das variáveis em 2006.

O terceiro fator foi denominado como “Desempenho da Atividade Agrícola Pela Área Explorada”, pois relaciona as variáveis quanto a mecanização, investimentos (despesas) e aplicação de adubos e outros corretivos de solo na área explorada, uma vez que, ao se realizar investimentos e aplicar melhores técnicas no uso de corretivos de solo, conseqüentemente, a atividade agrícola gera aumento de produtividade. As variáveis que compõem este fator são número total de tratores (AE) (X1), valor total da produção (Mil Reais) (AE) (X19), número de estabelecimentos agropecuários com uso de aplicação de calcário ou outros corretivos do solo (AE) (X12) e número total de estabelecimentos com despesas em adubos e corretivos de solo (AE) (X17) e explicam 13.34% do total da variância das variáveis utilizadas em 2006.

O quarto Fator denominou-se “Acesso A Crédito E Investimentos Tecnológicos Em Irrigação Para Atividade Agrícola” e é composto pelas variáveis ligadas ao número de estabelecimentos agropecuários que usam financiamentos (AE) (X9), número de estabelecimentos agropecuários que usam financiamentos (PO) (X10), número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação (AE) (X5) e número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação (PO) (X6). Estas reúnem aspectos relacionados ao processo de tomar financiamentos para investir em irrigação para a exploração de terras destinadas à produção agrícola e para melhorar a produtividade da atividade agrícola, com vistas a mitigar os efeitos de efeitos climáticos sobre a produção. Este fator explica 10.25% do total da variância dos dados.

Por fim, o último fator, da análise do Censo Agropecuário de 2006, denomina-se “Modernização Agrícola Com Assistência Técnica”, onde identifica-se a importância da força de trabalho por área explorada e busca da assistência técnica para a atividade agrícola como aspectos de melhoria da produtividade. As variáveis que compõem este fator são número de estabelecimentos com acesso à assistência técnica (PO) (X8) e número de estabelecimentos com acesso à assistência técnica (AE) (X7). Este fator explica 6.43% do total da variância.

Tabela 2 – Comunalidades (h^2) e cargas fatoriais dos fatores de modernização após rotação ortogonal para o censo agropecuário de 2006 e 2017

Variáveis	Cargas Fatoriais e Comunalidades (h^2) 2006						Cargas Fatoriais e Comunalidades (h^2) 2017				
	1	2	3	4	5	h^2	1	2	3	4	h^2
X1	0.19	0.10	0.85	0.06	-0.04	0.78	0.88	0.03	0.05	0.25	0.84
X2	-0.05	0.90	0.15	0.01	-0.09	0.84	-0.02	0.19	0.82	0.27	0.78
X3	0.72	0.35	-0.14	-0.02	0.05	0.66	0.10	0.70	0.41	-0.03	0.66
X4	0.26	0.86	-0.30	-0.03	0.02	0.90	-0.32	0.34	0.81	-0.04	0.89
X5	-0.07	0.00	0.42	0.82	-0.16	0.89	0.41	-0.08	-0.07	0.84	0.89
X6	-0.23	0.26	0.23	0.69	-0.20	0.69	-0.01	-0.11	0.13	0.93	0.90
X7	0.22	-0.30	0.37	-0.02	0.80	0.91	0.77	0.36	-0.28	0.11	0.81
X8	0.18	0.16	0.00	-0.03	0.90	0.87	0.14	0.80	0.20	0.10	0.70
X9	0.09	-0.13	-0.02	0.94	0.08	0.92	0.65	0.53	-0.13	-0.12	0.74
X10	0.13	-0.05	-0.10	0.94	0.10	0.92	0.03	0.80	0.34	-0.18	0.80
X11	0.58	-0.47	0.51	-0.02	0.27	0.89	0.81	0.33	-0.42	-0.02	0.94
X12	0.01	-0.21	0.79	0.09	0.04	0.68	0.79	0.01	-0.04	0.24	0.69
X13	0.56	-0.55	0.33	0.08	-0.03	0.74	0.69	0.37	-0.53	0.04	0.88
X14	0.67	-0.37	0.03	0.06	-0.09	0.60	0.13	0.89	-0.24	-0.05	0.88
X15	0.58	-0.47	0.51	-0.02	0.27	0.89	0.81	0.34	-0.42	-0.03	0.94
X16	0.84	0.00	0.11	-0.05	0.34	0.84	0.31	0.87	-0.07	-0.14	0.88
X17	0.45	-0.51	0.66	0.05	0.16	0.93	0.84	0.23	-0.43	0.07	0.95
X18	0.70	-0.05	0.24	0.00	0.18	0.58	0.27	0.84	-0.15	0.00	0.80
X19	0.04	0.11	0.80	0.13	0.20	0.71	0.73	0.04	0.46	-0.09	0.76
X20	-0.20	0.77	0.03	0.02	0.06	0.63	-0.26	-0.13	0.79	-0.07	0.71

Fonte: Elaborado pelos autores, resultado da pesquisa com base nos dados do Censo Agropecuário de 2006 e 2017

Quanto à análise do Censo Agropecuário de 2017, identificaram-se quatro fatores de modernização agrícola (Tabela 2). O primeiro fator foi composto pelas seguintes variáveis: número total de tratores (AE) (X1), número total de estabelecimentos com despesas em adubos e corretivos de solo (AE) (X17), número total de estabelecimentos com despesas em agrotóxicos (AE) (X15), número de estabelecimentos agropecuários uso de agrotóxicos (AE) (X11), número de estabelecimentos agropecuários com uso de aplicação de calcário ou outros corretivos do solo (AE) (X12), número de estabelecimentos com acesso a assistência técnica (AE) (X7), valor total da produção (mil reais) (AE) (X19), número total de estabelecimentos com despesas em sementes e mudas (AE) (X13) e número de estabelecimentos agropecuários que faz uso de financiamentos (AE) (X9).

Pelas variáveis que compõem este primeiro fator, ele foi denominado como “Desempenho Da Produção e dos Investimentos Tecnológicos na Área Explorada de Atividade Agrícola”. A modernização da agricultura do Rio Grande do Sul está associada à relação entre os investimentos tecnológicos diretos nas terras exploradas, como na aplicação de adubos, corretivos no solo, defensivos e fertilizantes, associados a assistência técnica, capitalização e mecanização de implementos tecnológicos agrícola, além do uso de financiamentos agrícolas. Este fator explica 29.94% da variância.

O segundo fator foi denominado como “Mecanização E Investimentos (Despesas) Tecnológicos pelo Capital Humano na Atividade Agrícola”, uma vez que se percebem investimentos em insumos tecnológicos na atividade agrícola em relação ao pessoal ocupado e a busca por informações e assistência técnica. Este fator é composto pelas variáveis que

representam número total de estabelecimentos com despesas em sementes e mudas (PO) (X14), número total de estabelecimentos com despesas em agrotóxicos (PO) (X16), número total de estabelecimentos com despesas com adubos e corretivos de solo (PO) (X18), número de estabelecimentos agropecuários que fazem uso de financiamentos (PO) (X10), número de estabelecimentos com acesso à assistência técnica (PO) (X8) e número de colheitadeira (AE) (X1). Este fator explica 25,21% da variância.

O Terceiro Fator Foi Denominado como “Desempenho da Atividade Agrícola pelo Capital Humano”, pois relaciona variáveis relativas à utilização do uso da força de trabalho do pessoal ocupado com a utilização de equipamentos tecnológicos e o valor total da produção, indicando a importância do produtor rural para o desempenho e rentabilidade de sua produção agrícola. Este fator é composto pelas variáveis número total de tratores (PO) (X2), número de colheitadeira (PO) (X4) e valor total da produção (mil reais) (PO) (X19). Este fator explica 17,50% da variância.

Por fim, o último fator, da análise do Censo Agropecuário de 2017, denomina-se “Investimentos Tecnológicos em Irrigação para Atividade Agrícola”. Este fator é composto pelas variáveis ligadas ao número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação (AE) (X5) e número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação (PO) (X6). Estas representam a relação de uso de equipamentos tecnológicos e de investimentos para irrigação na atividade agrícola. Este fator explica 9,42% do total da variância.

Ao comparar os fatores encontrados pelas técnicas de análise fatorial para o Censo Agropecuário dos anos de 2006 e 2017, observa-se que ocorre uma mudança na formação dos fatores responsáveis pela modernização agrícola do Estado do Rio Grande do Sul. Primeiro, identificou-se que a formação dos fatores observados no Censo Agropecuário de 2006 está baseada na relação entre a força de trabalho com a área explorada. Avaliando esta relação em efeito “cascata” dos fatores, os municípios mais modernos seriam aqueles que investem, inicialmente, na estrutura e em insumos direcionados à produção agrícola na área explorada, tornando-os mais capitalizados e mecanizados; em seguida, utilizam financiamentos (créditos) para aumentar seus investimentos tecnológicos, como, por exemplo, na irrigação, associando estes à busca pela assistência técnica. Estes resultados são corroborados com os do estudo de Pinto e Coronel (2015), os quais evidenciaram, a partir do Censo Agropecuário de 2006, que os principais fatores responsáveis pela modernização agrícola no território gaúcho relacionam-se com a utilização de equipamentos tecnológicos em relação à mão de obra do pessoal ocupado, investimentos em uso de insumos, defensivos e compostos químicos para a atividade agrícola, além da aquisição de financiamentos direcionados à atividade agrícola.

Os fatores encontrados pelas técnicas de análise fatorial para 2017 indicam que a modernização agrícola está relacionada com a área explorada pela atividade agrícola e com a força da mão de obra mecanizada de trabalho. Os municípios mais modernizados buscam realizar investimentos tecnológicos diretos em sua estrutura produtiva e investimentos na mecanização tecnológica de implementos agrícolas, ancorados no uso de crédito agrícola (financiamentos) e auxílios de assistência técnica, tornando-se principais instrumentos para aumentar a rentabilidade e desempenho da produção agrícola. Estas evidências apontam que ocorreu um processo de transição entre o Censo Agropecuário de 2006 para 2017, com as variáveis uso de financiamento, equipamentos e implementos tecnológicos e assistência técnica, que se tornaram importantes instrumentos condicionantes para a modernização agrícola gaúcha.

Então, de modo geral, compreende-se que os municípios mais modernos são os que estão investindo em assistência técnica, aquisição de financiamentos, em sementes com melhoramento genético e uso de insumos agroquímicos, o que proporciona melhores resultados em relação à produtividade e exploração da força de trabalho e da área explorada (terra).

4.2 MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA NOS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL

A modernização agrícola do Rio Grande do Sul é apresentada pela mensuração do Índice de Modernização Agrícola (IMA), em que se utilizam os escores fatoriais para a construção do IBMA e posterior ponderação desse índice para se chegar ao IMA. Para melhor compreensão e visualização dos resultados, apresenta-se o *ranking* dos trinta municípios com o maior IMA e os trinta com o menor IMA, nos anos censitários de 2006 e 2017. O valor máximo do IMA para os anos de 2006 e 2017 foi (100), enquanto o valor mínimo foi de (19) e (17), respectivamente. Já o valor médio do IMA, para o caso do Rio Grande do Sul, é de (56) em 2006, e de (54) em 2017.

Na Tabela 3, são apresentados o *ranking* dos dez municípios com maiores e menores índices IMA. Então, é possível identificar que os municípios com maiores níveis de modernização agrícola possuem grande destaque na atividade agrícola do estado, demonstrando a sua alta intensidade de modernização nessa atividade.

De forma geral, a partir da análise dos resultados dos municípios que apresentaram maior índice IMA, observa-se que, para o ano de 2006, entre os trinta e três municípios que apresentaram o índice entre (100) e (76), vinte deles estão localizados na mesorregião do Noroeste Rio-grandense. Estes, com maior ou menor extensão de terras cultivadas, estão ligadas à produção agrícola e pecuária, como por exemplo: Carazinho (91), Santa Bárbara do Sul (83), Bozano (84), Coronel Barros (83), Não-Me-Toque (81) Cruz Alta (76), Ibirubá (76). Estes municípios são importantes produtores de grãos (soja, milho, linhaça e trigo), além de concentrar um grande número de grandes e médias empresas da atividade agroindustrial, algumas delas reconhecidas mundialmente.

Nota-se, ainda, nos municípios com maiores índices de IMA, em 2006, presença de alguns desses localizados na mesorregião Nordeste Rio-grandense, mais especificamente na região da Serra Gaúcha, como Nova Pádua (100), Farroupilha (77) e Flores da Cunha (77), os quais possuem sua economia ligada à atividade agrícola, em especial na produção de uva e fabricação de vinho. Ao se comparar com os municípios que apresentaram maiores índices de IMA, em 2017, evidencia-se a presença de novos municípios localizados nesta mesma região compondo o *ranking* dos trinta e três municípios com alto IMA, como: Monte Belo do Sul (92), Nova Pádua (88), Flores da Cunha (82), Feliz (80), Bento Gonçalves (76), Nova Palma (76), Nova Roma do Sul (75), Alto Alegre (74) e Garibaldi (73). Ressalta-se que estes municípios possuem vocação no cultivo de videira e de hortifrutigranjeiros, estão localizados na Serra Gaúcha e são limítrofes uns com os outros (vizinhos). Nota-se que, entre os anos de 2006 e 2017, ocorreu um processo de modernização agrícola em toda a região da Serra Gaúcha, ou seja, um efeito de transbordamento (*spillovers*) entre os municípios.

Tabela 3 – *Ranking* dos dez municípios com maiores e menores índices IMA

Ranking	IMA ALTO				IMA BAIXO			
	Municípios 2006	IMA 2006	Municípios 2017	IMA 2017	Municípios 2006	IMA 2006	Municípios 2017	IMA 2017
1	Nova Pádua	100	Dona Francisca	100	Balneário Pinhal	19	Imbé	17
2	Carazinho	91	Ernestina	95	Candiota	21	Balneário Pinhal	21
3	Dona Francisca	90	Vale Real	94	Pinheiro Machado	22	Pinheiro Machado	23
4	Tapera	88	Dom Pedro de Alcântara	93	Imbé	25	Xangri-lá	23
5	Lagoa dos Três Cantos	88	Monte Belo do Sul	92	Caçapava do Sul	26	Santana da Boa Vista	24
6	Harmonia	86	Nova Pádua	88	Cambará do Sul	26	Unistalda	24
7	Coxilha	86	Harmonia	86	Lavras do Sul	26	Cambará do Sul	25
8	Pareci Novo	86	Barra Funda	84	Santana da Boa Vista	26	Jaquirana	26
9	Colorado	86	Pareci Novo	82	Herval	26	Canela	27
10	Palmares do Sul	85	Flores da Cunha	82	Pedras Altas	27	Capão da Canoa	27

Fonte: Elaborado pelos autores, resultado da pesquisa com base nos dados do Censo Agropecuário de 2006 e 2017

Destaca-se ainda, ao comparar os censos agropecuários de 2006 e 2017, o município de Dona Francisca, localizado na mesorregião Centro Ocidental, que apresentou o índice de IMA elevado de (90) e (100), respectivamente, indicando que ocorreu uma melhora em seu processo de modernização agrícola ao longo dos anos. Este município tem como principal atividade econômica a agricultura, sendo que os produtos mais cultivados são arroz, fumo e peixe.

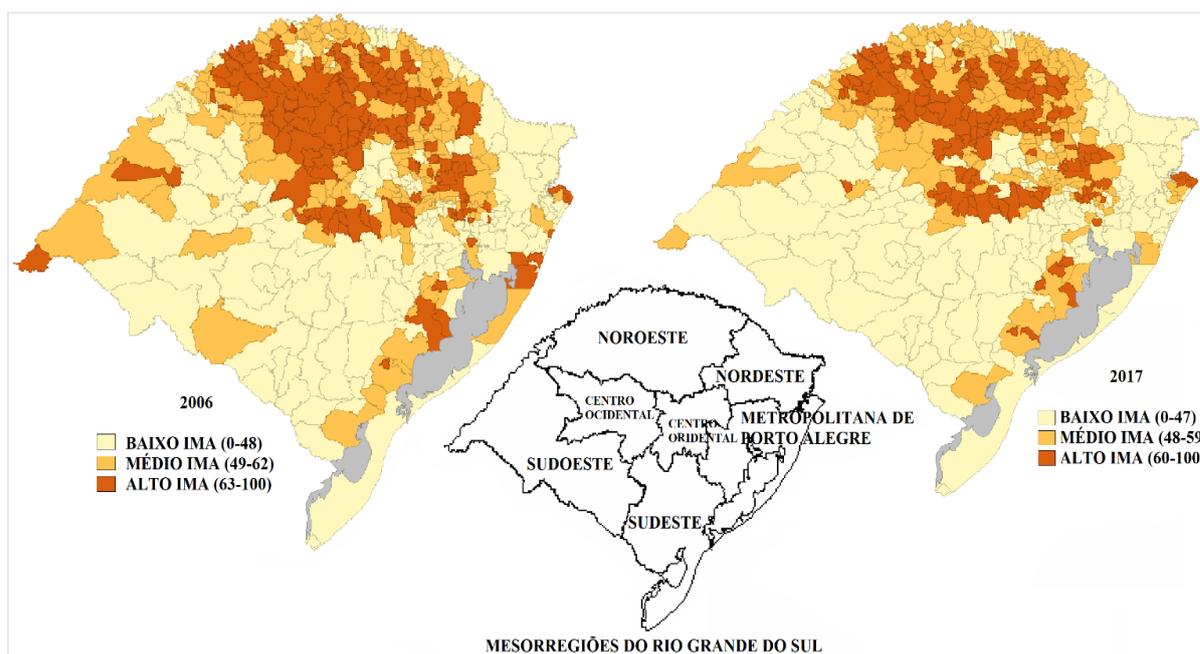
A análise do nível baixo de Índice de Modernização da Agricultura (IMA) de 2006 e 2017 identificou que os municípios que compõem o *ranking* dos trinta e três municípios com baixo IMA estão localizados, em maior número, nas mesorregiões do Rio Grande do Sul: Sudeste Rio-grandense, Sudoeste Rio-grandense e Metropolitana de Porto Alegre. Evidencia-se que alguns municípios mantiveram seu IMA baixo ao longo dos anos de 2006 e 2017, como Balneário Pinhal (19 e 21), Herval (26 e 27), Imbé (25 e 17), Pinheiro Machado (22 e 23), e Santana da Boa Vista (26 e 24), respectivamente.

Estes municípios possuem sua economia ligada à atividade da agricultura, apicultura, pesca, ovinocultura, extração de pedras, comércio, turismo, entre outras. Além disso, Imbé e Balneário Pinhal são municípios que têm proximidade com o litoral, tendem a ter terras menos produtivas e, portanto, atividade agrícola menos modernizada. Por fim, para uma melhor interpretação dos municípios mais modernos dos menos modernos, é apresentada, na próxima subseção, a distribuição espacial do IMA dos municípios do Rio Grande do Sul.

4.3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA (IMA) DOS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL

Apresenta-se, na Figura 1, a evolução e distribuição espacial do Índice de Modernização Agrícola (IMA) dos municípios do Rio Grande do Sul, referente aos anos de 2006 e 2017.

Figura 1 – Mapa *Quantile* da distribuição espacial do IMA do Rio Grande do Sul - 2006 e 2017



Fonte: Elaborado pelos autores, resultado da pesquisa com base nos dados do Censo Agropecuário de 2006 e 2017

Como já destacado, os municípios que apresentaram maior IMA, tanto em 2006 como em 2017, são os que estão localizados na mesorregião Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, os quais possuem maior vocação agrícola. Observa-se que, no decorrer dos anos, muitos destes municípios conseguiram se modernizar, visto que permaneceram com os índices de alto e médio IMA. No entanto, evidencia-se uma leve queda no valor desse índice, entre 2006 e 2017, indicando desconcentração destes municípios já modernizados da mesorregião do Noroeste e concentração de municípios com elevados IMA na mesorregião Centro Ocidental.

Já os municípios da mesorregião do Sudoeste Rio-grandense permaneceram com suas baixas taxas de modernização agrícola. Na distribuição espacial, identificou um contágio da carência da modernização agrícola, pois os municípios desta mesorregião que apresentaram médio IMA em 2006, em 2017 apresentaram baixo IMA. Desta forma, evidencia-se a manutenção de desigualdades entre os municípios neste processo de modernização ao longo dos anos do Censo Agropecuários de 2006 e 2017, em que a evolução da modernização da agricultura gaúcha não ocorreu como um processo uniforme, diferenciando-se, conforme as características de cada região.

Em termos de distribuição espacial da modernização da agricultura, por meio da estatística do I de Moran (Tabela 4), constata-se a existência de um padrão de associação espacial que independe da matriz de pesos utilizada (rainha ou bispo), demonstrando a robustez dos resultados. Com efeito, evidencia-se uma autocorrelação espacial positiva para os municípios. Ou seja, municípios que apresentam elevado Índice de Modernização Agrícola estão rodeados por municípios com, também, o mesmo índice elevado, ao passo que municípios com baixos valores tendem a estar rodeados por vizinhos que também apresentam baixos níveis de sua modernização agrícola.

Tabela 4 – Coeficiente I de Moran para IMA em 2006 e 2017 para os municípios do Rio Grande do Sul

Convenção	2006		2017	
	Valor	*p-valor	Valor	*p-valor
Rainha de 1 ordem	0,54	0,00	0,58	0,00
Torre de 1 ordem	0,54	0,00	0,59	0,00

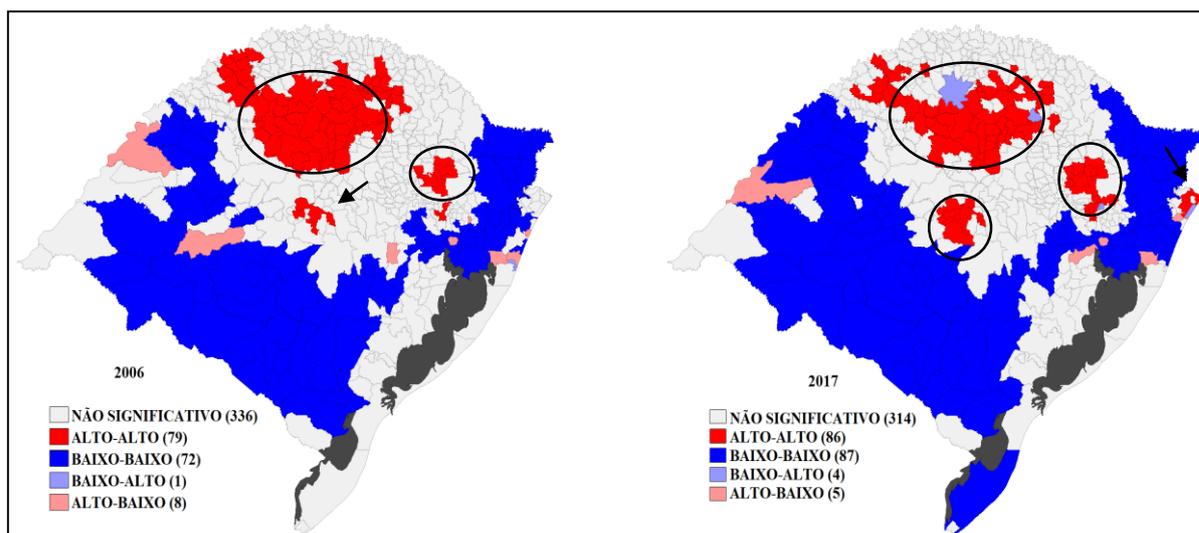
Fonte: Elaborado pelos autores, resultado da pesquisa com base nos dados do Censo Agropecuário de 2006 e 2017

*Nota: Pseudo-significância empírica baseada em 999 permutações aleatórias

Destacam-se alguns fatores que podem ter contribuído para a associação espacial dos municípios gaúchos, quanto ao aumento do seu desempenho tecnológico e produtivo na atividade agrícola, como o melhoramento inovativo e mecanizado no processo de produção, a partir do melhoramento genético em mudas ou sementes, uso de fertilizantes e defensivos agrícolas sofisticados, implementos agrícolas, acesso à assistência técnica, acesso a crédito agrícola pelos agentes públicos e privados, uso de sistema de irrigação, entre outros (RAIHER *et al.*, 2016). Vale destacar, ainda, que são muitos os gargalos que o setor agrícola gaúcho tem a superar para obter melhores resultados produtivos e tornar a atividade cada vez mais rentável, como restrições ambientais, excesso de burocracia, dificuldades em infraestrutura e logística para o escoamento da produção e políticas de seguro agrícola mais eficiente.

Identifica-se que estes fatores podem afetar o conjunto dos municípios do Rio Grande do Sul, ou, ainda, podem impactar de forma mais intensa algumas localidades, implicando uma associação espacial local. Assim, para verificar o comportamento do IMA nos municípios do Rio Grande do Sul, apresenta-se a Análise Associação Espacial local, mapa LISA, que exhibe apenas os municípios que possuem os I de Moran local significativos e a formação de *clusters* para Índice de Modernização da Agricultura, em 2006 e 2017 (Figura 2).

Figura 2 – Mapa de clusters para Índice de Modernização da Agricultura (IMA) do Rio Grande do Sul em 2006 e 2017



Fonte: Elaborado pelos autores, resultado da pesquisa com base nos dados do Censo Agropecuário de 2006 e 2017

Com a análise do mapa de *clusters LISA* (Figura 2), observa-se, em 2006, dois tipos de *clusters*, um do tipo baixo-baixo (BB) e outro alto-alto (AA), em todo o Estado do Rio Grande do Sul. O do tipo BB, região de azul mais escuro, é composto por setenta e dois municípios. Este *cluster* agrega municípios com baixo Índice de Modernização da Agricultura, rodeado por municípios também com esse mesmo índice baixo. Estes municípios estão localizados nas mesorregiões do Sudoeste e Metropolitana do Rio Grande do Sul. O segundo tipo de *cluster* é identificado como AA, representado pela cor vermelha, ou seja, é representado pelo agrupamento de municípios com alto IMA, rodeado por municípios com altos IMA. Neste caso, identificaram-se dois *clusters* com setenta e nove municípios, ambos localizados na mesorregião do Noroeste e Nordeste do Rio-grandense. Destaca-se a presença de uma possível formação de um terceiro *cluster* AA, na mesorregião Centro Ocidental, onde está localizado o município Dona Francisca.

O município de Dona Francisca figurou em terceiro lugar no *ranking* do índice de IMA, em 2006, e, em 2017, torna-se o primeiro município de maior índice de modernização agrícola do estado. O município faz limítrofes com Agudo (68), Cerro Branco (72), Faxinal do Saturno (65), Nova Palma (61), os quais apresentam alto ou médio IMA, em 2017, situação melhor do que estavam em 2006. Desta forma, observa-se que ocorre um efeito de transbordamento da modernização da agricultura nesta região, o qual é evidenciado pela formação deste *cluster* AA em 2017, compondo mais outros municípios como Restinga Seca (58), São João do Polêsine (74) e Silveira Martins (58). Estes municípios têm a agricultura como uma das principais atividades econômicas, sendo que os produtos mais cultivados são o arroz, a soja, o fumo e o peixe.

Em 2017, nota-se que, além da formação do *cluster* alto-alto supracitado na mesorregião Centro Ocidental Rio-grandense, têm-se a formação de mais dois *cluster* AA. Estes estão localizados na mesorregião do Noroeste e Nordeste Rio-grandense. Esta mesma configuração é verificada em 2006. Já no *cluster* do tipo AA, formado pelo agrupamento dos municípios da

mesorregião do Noroeste com alto IMA de 2017, observa-se uma desconcentração espacial entre eles, com uma leve queda nos IMA apresentados, indicando um aumento da produção agrícola e modernização agrícola das demais regiões.

Logo, no *cluster* AA localizado na mesorregião do Nordeste Rio-grandense, identificou-se uma maior concentração espacial dos municípios, em 2006 e 2017. Este é formado pelo agrupamento dos municípios da Serra Gaúcha, onde ocorreu uma intensificação no processo de modernização agrícola, ou seja, um efeito de transbordamento (*spillovers*) entre os municípios. Vale destacar que, nesta região, o pilar da atividade agrícola é o cultivo de videira (uva), sendo que a produção de vinho e espumantes possui um alto valor agregado (EMBRAPA UVA E VINHO, 2019). Há indícios de que esses valores altos de IMA estejam associados aos efeitos de transbordamento da difusão tecnológica na atividade agrícola na região.

Por fim, o *cluster* BB formado pelo IMA, em 2017, permaneceu na mesorregião do Sudoeste Rio-grandense, tal como evidenciado pelo IMA de 2006, mas se estendendo para as mesorregiões Sudeste Rio-grandense e Metropolitana de Porto Alegre. Nota-se que municípios com baixo índice de modernização da agricultura estão rodeados por municípios com baixo IMA. De modo geral, há carência de novas tecnologias e inovações agrícolas nestes municípios. Pode-se aventar que esse resultado esteja, em grande parte, ligado aos fatores históricos, quanto ao tamanho das propriedades, concentração da atividade pecuária, baixa rentabilidade da atividade agrícola e baixos investimentos tecnológicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo desta pesquisa foi caracterizar a modernização agrícola do Rio Grande do Sul. Especificadamente, buscou-se identificar os fatores que contribuem para a modernização da agricultura dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul, e, para isso, foi calculado o Índice de Modernização Agrícola (IMA), com o intuito de hierarquizar tais municípios através de seu potencial de modernização da agricultura, e, dessa maneira, observar de que forma ocorre a distribuição espacial desse processo no Estado do Rio Grande do Sul. Foram utilizados como base os dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 disponibilizados pelo IBGE.

Os principais resultados obtidos através da pesquisa identificaram que os municípios que apresentaram elevada modernização da atividade agrícola estão localizados na mesorregião do Noroeste e na mesorregião Nordeste do Rio Grande do Sul. Nestas regiões, encontram-se municípios que são importantes produtores agrícolas de soja, milho, linhaça, trigo, bem como cultivo de videira e produção de vinho, assim como produção de hortifrutigranjeiros.

Com a análise exploratória dos dados espaciais (AEDE) do IMA, foi possível aceitar a hipótese de que a distribuição espacial da modernização agrícola não é aleatória, pois existe uma correlação positiva do IMA. Ou seja, com a análise do mapa de *clusters* LISA, evidenciou-se que, nos anos de 2006 e 2017, havia dois tipos de *clusters* bem definidos, um Alto-Alto (AA) e um Baixo-Baixo (BB). No tipo AA, formaram-se dois *clusters* localizados na mesorregião do Noroeste e Nordeste do Rio-grandense. No ano de 2017, o *cluster* da mesorregião Noroeste apresentou uma desconcentração espacial, enquanto no *cluster* da mesorregião do Noroeste

identificou-se uma maior concentração espacial, evidenciando a intensificação do processo de modernização agrícola nesses municípios.

Outro ponto interessante sobre o ano de 2017 foi a formação de um terceiro *cluster* AA, na mesorregião Centro Ocidental, onde está localizado o município de Dona Francisca (maior IMA do estado). Nota-se que o processo de modernização agrícola deste município gerou um efeito transbordamento na região, beneficiando municípios limítrofes.

O cluster tipo BB, para os anos 2006 e 2017, foi composto pelos municípios localizados na mesorregião do Sudoeste Rio-grandense e nas mesorregiões Sudeste Rio-grandense e Metropolitana de Porto Alegre. Essa conformação indica que municípios com baixo índice de modernização da agricultura estão rodeados por municípios com baixo IMA, o que significa que é possível perceber que estes municípios não estão acompanhando o processo de modernização agrícola que tem ocorrido em outras regiões.

Vale destacar que o IMA é um índice relativo, ou seja, o índice tende a ser maior para aqueles municípios mais avançados frente aos menos favorecidos. Isso significa que os municípios mais avançados se sobressaem aos outros por possuírem um aprimoramento tecnológico mais intenso, enquanto os menos favorecidos possuem uma defasagem tecnológica maior, dessa forma, não têm como confirmar seguramente que estes municípios são mesmo tecnologicamente avançados.

Contudo, esses resultados mostram as heterogeneidades tecnológicas agrícolas entre os municípios gaúchos, indicando que os fatores da modernização agrícola não influenciam apenas no desenvolvimento rural, mas no desenvolvimentos regional, onde muitos municípios com atividade agrícola predominante, desenvolveram agroindústrias familiares, indústrias de alimentos e indústrias de máquinas e implementos agrícolas, contribuindo para a geração de renda e difusão tecnológica. Ainda, os resultados revelam quais atividades econômicas preponderam em cada município ou mesorregiões, entre os mais carentes e mais modernos tecnológicos, corroborando para formulação de políticas estratégicas que visem atender às necessidades específicas das regiões, contribuindo para potencializar o desenvolvimento rural e regional.

Como pesquisas futuras, sugere-se que o trabalho seja atualizado conforme os dados finais do Censo Agropecuário de 2017 forem liberados em valores monetários, para verificar se ocorre alguma alteração, em especial na hierarquização da modernização dos municípios, além de poder expandir a pesquisa para todos os estados do Brasil e utilizar técnicas avançadas em econometria espacial. Portanto, trabalhos futuros podem enriquecer os resultados alcançados no presente estudo.

REFERÊNCIAS

AGROSTAT. ESTATÍSTICAS DE COMERCIO EXTERIOR DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. **Indicadores da agricultura**. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em 24 jan. 2019.

- ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Org.). **Agricultura tropical quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. 2008. v. 1 Produção e produtividade agrícola. Embrapa Informação Tecnológica Brasília, DF, 2008.
- ALMEIDA, E. **Econometria espacial aplicada**. Campinas: Alinea, 2012.
- ANSELIN, L.; SYABRI, I.; KHO, Y. GeoDa: An introduction to spatial data analysis. **Geographical Analysis**, v. 38, n. 1, p. 5-22, 2006.
- AVILA, D. F.; DHEIN, M. P.; BRUM, A. L. Inovação: a Modernização da Agricultura no Planalto Gaúcho (Brasil). 2015. **Revista Unopar Científica Ciências Jurídicas E Empresariais**, Londrina, v. 16, n. 2, p. 156-164, set. 2015.
- BALSAN, R. Impactos Decorrentes Da Modernização Da Agricultura Brasileira. CAMPO-TERRITÓRIO: **Revista de Geografia Agrária**, Francisco Beltrão, v.1, n.2, p.123-151, 2006.
- CARMO, A. S. S.; RAIHER, A. P.; STEGE, A. L. O efeito das exportações no crescimento econômico das microrregiões brasileiras: uma análise espacial com dados em painel. **Estudos Econômicos**, v. 47, p. 153-183, 2017.
- CORRÊA, A. M. C. J.; FIGUEIREDO, N. M. S. Modernização da Agricultura Brasileira no Início dos anos 2000: Uma Aplicação da Análise Fatorial. **Revista GEPEC**, Cascavel, v.10, n.2, p.82-99, 2006.
- COSTA, C. C. de M.; REIS, P. R. C.; FERREIA, M. A. M.; MOREIRA, N. C. Modernização agropecuária e desempenho relativo dos Estados brasileiros. **Agroalimentaria**, Mérida, v.18, n.34, p.43-56, 2012a.
- COSTA, N. L.; SANTANA, A. C.; MATTOS, C. A. C. Análise dos determinantes da produção agropecuária do Rio Grande do Sul. 2014. **Ensaios FEE**, Porto Alegre, v. 36, n. 1, p. 159-178, jun. 2015.
- DELGADO, N. G. A relação entre a macroeconomia e a política agrícola: provocações para um debate interrompido. **Estudos, Sociedade e Agricultura**. Rio de Janeiro, n. 14, p. 173-180, out. 1999.
- DILLON, W.R.; GOLDSTEIN, M. **Multivariate analysis. Methods and applications**. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- EMBRAPA UVA E VINHO. **Transferência de tecnologia e intercâmbio de conhecimento**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/transferencia-de-tecnologia>. Acesso em: 07 abr. 2019.
- FAVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. São Paulo: Ed. Campus, 2009.
- FEE (FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA). **Painel do Agronegócio no Rio Grande do Sul-2017**. 2017. Disponível em: <https://www.fee.rs.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/20170901relatorio-painel-do-agronegocio-no-rs-2017-1.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2018.

FONTOURA, L. F. A modernização da agricultura e a urbanização incompleta: a situação de algumas cidades da campanha gaúcha. 2014. **CaderNAU: Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas**, v.7, n. 1, p. 27-47, 2014.

FREITAS, C.A.; PAZ, V. M.; NICOLA, S. D. Analisando a modernização da agropecuária gaúcha: uma aplicação de análise fatorial e cluster. 2007. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, a. 25, n. 47, p.121-149, mar. 2007.

KRABBE, G. **Modernização, agroindustrialização e agricultura familiar**: o complexo soja na dinâmica econômica brasileira anos 1970-2000. 2010. Dissertação (Mestrado História) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2010.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Censo Agropecuário de 2017**. 2018. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html. Acesso em: 25 nov. 2018.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Censo Agropecuário de 2017**. 2017. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2019.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Produção Agrícola Municipal (PAM) de 2017**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2019.

LAVORATO, M. P.; FERNANDES, A. E. Índice de modernização agrícola dos municípios da Região Centro-Oeste do Brasil. 2016. **Rev. Econ. do Centro-Oeste**, Goiânia, v.2, n.2, p. 2-18, 2016

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

OLIVEIRA, C.; CARVALHO, G. R. Financiamento da Agricultura Brasileira: Os Novos Instrumentos de Captação de Recursos Privados. 2006. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL; 44., 2006. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2006.

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

PIRES, M. J. S. **Contradições em processo: um estudo da estrutura e evolução do Pronaf de 2000 a 2010**. 2013. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2433/1/TD_1914.pdf. Acesso em: 17 out. 2018.

RAIHER, A. R.; OLIVEIRA, R. A.; CARMO, A. S.S.; STEGE, A. L. Convergência da Produtividade Agropecuária do Sul do Brasil: uma análise espacial. 2016. **RESR**, Piracicaba-SP, v. 54, n. 03, p. 517-536, jul./set. 2016.

ROCHA, C. B.; PARRÉ, J. L. Estudo da distribuição espacial do setor agropecuário do Rio Grande do Sul. **Análise Econômica**, Porto Alegre, a. 27, n. 52, p. 139-160, set. 2009.

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.