

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

A regionalização da produtividade de soja e do crédito pecuário no Brasil

Adirson Maciel de Freitas Junior

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba
2023

Adirson Maciel de Freitas Junior
Bacharel em Ciências Econômicas

A regionalização da produtividade de soja e do crédito pecuário no Brasil
versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **CARLOS EDUARDO DE FREITAS VIAN**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Freitas Junior, Adirson Maciel de

A regionalização da produtividade de soja e da demanda de crédito pecuário bovino no Brasil / Adirson Maciel de Freitas Junior. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

66 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Agronegócio 2. Produção de soja 3. Crédito rural 4. Produção bovina
5. Fronteira agrícola do Brasil I. Título

DEDICATÓRIA

*Dedico esta tese aos meus pais
Nair Margarete e Roni Brisola
a minha irmã Naiara e
a minha vózinha Maria Glória
pelo incentivo e apoio incondicional*

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP – ESALQ) e à todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada pelo crescimento profissional e pessoal adquiridos com o curso de doutorado, é uma grande honra fazer parte como desta instituição.

Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), fundamental para a realização do doutorado por me contemplar com as bolsas de estudos (#88882.378408/2019-01 e 88887.616114/2021-00).

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Eduardo de Freitas Vian. Agradeço pela oportunidade em fazer parte do seu grupo de pesquisa e ao incentivo constante e apoio para o desenvolvimento dessa tese.

Aos professores da banca de qualificação e de defesa, Cleise Maria Tupich Hilgemberg, Alysson Stege e Tiago de Carvalho Bernardino, pelas contribuições e evolução dessa tese.

Aos amigos Pedro Henrique e Fabio Vargas, pelas diversas horas de estudo juntos, discussões e crescimento acadêmico e profissional constante, amigos os quais tenho o a honra de levar para a vida.

Aos meus amigos de longa data Leonardo Leite, Tiago Cordeiro, Charly Caldeira, Thiago Rosa, Jaciel e Debóra pelos anos de amizade, incentivo e por acreditarem no meu potencial pessoal e profissional. Vocês são incríveis!

Aos meus pais Nani e Roni, a minha irmã Naiara, a minha vózinha Maria da Glória e a minha namorada Bruna Schiebelbein por serem meu grande alicerce pessoal. Obrigada por todo amor e apoio incansável, mostrando a importância da educação e me incentivando a correr atrás dos sonhos, apesar da distância e saudade constante.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. ANÁLISE ESPACIAL DA DEMANDA DE CRÉDITO PECUÁRIO BOVINO NO BRASIL DE 1993 A 2018.....	11
Resumo	11
2.1. Introdução.....	11
2.2. O desenvolvimento e regionalização da pecuária bovina no Brasil.....	12
2.3. Metodologia.....	16
2.4. Resultados.....	18
2.5. Conclusão	29
Referências	30
Anexos	35
3. UMA ANÁLISE REGIONAL DA PRODUTIVIDADE DA SOJA NO BRASIL ...	39
Resumo	39
3.1. Introdução.....	39
3.2. A soja no contexto da expansão e distribuição regional no Brasil.....	40
3.3. A importância dos retornos à escala, externalidades espaciais e desenvolvimento tecnológico para o complexo agroindustrial da soja e sua produtividade	43
3.4. Metodologia.....	43
3.5. Resultados.....	47
3.6. Conclusão	56
Referências	57
Apêndices	61
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65

RESUMO

A regionalização da produtividade de soja e do crédito pecuário no Brasil

O agronegócio brasileiro se destaca como um setor estratégico na economia do país, com a pecuária bovina e a produção de soja em posições de notória importância. Esses dois segmentos, embora distintos, estão intimamente ligados pela dinâmica de expansão agrícola, pelo papel crucial do crédito rural e pela relevância no cenário de exportações. Compreender essa relação e suas implicações para a dinâmica socioeconômica e ambiental do país foi o objetivo deste trabalho. Na primeira análise, investigou-se a demanda por crédito rural na pecuária bovina, identificando um crescimento expressivo tanto no montante destinado a essa atividade, como na representatividade da produção bovina dentro da cadeia pecuária. O estudo demonstrou uma expansão da pecuária, com um aumento na proporção do crédito rural agrícola destinado a essa atividade, de 22% em 1993 para 33% em 2018. Neste contexto, destacou-se a região do MATOPIBA, que apresenta um aglomerado de alta produção bovina e investimento. O segundo ensaio do estudo tem foco na produtividade da soja no Brasil, usando análise exploratória de dados espaciais e econometria espacial para identificar padrões e agrupamentos nas microrregiões brasileiras. A pesquisa mostrou que a alta produtividade da soja está concentrada principalmente nas regiões Sul e Centro-Oeste, com um processo significativo de expansão em direção à fronteira agrícola brasileira. Fatores como a disponibilidade de crédito rural pecuário e a produção de cana tiveram um impacto positivo nessa produtividade, enquanto a produtividade anterior da soja teve um efeito marginal direto negativo. O estudo também revelou um processo de convergência na produtividade da soja, com microrregiões de menor produtividade gradualmente se aproximando das de maior produtividade, embora este processo seja lento, estimando que seriam necessários cerca de 29,6 anos para que a diferença de produtividade entre as microrregiões seja reduzida pela metade. Observa-se então que ambas as atividades podem se beneficiar de mecanismos de financiamento, que podem influenciar diretamente e indiretamente no desenvolvimento e expansão do agronegócio nacional. Assim a análise conjunta dessas culturas é fundamental, uma vez que destaca a complexidade e interdependência do agronegócio brasileiro.

Palavras-chave: Agronegócio, Produção de soja, Crédito agrícola, Produção bovina, Fronteira agrícola do Brasil

ABSTRACT

The regionalization of soybean productivity and the livestock credit in Brazil

The Brazilian agribusiness stands out as a strategic sector in the country's economy, with cattle ranching and soybean production in positions of notable importance. These two segments, although distinct, are intimately linked by the dynamics of agricultural expansion, the crucial role of rural credit, and their relevance in the export scenario. Understanding this relationship and its implications for the socioeconomic and environmental dynamics of the country was the objective of this work. In the first analysis, the demand for rural credit in cattle ranching was investigated, identifying significant growth both in the amount allocated to this activity and in the representativeness of cattle production within the livestock chain. The study demonstrated an expansion of cattle ranching, with an increase in the proportion of agricultural rural credit allocated to this activity, from 22% in 1993 to 33% in 2018. In this context, the MATOPIBA region stands out, which presents a high production of cattle and investment. The second essay of the study focuses on soybean productivity in Brazil, using exploratory spatial data analysis and spatial econometrics to identify patterns and clusters in Brazilian microregions. The research showed that high soybean productivity is mainly concentrated in the South and Midwest regions, with a significant process of expansion towards the Brazilian agricultural frontier. Factors such as the availability of cattle rural credit and sugarcane production had a positive impact on this productivity, while previous soybean productivity had a direct negative marginal effect. The study also revealed a process of convergence in soybean productivity, with microregions of lower productivity gradually approaching those of higher productivity, although this process is slow, estimating that it would take about 29.6 years for the productivity difference between the microregions to be reduced by half. It is observed then that both activities can benefit from financing mechanisms, which can directly and indirectly influence the development and expansion of the national agribusiness. Thus, the joint analysis of these crops is essential, as it highlights the complexity and interdependence of Brazilian agribusiness.

Keywords: Agribusiness, Soy production, Agricultural credit, Beef production, Agricultural frontier in Brazil

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio, apresentando-se como um pilar significativo da economia brasileira, desempenha um papel crucial no suprimento alimentar do país e na manutenção de um saldo positivo na balança comercial. De todas as atividades que compõem o setor agropecuário, a produção de soja e a bovinocultura se destacam e são os temas centrais desta tese.

O propósito deste estudo é entender a regionalização destas atividades agrícolas, com um foco particular na importância da produtividade da soja e do crédito rural na expansão e produção da soja e da pecuária bovina no Brasil. Além disso, busca-se analisar a dinâmica espaço-temporal da produtividade da soja no país, levando em conta os efeitos da exportação deste grão e a especialização regional da produção da soja.

Para atingir esses objetivos, foram empregadas técnicas de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) e Econometria Espacial. O uso desses instrumentos metodológicos permitiu uma análise minuciosa da regionalização e produtividade da soja e da pecuária bovina, duas das principais vertentes do agronegócio brasileiro, elucidando a importância do crédito rural pecuário na expansão e produção desses setores.

A primeira análise, dedicada à produção pecuária, revelou uma proporção crescente do crédito rural destinado especificamente à atividade pecuária, que passou de 22% em 1993 para 33% em 2018. Dentro desse contexto, a pecuária bovina mostrou uma representatividade crescente, com sua proporção dentro do crédito pecuário aumentando de 52% para 89% no mesmo período.

Observou-se também uma transição geográfica na produção bovina, com a produção deslocando-se dos principais polos no Centro-Oeste para a atual fronteira agrícola do Brasil, o Matopiba. Este deslocamento coincide com um aumento na demanda por crédito, tanto para custeio quanto para investimento nessas regiões, sinalizando que essa demanda de crédito pode ter sido uma indutora da expansão da atividade nessas regiões.

No segundo estudo, voltado para a soja, foram utilizadas análises exploratórias de dados espaciais para identificar padrões na produtividade da soja, e constatou-se uma tendência de aglomeração dessa produtividade, especialmente nas regiões Sul e Centro-Oeste. Observou-se que microrregiões com alta produtividade de soja tendem a ser circundadas por microrregiões também com alta produtividade, o que indica um processo de intensificação e expansão da cultura da soja.

Adicionalmente, foram realizadas estimações econométricas para aprofundar a análise dos fatores influenciando a produtividade da soja. Nesta fase do estudo, destaca-se a importância da exportação de soja e a coexistência com outras culturas, como a cana-de-açúcar. Notou-se que microrregiões que cultivam simultaneamente cana e soja tendem a apresentar maior produtividade na cultura da soja, o que pode ser atribuído a possíveis ganhos de intensidade tecnológica nessas áreas de produção conjunta.

No entanto, verificou-se que a produtividade da soja no período anterior tem um efeito marginal direto negativo sobre a produtividade atual, confirmando um processo subjacente de convergência para a produtividade da soja no país, enquanto um efeito marginal indireto positivo foi observado nas regiões vizinhas, corroborando a presença de *spillovers* e transbordamentos espaciais significativos. Isso sugere um ganho mais acelerado de produtividade em regiões com baixa eficiência produtiva no período anterior.

Adicionalmente, observou-se que o crédito rural pecuário, mostrou-se com impacto positivo na produtividade da soja. A presença desse tipo de financiamento demonstra a interligação entre os diferentes segmentos do agronegócio brasileiro. O crédito rural pecuário, embora voltado primordialmente para a expansão e produção bovina, pode favorecer o setor de soja através da melhoria da infraestrutura, disponibilização de serviços e

fomento à inovação tecnológica no campo. A importância do crédito rural pecuário, mesmo que indiretamente, no aumento da produtividade da soja reforça a necessidade de políticas públicas bem orientadas para a gestão dos recursos e desenvolvimento sustentável do agronegócio.

Estudar conjuntamente os mecanismos da produção bovina e a produtividade da soja é de grande valia, pois evidencia a complexidade e interdependência do agronegócio brasileiro. A compreensão da ligação entre o crédito rural pecuário e a produtividade da soja fornece uma visão abrangente do setor. Isso revela como os mecanismos de financiamento podem impactar diretamente e indiretamente o desenvolvimento e expansão do agronegócio brasileiro. Em suma, esta tese proporciona uma visão regionalizada e integrada da dinâmica do agronegócio brasileiro, fornecendo insights valiosos para o agronegócio.

2. ANÁLISE ESPACIAL DA DEMANDA DE CRÉDITO PECUÁRIO BOVINO NO BRASIL DE 1993 A 2018

Resumo

A demanda por crédito rural pecuário é caracterizada como o pedido de financiamento pelos produtores agropecuários para suas atividades de criação de animais como bovinos, ovinos, caprinos, etc. Esse crédito é usado para cobrir custos, fazer investimentos e antecipar pagamentos pela venda futura dos animais, gerando fluxo de caixa e mantendo os produtores ativos. Assim, o objetivo desse artigo foi analisar a demanda por crédito rural no setor da pecuária no Brasil, com enfoque na finalidade da atividade (custeio, investimento ou comercialização) a nível municipal, entre 1993 e 2018. Para o percentual do crédito agrícola destinado à pecuária, houve um aumento de 22% em 1998 para 33% em 2018. Além disso, a bovinocultura tornou-se a principal demanda por crédito pecuário, passando de 52% para 89%. Foi identificado que a região do MATOPIBA se tornou uma das maiores áreas demandantes por crédito de investimento. Assim, a análise permite compreender a evolução e a importância do crédito para o desenvolvimento da bovinocultura no Brasil, além de possibilitar a identificação das principais regiões produtoras do país. Tais resultados são úteis para tomadores de decisão na elaboração de políticas públicas e para o setor agropecuário, ao compreender a dinâmica da demanda por crédito e seu impacto na produção agropecuária.

Palavras-chave: 1. Crédito de Custeio 2. Crédito de Investimento 3. Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) 4. Id Moran Bivariado 5. Bovinocultura

2.1. Introdução

A produção bovina no Brasil é uma das mais importantes atividades agropecuárias do país, apresentando uma participação significativa na economia e no desenvolvimento do setor. O Brasil é considerado o maior produtor de carne bovina do mundo, com uma produção que deve chegar a mais de 11 milhões de toneladas de carne bovina anuais até 2025 (SNA, 2023), superando a China e os Estados Unidos.

A produção bovina no Brasil é uma atividade econômica que emprega direta e indiretamente milhões de pessoas em todo o país. Além disso, é uma atividade que contribui para a geração de divisas, aumentando a arrecadação de impostos e elevando o PIB. A exportação de carne bovina é uma das principais fontes de renda para o Brasil, apresentando uma importância estratégica para a economia do país.

Adicionalmente, a produção bovina do Brasil impacta na segurança alimentar, visto que a carne é uma fonte de proteínas de alta qualidade e de fácil digestão, além de ser uma fonte importante de vitaminas e minerais. A produção de carne bovina no Brasil atende a demanda interna e ajuda a reduzir a dependência de importação de alimentos. Dessa forma, as atividades relacionadas à pecuária são de elevado interesse e importância para o país (Carvalho, 2017; Hoffmann e Kageyama, 2019; Santos, 2019).

No cenário internacional, o Brasil aparece como um dos principais players na produção e comercialização de carne bovina, refletindo um processo de desenvolvimento estruturado que aumenta a produtividade e a qualidade dos produtos brasileiros, ampliando a competitividade e a cobertura do mercado.

Nas últimas quatro décadas, as fazendas de gado do país passaram por uma modernização, apoiada por avanços no nível técnico dos sistemas de produção e organização da cadeia, o que tem impactado na qualidade da carne bovina (EMBRAPA, 2017). Segundo Mcmanus et al. (2016), esse crescimento e modernização ocorreram principalmente na produção das regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil, iniciando no século XXI.

Com relação ao avanço da produção pecuária no Brasil, pode-se perceber uma divisão na literatura especializada. Alguns autores como Cezar (2005), Luchiari Filho (2006), Carvalho (2007), Dias Filho (2011), Mcmanus et al. (2016), Gollnow (2018) e Silva (2018), apontaram que o aumento da produção pecuária no Brasil se

deve principalmente ao uso de sistemas de produção baseados em pastagem e, portanto, a expansão para áreas antes não utilizadas é uma importante ferramenta para o desenvolvimento da pecuária¹. Essa baixa produtividade (cabeça animal/hectare), é baseada na produção extensiva com baixa intensidade técnica e padrões instáveis de manejo e comercialização de bovinos e seus derivados (De Sousa et al., 2021).

Por outro lado, autores como Fearnside (2005), Riveiro (2009) e Assad (2016), afirmam que a pecuária se tornou intensiva, ou seja, a produção passou a utilizar em pelo menos um determinado período da produção, o sistema de confinamento intensivo em ração. Assim, a pecuária passou por um processo de desenvolvimento e consolidação de sua produção, acabando por minimizar a abertura de novas áreas. Nesse sistema a alta produtividade (cabeça animal/hectare) está relacionada ao alto grau de implementação técnica, que consiste em altos padrões de eficiência na gestão e comercialização do gado e seus derivados, adotando investimento em tecnologia e incentivando métodos de gestão mais robustos, tornando-se mais produtivo e sustentável no uso dos recursos.

Nesse sentido, uma importante ferramenta para a pecuária é o crédito rural², pois fazendas que apresentam baixa produtividade. Tem a possibilidade de aumentar a sua produtividade com aportes financeiros corretos, e ainda gerar fatores adjacentes, que têm potencial serem benéficos para a população em geral como a melhoria na qualidade de carne, menores preços de comercialização e maior renda para o ecossistema (Macedo 2005; Santos 2019; De Sousa 2021; Medeiros 2021; Viana 2021).

Entretanto, observa-se uma lacuna na literatura quanto à regionalização do crédito agropecuário, sobretudo no que tange análise da demanda do crédito pecuário por finalidade³. Assim, esse trabalho tem como objetivo contextualizar a demanda de crédito pecuário no Brasil e analisar a regionalização por finalidade de crédito pecuário (custeio, investimento e comercialização), utilizando as técnicas de análise exploratória e análise espacial para os municípios brasileiros entre os anos de 1993 a 2020.

Além desta introdução, o trabalho apresenta mais quatro seções. A segunda refere-se à discussão sobre a contextualização do tema, a partir do desenvolvimento e regionalização da pecuária bovina no Brasil, os instrumentos para financiamento do crédito rural, e a utilização do custeio e investimento para crescimento econômico. A terceira seção compreende o modelo analítico, bem como a fonte e a natureza dos dados. A quarta discute os resultados obtidos e, por fim, a quinta seção acrescenta as conclusões.

2.2. O desenvolvimento e regionalização da pecuária bovina no Brasil

Segundo Luchiari Filho (2006) e Carvalho (2007), o setor pecuário no Brasil desenvolveu-se em algumas regiões devido à introdução de sistemas intensivos de produção juntamente com novas tecnologias que visaram o aumento da produtividade. Nas décadas de 1970 e 1980, com o auxílio do crédito rural, foram introduzidas novas

¹ No entanto, esse aumento na produção ocorreu em decorrência do aumento das pastagens e pode apresentar impactos ambientais negativos, principalmente relacionados ao desmatamento para abertura de novas áreas de produção (Bilborrow, 2009).

² Crédito rural é definido como um recurso financeiro utilizado para financiar os custos normais do ciclo produtivo (incluindo bens e serviços), além dos custos de produção e industrialização da atividade comercial. É concedido por entidades de crédito públicas e privadas cedido aos pecuaristas rurais por meio de cooperativas e sociedades financeiras ligadas ao setor agropecuário e bancos privados ou públicos (De Sousa et al., 2021).

³ Finalidade: Entende-se como tipo do crédito tomado. Existem as finalidades de Custeio, Investimento, Comercialização e Industrialização.

tecnologias na produção pecuária, como animais de origem europeia e indiana, o sal na alimentação do gado, e além disso foi dada atenção especial ao controle de doenças como a febre aftosa.

Ferraz (2001) procurou analisar as causas da expansão agropecuária entre 1980 e 1995. Para isso, o autor utilizou um modelo de regressão múltipla, relacionando a variável dependente área agrícola e pecuária com as variáveis explicativas para a expansão das estradas pavimentadas: crédito agrícola, preços de insumos, preços de produção. E assim observou que a expansão agrícola é determinada por aumentos nos preços da terra, salários rurais, crédito rural e rodovias, e quanto à expansão do setor pecuário, ocorre o crescimento da malha rodoviária como principal motivo.

Outro fator importante no setor pecuário brasileiro é a facilitação do crédito (Macedo, 2005; Araújo, 2012). A promoção da política de expansão do crédito pecuário é a base do processo de modernização da pecuária brasileira. O estado do Rio Grande do Norte apresenta o maior número de contratos de financiamento, seguido por Minas Gerais. No Norte, Rondônia e Tocantins absorvem quase todo o crédito disponível para investimento. Já no Nordeste, o investimento também domina, respondendo por 76,58% dos financiamentos, dos quais os recursos da Bahia respondem pela maioria, representando 34,29%.

Na região Sul, diferentemente de outras regiões e estados do Brasil, os valores obtidos de crédito rural pelo Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul são semelhantes, o que atesta a homogeneidade do setor pecuário na região. Na região Sudeste, os recursos são utilizados principalmente para financiamentos, sobretudo nos estados de Minas Gerais e São Paulo.

Considerando que o crédito rural é um instrumento importante para manter o setor agropecuário em plena atividade, uma vez que o crédito pecuário possibilita que o produtor se aproprie do lucro da atividade econômica e melhore a sua qualidade de vida a partir dos custos da produção, os dispêndios com manutenção, ampliação, comercialização e industrialização geram o desenvolvimento econômico local. Não há dúvidas de que o Brasil é um dos líderes mundiais na produção e exportação de diversos produtos agrícolas, incluindo a pecuária de corte, com seu vasto território, geografia, bioma e temperatura adequados e, um grande impulsionador desse sucesso é o crédito rural, inicialmente fomentado pelo governo brasileiro.

Já desde à crise econômica da década de 1930, o governo na época dispunha de duas alternativas, deixar o seu principal produto agroexportador revogar-se ou mantê-lo de maneira sintética. Dado o interesse do governo em manter a manutenção do modelo agroexportador, houve a necessidade de uma intervenção nos mercados, visando forçar a alta dos preços e uma redução na expansão do principal produto da pauta de exportação, o café. Deu-se assim o início do crédito rural no Brasil. O crédito rural ocorreu efetivamente quando o governo federal, por meio de bancos brasileiros em 1931, passou a financiar a compra do café (Guedes Filho, 1999).

Nos anos posteriores, nas décadas de 1940 e 1950, houve políticas semelhantes a do café, para manutenção da produção da cana-de-açúcar e farinha de trigo. Quando o governo passou a centralizar as políticas agrícolas desses produtos, avanços significativos ocorreram na década 60, inicialmente com a Lei Delegada nº 8 de 26 de setembro de 1962, criando-se o Fundo Federal Agrícola para financiar pesquisas e assistência técnica para aumentar a produtividade em todo o país, e a Lei Delegada nº 9 de 11 de outubro de 1962, a qual atuou na reorganização da Secretaria de Agricultura.

No entanto, as propostas legislativas submetidas ao congresso nacional para um sistema nacional de crédito rural com fundo dedicado no âmbito da reforma bancária não foram aprovadas. Somente a partir de 1965, com a promulgação da Lei 4.289, o Brasil instituiu uma política de crédito rural gerida pelo Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR). Com os quatro objetivos centrais:

- 1) Financiar parte do custo da produção agrícola;
- 2) Estimular a formação de capital;
- 3) Acelerar a adoção de novas tecnologias;
- 4) Fortalecer os pequenos e médios produtores.

Ainda na década de 1960 a Resolução do Conselho Monetário Nacional obrigou os bancos a destinar 10% dos depósitos à vista para o sistema bancário para a concessão de crédito ao setor agrícola. Assim, a política de crédito rural dispôs de um histórico de grandes recursos disponíveis na década de 1970 e início de 1980, além de bonificação de juros. Conforme Araújo (1983) e Sayad (1984), enquanto as taxas de juros do crédito rural oscilam entre 15% e 17% ao ano, o próprio governo toma emprestado a uma taxa média anual de 50%.

Araújo (1983) relatou que, de 1969 a 1979 a taxa de crescimento anual do crédito para financiamento foi de 18% e a do crédito para investimento foi de 16%. O crédito comercial cresceu a uma taxa anual de 17%, com um aumento acumulado de 403% no período. Cerca de três quartos do crédito agrícola total está concentrado em sete culturas, sendo elas: café, algodão, cana-de-açúcar, arroz, milho, trigo e soja.

A década de 1980 é marcada pelo encerramento da Contas Movimento, que limitava os recursos de crédito rural à disponibilidade da união. Em 1986, houve a criação da poupança rural onde os bancos oficiais foram autorizados a operar a partir dessa fonte de financiamento, que em 1988 se tornou a maior fonte de crédito rural.

Barros e Araújo (1991) destacam duas mudanças importantes após 1980: menos recursos alocados e menos subsídios implícitos nas taxas de juros. À medida que diminui a participação do governo como principal órgão de financiamento, é necessário encontrar outros canais de financiamento, entre os quais o uso de recursos próprios ganha cada vez mais destaque. Os autores também discutem um marco na política de crédito rural do Brasil: o fim da movimentação bancária brasileira em 1986 e a criação da poupança rural. Assim, o crédito rural passa a ser uma questão de política fiscal, na qual a instituição financeira responsável passa a ser a tesouraria

Em 1991 o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) ampliou sua participação no crédito rural por meio das Instituições Financeiras Rurais (Instituições Financeiras Industriais Especiais - Instituições Financeiras), do Programa de Operações Conjuntas (POC) e do próprio Programa de Operação Direta do Banco.

Outro marco importante foi a criação, em 1996, do Plano Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) pelo Decreto Presidencial nº 1946 de 1996. Esta é a primeira política pública dedicada à agricultura familiar, contribuindo tanto para consolidar o conceito de agricultura familiar no Brasil quanto para dar legitimidade social à categoria e reconhecimento como setor produtivo.

A partir dos anos 2000, houve uma importância ainda maior de investimentos governamentais, cada vez mais eficientes e decisivos para o produtor rural, pois o crédito rural se deparou com as crescentes restrições aos orçamentos públicos (Assunção & Souza, 2019). Assim, pesquisadores e governos têm forte interesse em entender e mensurar o impacto das políticas de crédito rural.

Alguns pesquisadores afirmam que mais crédito rural pode promover a modernização agrícola, incentivar o uso de novos insumos (Rask et al., 1974; Rezende, 1985; Castro Teixeira, 2010) e aumentar a produtividade no campo (Gasques et al., 2020). Quanto à última afirmação, não há consenso na literatura, pois outros autores argumentam que apenas maior volume de crédito não significa necessariamente aumento de produtividade (Santos & Braga, 2013; Costa Junior, 2018). De acordo com esse raciocínio, as políticas de crédito rural exigem ações inter-relacionadas para aproveitar ao máximo as novas tecnologias, pois as instituições rurais geralmente têm uma capacidade reduzida de usá-las (Campos et al., 2014).

A partir da década de 2010, os mecanismos de financiamento rural podem ser divididos em duas categorias: crédito rural oficial e crédito rural não oficial. O crédito rural oficial está vinculado ao sistema bancário e às cooperativas de crédito, de acordo com as regras estabelecidas pelo SNCR e pelo Manual de Crédito Rural (MCR). Por outro lado, fornecedores de insumos, distribuidores, tradings, produtores de grãos, agroindústrias, exportadores e seus derivados fornecem crédito rural não oficial⁴ (Silva, 2012).

De maneira geral, não há relação direta entre o crescimento do rebanho bovino brasileiro e a evolução dos recursos de crédito rural em todas as regiões do Brasil. Em algumas regiões a pecuária acabou se desenvolvendo independentemente dos recursos de financiamento rural. Ainda, novos instrumentos de financiamento vêm ganhando força dentro da pecuária, além do crescimento da participação de outros balcões no registro da cédula de produto rural⁵ (Da Silva Neto et al., 2012).

Nesse contexto, o financiamento é intrinsecamente ligado ao conceito de desenvolvimento econômico. Afinal, o desenvolvimento econômico envolve a acumulação sistemática de capital e a incorporação de progresso tecnológico ao trabalho e capital. Este processo resulta em um aumento sustentado da produtividade ou renda per capita, elevando assim os salários e os padrões de bem-estar da sociedade. Portanto, as diversas formas de crédito rural disponíveis podem ser vistas como uma parte integrante desse processo de acumulação de capital e melhoria tecnológica, contribuindo significativamente para o desenvolvimento econômico do setor pecuário e, consequentemente, do país (Arrow, 1962 e Beard e Barrow, 2017).

Assim ao se analisar os gastos do governo nas atividades agropecuárias, de primeira mão, entende-se a finalidade de manter a segurança alimentar de sua população estabelecida, vide esforços para criação em 1965 da política de crédito rural gerida pelo Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), resumida para a atividade da pecuária na Tabela 1, que proporciona uma visão mais clara sobre a estrutura do crédito rural no Brasil, essencial para a sustentação e crescimento do setor pecuário.

Como visto esse crédito rural é uma importante ferramenta de financiamento e apoio à atividade agropecuária, auxiliando os produtores na manutenção e expansão de suas atividades. Tal crédito é segmentado em diferentes finalidades, cada uma atendendo a uma necessidade específica do produtor rural, apresentadas na Tabela 1 por: finalidades do crédito rural pecuário, oferecendo uma descrição detalhada e exemplos de cada uma delas, de acordo com o Manual do Crédito Rural do Banco Central do Brasil (BACEN) de 2022. Esta estrutura permite uma melhor compreensão do papel que o crédito rural desempenha na pecuária brasileira.

⁴ A natureza das operações de crédito não oficiais é realizada principalmente por agentes privados, dificultando a mensuração do volume, prazos e custo dos recursos de transação. Quanto ao crédito rural oficial, o Banco Central do Brasil publica regularmente os dados por meio da Matriz de Dados do Crédito Rural (Bacen, 2020). Para esta categoria, os mutuários são divididos em dois segmentos: Pessoa Física (PF) e Pessoa Jurídica (PJ). De acordo com Wedekin et al. (2019), o crédito pessoal é destinado principalmente para produtores rurais, emprestado à taxa de juros específica. Segundo o mesmo autor, para a PJ, inclui produtores que fazem negócios com produtores rurais, cooperativas e agroindústrias.

⁵ CPR - Certificado de Produto Rural é um título que representa um compromisso de entrega de produtos agrícolas no futuro, atuando como facilitador na produção e comercialização rural.

Tabela 1: Finalidades do crédito rural pecuário

Finalidade	Descrição	Exemplo
Custeio	Manutenção da atividade	Limpeza e capina, mão-de-obra, limpeza de pastagens, suprimentos em geral, compra de sais minerais; medicamentos veterinários, aquisição de animais para criação e engorda.
Investimento	Ampliação da produção	Aquisição de máquinas e equipamentos; reforma e/ou benfeitorias na construção; Aquisição de reprodutores (serviços de reprodução).
Comercialização	Fase imediata após a produção.	Comercialização do leite <i>in natura</i> ; Transporte animal vivo
Industrialização	Industrialização de produtos agropecuários em na propriedade rural	Ações de limpeza, secagem, pasteurização, refrigeração, descascamento, padronização dos produtos, embalagem

Fonte: Manual do Crédito Rural, BACEN (2022), adaptado pelo autor.

Para o setor da bovinocultura, recursos financeiros obtidos para investimentos podem gerar expectativas positivas na atividade econômica, levando a novos investimentos privados de médio e longo prazo, embora não gerem impactos significativos na visão de curto prazo da produção.

Já os recursos obtidos para custeio, tendem a ser os subsequentes ao investimento, e concomitantes quando há expansão da produção. O custeio é utilizado para manter às atividades de produção, atuando no financiamento para custos de produção, usado tanto para despesas fixas quanto para despesas únicas do ciclo de produção, incluindo períodos de entressafra.

Tal fator importante para análise consiste em que vários autores determinaram que o setor da agropecuária se torna mais forte quando tem acesso a crédito de custeio e investimento, e assim como nos gastos públicos, o agricultor deve dosar seus gastos para não ficar refém da necessidade de utilizar o crédito de custeio para manter suas atividades, então o ideal seria que no longo prazo o produtor reduzisse a demanda por crédito de custeio em suas atividades, evitando endividamento, e ainda no longo prazo se crie uma reserva financeira para períodos de crises ou de baixa nos preços.

2.3. Metodologia

Inicialmente utilizou-se das técnicas de Análise Exploratória de Dados (AED), a qual é utilizada para analisar e investigar conjuntos de dados e resumir suas principais características, geralmente usando métodos de visualização de dados, complementada pela técnica de estatística descritiva, a qual trata da organização, agregação e apresentação de dados (Morais, 2005).

Adicionalmente, realizou-se a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), técnica utilizada para identificar os efeitos espaciais, em particular as dependências espaciais e a heterogeneidade contida na amostra. A dependência espacial é inversamente proporcional à distância geográfica, enquanto a heterogeneidade envolve características de unidades espaciais que as distinguem inerentemente. Ambos, se identificados, devem ser devidamente controlados e tratados para evitar problemas ao utilizar os dados em modelos econométricos.

A AEDE é capaz de capturar, por exemplo, padrões de associação espacial (clusters espaciais), indicações de como os dados são distribuídos, a ocorrência de diferentes estados espaciais ou outras formas de instabilidade espacial (não estacionariedade) e identificar observações atípicas (*outliers*) (Almeida, 2012).

Os dados relacionados à análise exploratória da demanda de crédito pecuário e número de contratos foram obtidos a partir do Banco Central do Brasil [BACEN], já os dados referentes ao número do rebanho bovino foram obtidos na base de dados do Sistema do IBGE de Recuperação Automática [SIDRA]. Ambos os dados coletados resultam em 5656 observações para cada ano de análise: de 1993 a 2019. A análise inicial se deu na diferenciação do uso do crédito rural em agrícola e pecuário, tanto em porcentagem quanto em milhões de reais.

A dependência espacial é observada quando o valor de uma variável de interesse em uma região está relacionado ao valor da mesma variável em uma região adjacente, em processo de dependência. Essa dependência ocorre em todas as direções, mas seu efeito tende a diminuir com o aumento da distância geográfica. Por outro lado, a heterogeneidade espacial está relacionada à especificidade das regiões e pode levar à instabilidade estrutural, ou seja, cada local pode responder de forma diferente à sua variável dependente se houver alguma alteração nas variáveis explicativas. A heterogeneidade faz com que os modelos econométricos apresentem problemas de heterocedasticidade, o que torna a variância dos coeficientes não assintótica, inviabilizando testes estatísticos para verificar a consistência de parâmetros e modelos (Almeida, 2012).

Conforme os estudos de Perobelli et al. (2009), para este trabalho foram utilizadas matrizes representando estruturas de conectividade por distância geográfica. Esta é uma matriz de pesos espaciais W , baseada nos vizinhos mais próximos $w_{ij}(k)$, que definirá a força da interação entre as regiões, calculada usando uma medida baseada no grande círculo entre os centros das regiões. Formalmente, essa matriz é representada na Equação 1.

$$W_{ij}(k) = 0 \text{ se } i = j \quad W_{ij}(k) = 1 \text{ se } d_{ij} \leq D_i(k) \quad w_{ij}(k) = \frac{w_y(k)}{\sum_j w_y(k)} \quad \text{para } k = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$W_{ij}(k) = 0 \text{ se } d_{ij} > D_i(k)$$

Onde W_{ij} é uma matriz de k vizinhos, onde k é o número de vizinhos. Uma medida da distância do grande círculo dos centros das regiões i e j é dada por d_{ij} . A notação $D_i(k)$ representa a distância máxima das regiões adjacentes considerando i , ou seja, é o valor crítico que define o corte para cada região. Portanto, distâncias acima deste ponto não são consideradas vizinhas da área relevante.

O *I de Moran Global* foi projetado para capturar o grau de correlação espacial entre as variáveis entre as regiões, o valor esperado dessa estatística é $E(I) = -1/(n-1)$, e o valor estatisticamente maior (menor) da Equação 2.

$$I_t = \left(\frac{n}{S_0} \right) \left(\frac{z_t' W z_t}{z_t' z_t} \right) \quad t = 1, \dots, n \quad (2)$$

Segundo Pimentel e Haddad (2004), pode ser definida como uma matriz quadrada onde cada célula w_{ij} representa a relação entre as regiões i e j em um sistema de n regiões, conforme mostrado na Equação 2; e o termo (S_0) é um escalar A , igual à soma de todos os elementos de W , portanto o índice acima é equivalente à correlação linear Wz da média ponderada do vetor de observação (z) e dos valores adjacentes.

Dada a análise, a hipótese nula é de que não há autocorrelação espacial, ou seja, as observações são distribuídas aleatoriamente no espaço, e para fazer inferências relacionadas ao *I de Moran*, a técnica é realizada por permutação. Isso envolve gerar uma distribuição estatística (média e desvio padrão) empiricamente, usando os próprios dados da amostra, e então usar essa distribuição para verificar a significância estatística do *I de Moran* encontrado na amostra conforme (Almeida, 2012).

A Figura 1 tem a capacidade de mostrar clusters e, portanto, é usada como complemento da estatística I de Moran Global. Ela pode representar quatro tipos de associações lineares espaciais entre regiões: alto-alto (AA), baixo-baixo (BB), alto-baixo (AB) e baixo-alto (BA) (Gonçalves, 2007) apud (Anselin, 1998; 1995). "A inclinação da curva é obtida regredindo Wz sobre z , e essa inclinação fornece o ajuste" (Figura 1).

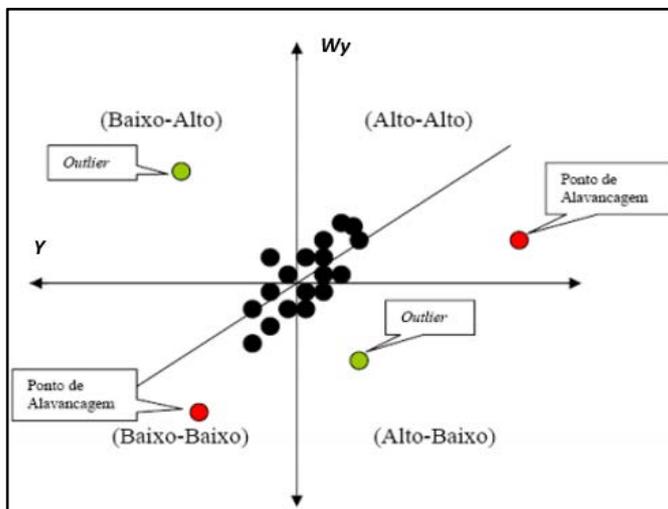


Figura 1: Diagrama de dispersão de Moran
Fonte: Carvalho (2008).

Conforme destacado por Perobelli et al. (2007), regiões com padrões de associação espacial positivos AA e BB formaram agrupamentos de valores semelhantes, enquanto regiões com padrões BA e AB exibiram associação espacial negativa.

No entanto, de acordo com Anselin (1995), a estatística Moran Global só pode capturar autocorrelação global e não pode identificar correlações espaciais em nível local. Portanto, uma medida complementar do Moran Global I foi desenvolvida para capturar a autocorrelação espacial local, ou seja, observar a presença de clusters espaciais locais. Existem principalmente estatísticas de Moran Scatterplot e LISA (Local Indicator of Spatial Association).

2.4. Resultados

Desde 1950, a demanda de crédito pecuário bovino tem acompanhado o crescimento e evolução da pecuária no Brasil. Durante as décadas de 1950 a 1980, a pecuária experimentou um rápido crescimento, com a expansão da fronteira agrícola e a modernização da produção de gado.

Nos anos 1950 a 1960, a demanda por crédito pecuário bovino aumentou devido ao aumento da produção de leite e carne bovina, bem como à crescente necessidade de investimento em tecnologias mais avançadas. A fim de suprir a demanda, os governos começaram a implementar políticas de incentivos para o setor, incluindo subsídios e empréstimos a juros baixos.

Já a década de 1970 foi marcada por uma crise econômica global, o que resultou em uma queda na demanda por crédito pecuário bovino. Além disso, a crescente preocupação com a proteção ambiental e a saúde animal levou a uma mudança nas políticas agrícolas, com mais regulamentações e restrições ao uso de tecnologias nocivas. Neste período, a demanda por crédito pecuário bovino aumentou significativamente, especialmente para

fins de custeio. Entre 1975 e 1979, o crédito de custeio representou 69,4% e 33,4% do total de crédito pecuário, respectivamente.

No entanto, na década de 1980 ocorreu uma recuperação na demanda por crédito pecuário bovino, impulsionada pelo aumento da demanda por produtos de proteína animal e pela melhoria dos mercados internacionais. Além disso, o governo continuou a implementar políticas de incentivo ao setor, com a oferta de empréstimos a juros baixos e programas de assistência técnica.

Nos anos 90, o mercado de crédito pecuário bovino enfrentou uma série de oscilações, com a queda na demanda e a crise financeira que afetou o setor agrícola. Nesse período, a política econômica e financeira se concentrou na estabilização da inflação, o que resultou na restrição de crédito para o setor agrícola.

Dessa forma, o crédito bovino é uma importante ferramenta para os pecuaristas na administração dos seus negócios, e é por meio do crédito que eles conseguem investir em suas atividades, custear suas despesas e, conseqüentemente, aumentar a produção e a comercialização de leite e carne bovina. Por isso, é fundamental analisarmos a importância do crédito pecuário em relação ao crédito agrícola, bem como a demanda por crédito pecuário específico para a produção bovina.

Na Figura 2, estão presentes a relação entre a demanda de crédito agrícola e crédito pecuário no Brasil, esses dados refletem a importância de cada setor na economia do país e a necessidade de apoio financeiro para sua continuidade e crescimento. Ambos setores são fundamentais para a economia, e a distribuição de crédito é uma forma de fomentar e desenvolver a produção agrícola e pecuária no país.

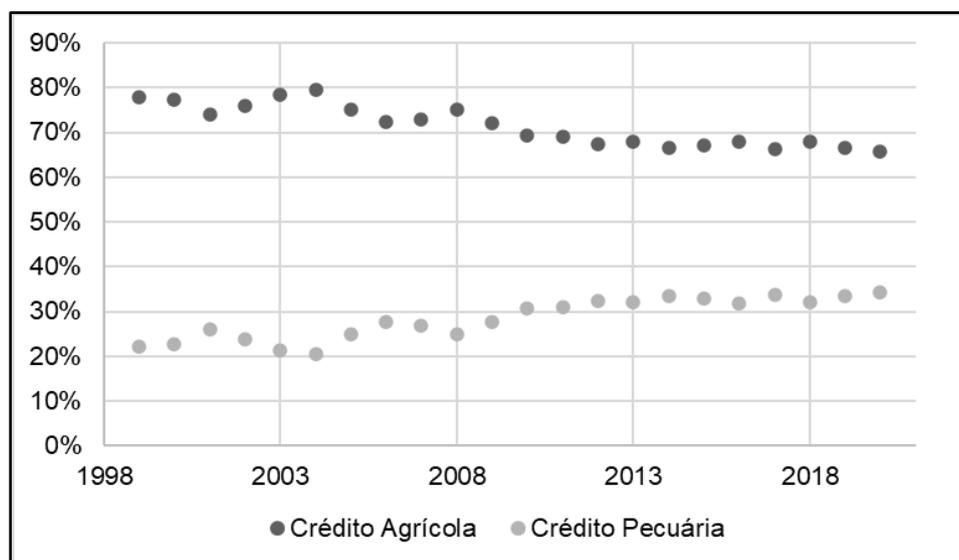


Figura 2. Porcentagem do destino do crédito agropecuário no Brasil
Fonte: Adaptado de Banco Central do Brasil (2021)

É possível observar que o crédito agrícola tem uma tendência de decréscimo ao longo dos anos, enquanto o crédito pecuário tem uma tendência de aumento. Em 1999, o crédito agrícola representava 78% do total de crédito, enquanto o crédito pecuário representava 22%. Em 2020, o crédito agrícola representou 66% do total de crédito, enquanto o crédito pecuário representou 34%. Os grandes demandantes de crédito rural pecuário, foram os estados do Rio Grande do Sul, Mato Grosso e os estados da Fronteira Agrícola Brasileira (Dos Santos, 2019; Freitas Junior e Barros, 2020 e Vianna, 2021).

No entanto, ao investigar a representatividade da demanda do crédito pecuário bovino frente ao consumo total de crédito pecuário, é relevante para se determinar se a bovinocultura é uma grande demandante de crédito pecuário (Figura 3).

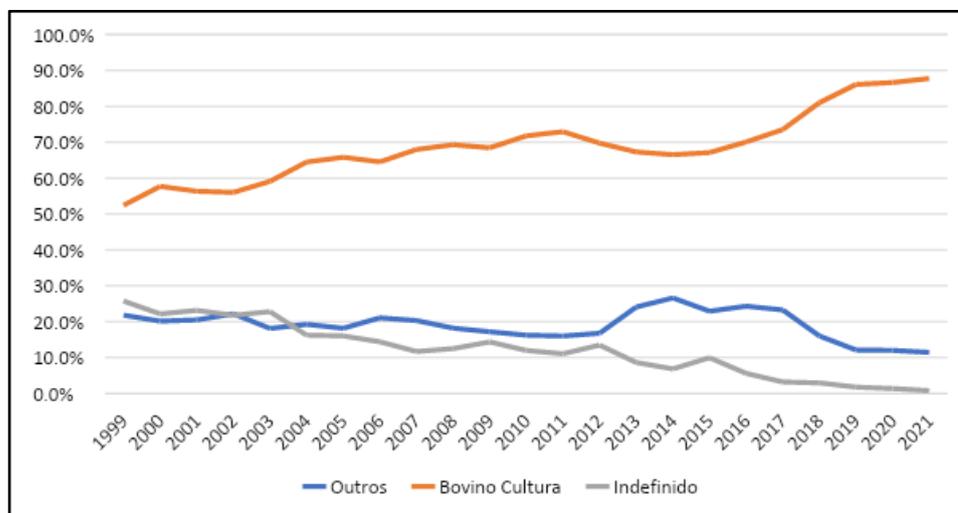


Figura 3. Representatividade do crédito pecuário para produção bovina
Fonte: Adaptado de Banco Central do Brasil (2021)

A representatividade da bovinocultura na demanda por crédito pecuário é notória, com participação de 52% em 2000 chegando a cerca de 89% em 2020, domínio esse que foi crescente entre 2000 a 2011, estável entre 2011 a 2016 e novamente crescente entre 2016 e 2020 (Figura 3).

Tal informação é importante, pois indica o quanto a bovinocultura é relevante para a economia pecuária e para o desenvolvimento do país. Além disso, a alta demanda por crédito pecuário bovino mostra que o setor está crescendo e precisa de mais investimento e apoio financeiro para continuar a se expandir. Essa demanda também indica a necessidade dos produtores de financiamento para adquirir máquinas, equipamentos, terra e outros recursos necessários para melhorar a produção e aumentar a eficiência econômica.

Assim a evolução dos dados evidencia a tendência de crescimento da bovinocultura, o que pode ser considerado positivo para a economia e para o desenvolvimento rural. No entanto, é importante que sejam realizadas políticas públicas e medidas para acompanhar esse crescimento, garantindo a sustentabilidade econômica e ambiental do setor, bem como o bem-estar dos animais e o fortalecimento da cadeia produtiva.

De modo que à relação com a crescente demanda por crédito específico para a bovinocultura (Figura 4), pode-se verificar que a maior parte do crédito é destinada ao custeio da atividade, o que indica que a demanda de custeio é um gargalo ao produtor e que os pecuaristas precisam de recursos para manter suas atividades. Além disso, a quantidade de créditos destinados a investimento também é significativa, indicando que os pecuaristas estão investindo em suas atividades e buscando aumentar sua produção para atender à demanda crescente de carne e leite.

Por fim, a quantidade de créditos destinados a comercialização é menor, mas ainda é importante, pois permite aos pecuaristas financiarem suas vendas e aumentarem sua renda. Em resumo, a relação entre a crescente demanda de crédito para pecuária e especificamente a pecuária bovina indica que a atividade está em constante crescimento e que os pecuaristas precisam de recursos para manter e ampliar suas atividades (figura 4).

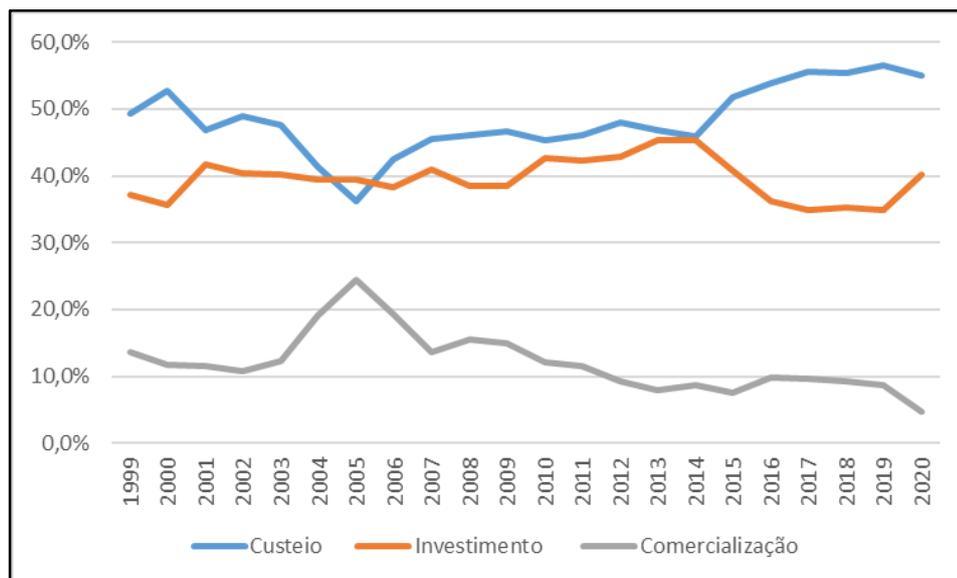


Figura 4. Utilização do crédito rural pecuário por finalidade dados de 1999 a 2020.
Fonte: Adaptado de Banco Central do Brasil (2021)

O custeio tem sido a finalidade mais comum para os empréstimos, com uma média de 49% a 56% dos valores emprestados (Figura 4). Já o investimento tem sido a segunda finalidade mais comum, com uma média de 35% a 42% dos valores emprestados. Por fim, a comercialização tem sido a finalidade menos comum, com uma média de 8% a 15% dos valores emprestados. Esses dados sugerem que a maior parte dos empréstimos é destinada à manutenção e melhoria das atividades agrícolas e pecuárias, com o custeio e o investimento sendo as finalidades mais comuns. A comercialização tem recebido menos recursos, o que pode indicar uma menor prioridade ou menor importância na área pecuária (Orbolato, 2018).

No período de 1999 a 2005, a maior parte do crédito pecuário foi destinada ao custeio (Figura 4), representando uma média de 49,5%. Já a destinação para investimento ficou em torno de 39%, enquanto a comercialização foi a finalidade menos contemplada, ficando em torno de 11%. Entre 2006 e 2014, houve uma queda na destinação de créditos para o custeio, que passou a representar uma média de 44,5%, enquanto a destinação para investimento subiu para uma média de 41%. A comercialização continuou sendo a finalidade menos contemplada, mas teve uma pequena alta em relação ao período anterior, ficando em torno de 12%. A partir de 2015, houve uma alta na destinação de créditos para o custeio, que passou a representar uma média de 51,5%, enquanto a destinação para investimento caiu para uma média de 39%. A comercialização se manteve como a finalidade menos contemplada, ficando em torno de 8%.

As causas econômicas desses resultados podem ser atribuídas a vários fatores. Um deles é o aumento dos custos de produção na pecuária, o que exige mais recursos financeiros para suportar as atividades diárias e garantir a continuidade da produção. Conforme Ribeiro e Dal Molin (2016), esses efeitos na produção bovina de corte e produção de leite, estão relacionados a duas causas principais para a crescente demanda da bovinocultura por crédito pecuário de custeio: o primeiro é ocorre por meio do aumento das necessidades de manutenção do rebanho, seja a necessidade da melhoria da qualidade da carne em si, seja por melhoramento genético e por questões fitossanitárias adequadas, principalmente na produção de leite. E, em segundo lugar pela pressão constante da desvalorização do real frente ao dólar ao longo de todo período analisado, o que resulta em custos maiores com toda a cadeia de produção, desde o combustível até a alimentação.

Enquanto as oscilações na destinação para investimento podem ter sido influenciadas pela incerteza econômica e pela escassez de recursos financeiros, a concorrência global no mercado de carne bovina também pode ter influenciado na destinação de créditos, já que os agricultores podem ter se sentido pressionados a aumentar a produção para atender à demanda (Tarapanoff, 2016). Também é possível que as mudanças nas políticas econômicas governamentais tenham afetado a disponibilidade de créditos e a sua destinação. Por fim, a variação das taxas de juros, a inflação e a economia global também podem ter impacto na destinação de créditos para o setor pecuário no que diz respeito ao crédito de investimento.

Ao analisarmos o contexto da pecuária brasileira, é fundamental destacar o papel da demanda por crédito para a comercialização e industrialização dos produtos deste setor. Historicamente, esta demanda tem sido comparativamente baixa quando confrontada com a de crédito para custeio e investimento. Fatores como a escassez de incentivos governamentais, rentabilidade limitada da comercialização, deficiências de infraestrutura e a falta de investimento em pesquisa e tecnologia contribuem para essa realidade. Ademais, a ineficiência logística e de transporte também pode ser identificada como obstáculo à eficiente comercialização dos produtos pecuários (De Moura Costa, 2019). Este cenário de baixo investimento em comercialização pode repercutir negativamente na economia, uma vez que limita a capacidade dos produtores em colocar seus produtos no mercado, interferindo na rentabilidade da atividade. Dessa forma, os produtores podem acabar por priorizar investimentos em outras áreas de suas atividades, como custeio ou melhorias na propriedade, em detrimento da comercialização. A pecuária de corte brasileira, em particular, tem se caracterizado por essa dificuldade de investir na indústria com recursos próprios, recorrendo a outras fontes de financiamento para manter suas operações (Macedo, 2009).

Com base nesse contexto, torna-se ainda mais relevante a análise da Tabela 2, que descreve a produção bovina em dez municípios nos triênios de 1993 e 2018. Tal análise permite uma compreensão mais profunda das dinâmicas envolvidas na produção de bovinos no Brasil e pode oferecer insights úteis para tomada de decisões referentes aos investimentos na pecuária.

Tabela 2 - Produção e participação dos 10 municípios com maior produção bovina nos triênios de 1993 (média de 1993,1994 e 1995) e 2018 (média de 2017,2018 e 2019).

1993				2018			
Município	UF	Bovino	%	Município	UF	Bovino	%
Corumbá	MS	1409710	0.009	São Félix do Xingu	PA	6738767	0.010
Ribas do Rio Pardo	MS	1312118	0.008	Corumbá	MS	5505131	0.009
Três Lagoas	MS	879108	0.006	Ribas do Rio Pardo	MS	3323892	0.005
Água Clara	MS	678236	0.004	Cáceres	MT	3283065	0.005
Aquidauana	MS	662530	0.004	Marabá	PA	3194973	0.005
Paranaíba	MS	637262	0.004	Vila Bela da San. Trindade	MT	3164800	0.005
Porto Murtinho	MS	601471	0.004	Porto Velho	RO	3155031	0.005
Camapuã	MS	589516	0.004	Juara	MT	2943251	0.005
Campo Grande	MS	556475	0.004	Novo Repartimento	PA	2755168	0.004
Bagé	RS	546777	0.003	Alta Floresta	MT	2442653	0.004
CR10		7873201	0.050	CR10		36506731	0.057

Nota: Bovino: Cabeças produção bovina - %: Participação em porcentagem
Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IBGE.

Pode-se observar que em 1993, Corumbá e Ribas do Rio Pardo no estado de Mato Grosso do Sul, liderava com uma produção aproximada de 1.400.000 bovinos, representando 0,009% do total. Os demais municípios, Três Lagoas, Água Clara, Aquidauana, Paranaíba, Porto Murtinho, Camapuã e Campo Grande, todos no MS, além de Bagé no RS, completavam a lista com produções variando entre 879.108 e 546.777 cabeças de bovinos.

A produção total para esses dez municípios nesse triênio foi de 7.873.201, aproximadamente 0,050% do total nacional.

Por volta de 2018, os papéis pareciam ter sido reorganizados. São Félix do Xingu, no PA, emergiu como líder na produção bovina com 6.738.767 cabeças, significando 0,010% do total. Corumbá, antigo líder, estava agora em segundo lugar com 5.505.131 cabeças, representando 0,009% da produção total. Já Ribas do Rio Pardo ainda figurava no top 3, enquanto Cáceres (MT), Marabá (PA), Vila Bela da Santíssima Trindade (MT), Porto Velho (RO), Juara (MT), Novo Repartimento (PA) e Alta Floresta (MT) preenchiam as posições restantes. Em 2018, a produção total desses municípios foi de 36.506.731, representando 0,057% da produção total de bovinos.

Este exercício revela que a liderança na produção de bovinos se deslocou de MS para o PA ao longo do tempo. Outro dado intrigante é que a representatividade dessa produção no total nacional também cresceu ligeiramente, apesar da complexa dinâmica de alterações na lista de municípios. É importante salientar que estes dados provêm de uma elaboração própria, tendo como base os dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O movimento de redução do crédito para investimento vai contra as recomendações da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) para o progresso nas áreas rurais do Brasil. De acordo com o Relatório de Monitoramento e Avaliação da Política Agrícola publicado em 2018, recomenda-se ao governo brasileiro reduzir o financiamento de curto prazo (custeio e comercialização), simplificar a regulamentação e aumentar o financiamento de investimentos (OCDE, 2018). A publicação conclui afirmando que a incorporação da inovação e do progresso tecnológico na gestão empresarial deve ser um novo objetivo da política de crédito do país.

Observou-se assim, uma relação espacial entre os dados, para verificar a existência e possibilidade de análise espacial, serão analisados em dois momentos distintos, o ano de 1993, obtido pela média trienal de 1993 a 1995, e o ano de 2018, cálculo da média entre 2017 e 2019. A partir das abordagens de análise dos vizinhos: Rainha, Rock e os Vizinhos Mais Próximos, para as variáveis de produção bovina, demanda de crédito de custeio e demanda de crédito de investimento, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – *I de Moran* da produção bovina, demanda de crédito de custeio e crédito de investimento nos triênios de 1993 (média de 1993,1994 e 1995) e 2018 (média de 2017,2018 e 2019).

		Rainha		Rock		Vizinhos Mais Próximos		
		1	3	1	3	1	3	5
		Vizinho	Vizinhos	Vizinho	Vizinhos	Vizinho	Vizinhos	Vizinhos
1993	Bovino	0,55	0,33	0,54	0,32	0,30	0,41	0,41
	Custeio	0,07	0,04	0,07	0,03	0,03	0,04	0,05
	Investimento	0,06	0,06	0,06	0,06	0,02	0,04	0,04
2018	Bovino	0,64	0,39	0,63	0,38	0,48	0,50	0,49
	Custeio	0,21	0,12	0,21	0,12	0,15	0,16	0,06
	Investimento	0,54	0,33	0,53	0,33	0,42	0,43	0,43

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados apurados na tabela 3, indicam um padrão notável de autocorrelação espacial nas variáveis de estudo - produção de bovinos, demanda de crédito de custeio e demanda de crédito de investimento - no período de 1993 a 2018. Este padrão é evidenciado pelo crescente *I de Moran* observado nas três variáveis ao longo do período de estudo. Na produção de bovinos, o aumento do *I de Moran* em todas as três análises de vizinhança assinala uma crescente similaridade espacial nessa variável. Isso implica que, com o passar do tempo, a produção bovina nas regiões próximas tornou-se mais correlacionada.

No que concerne à demanda de crédito de custeio, a ampliação do *I de Moran* em todas as análises de vizinhança sugere uma tendência semelhante. A demanda por crédito de custeio em 2018 tornou-se mais homogênea entre regiões vizinhas em comparação a 1993. Analogamente, para a demanda de crédito de investimento, a apreciável elevação do *I de Moran* em 2018 em relação a 1993 em todas as análises de vizinhança indica um incremento na similitude espacial. Ou seja, a demanda por crédito de investimento tornou-se mais semelhante entre as regiões vizinhas ao longo do tempo. Em síntese, a análise sugere uma tendência de convergência regional nas variáveis estudadas, com uma crescente autocorrelação espacial observada na produção de bovinos e na demanda de crédito, seja de custeio ou de investimento. Tais achados, observados por meio do *I de Moran*, são um indicativo robusto de que as regiões próximas estão se tornando mais semelhantes em relação a essas variáveis ao longo do tempo.

Após a análise das tendências do *I de Moran* para a produção de bovinos e as demandas de crédito de custeio e investimento, uma nova etapa da investigação é seguida. A compreensão das dinâmicas espaciais subjacentes é aprofundada através da aplicação do teste *Local Indicators of Spatial Association* (LISA).

O teste LISA permite a identificação e análise das variações locais dentro do padrão global de autocorrelação espacial, destacando assim os agrupamentos espaciais significativos e a existência de outliers espaciais.

Neste contexto, a atenção é concentrada na produção de bovinos nos anos de 1993 e 2018. O objetivo é investigar possíveis alterações no padrão de agrupamentos espaciais neste intervalo de tempo e examinar mais de perto a dinâmica espacial da produção bovina nestas datas específicas. Portanto, procede-se à execução e análise dos resultados do teste LISA para a produção de bovinos em 1993 e 2018, apresentado na Figura 5.

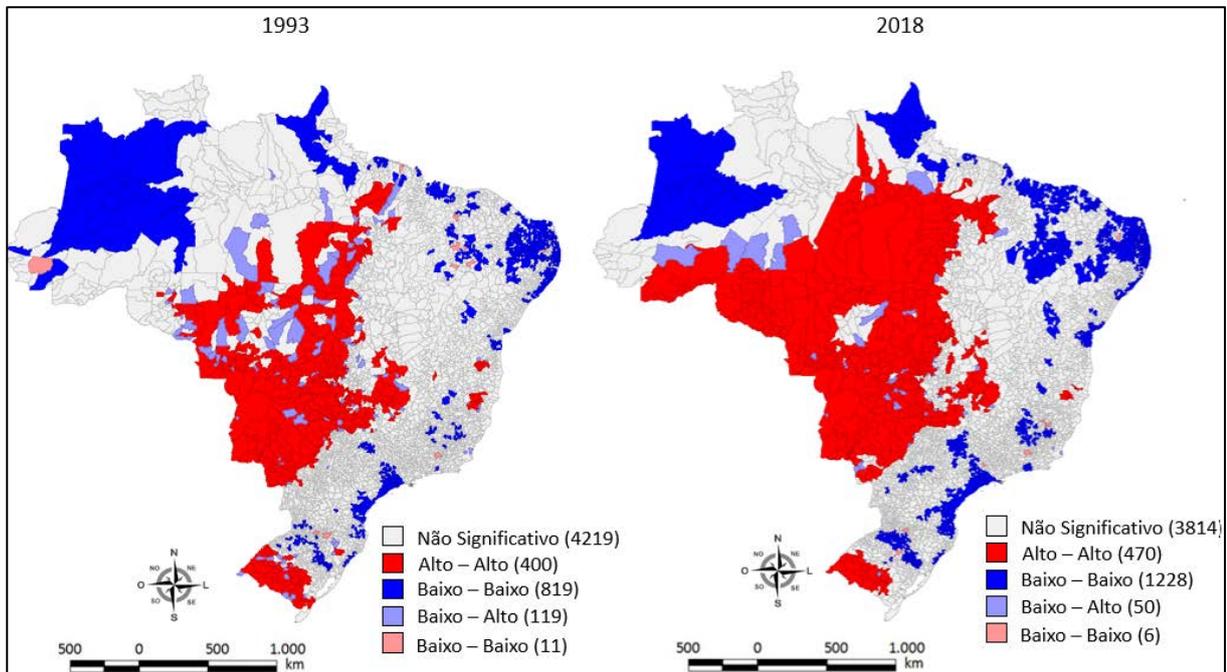


Figura 5: Análise LISA municipal da produção bovina em 1993 a 2018

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do IBGE (2022)

A figura 5 apresenta uma análise visual e comparativa dos clusters de produção de bovinos no Brasil, nos anos de 1993 e 2018. O estudo destaca a transformação expressiva ocorrida no cenário da pecuária no país ao longo desses 25 anos. Em 1993, observou-se 400 clusters de alta-alta (AA), valor que aumentou para 470 em 2018, denotando um crescimento na aglomeração de regiões com alta produção de bovinos. Já os clusters de baixo-baixo

(BB) apresentaram um aumento ainda mais expressivo, passando de 819 para 1228, sugerindo uma intensificação na concentração de regiões com produção mais baixa. Em contrapartida, os clusters de baixo-alto (BA) e alto-baixo (AB) apresentaram uma diminuição no período analisado. O número de clusters BA diminuiu de 119 para 50, enquanto o de clusters AB caiu de 11 para 6. O aspecto mais notável desta análise, no entanto, é o deslocamento observado na produção de bovinos do Centro-Oeste do Brasil para as regiões da fronteira agrícola. Este movimento aponta para uma mudança nas dinâmicas de produção bovina no país e pode ter implicações significativas no cenário da pecuária brasileira.

Nesse contexto, observa-se que a produção bovina no Brasil e a demanda por crédito rural são elementos fundamentais para compreender o desenvolvimento da agropecuária no país. Uma análise detalhada é realizada para explorar a autocorrelação espacial na demanda por crédito de custeio e investimento, buscando entender como esses fatores se refletem na dinâmica produtiva dos municípios brasileiros. Assim, para averiguar a existência de autocorrelação espacial na demanda por esses tipos de crédito, é apresentada a análise bivariada da demanda bovina por crédito de custeio em relação à produção bovina nos municípios brasileiros, conforme ilustrado na Figura 6. Observa-se assim um crescimento significativo dos clusters alto-alto, que passaram de 190 em 1993 para 430 em 2018. Essa tendência implica que mais municípios no Brasil estão apresentando alta produção bovina e alta demanda de crédito pecuário. Observam-se dois grandes clusters, um no Rio Grande do Sul e outro que se estende do sul do Mato Grosso do Sul até a fronteira agrícola do país. Nota-se ainda o aumento de cluster de alta demanda no estado do Rio Grande do Sul, reflexo que ecoa os resultados obtidos para a produtividade leiteira da região, conforme apresentado por Cruz (2018).

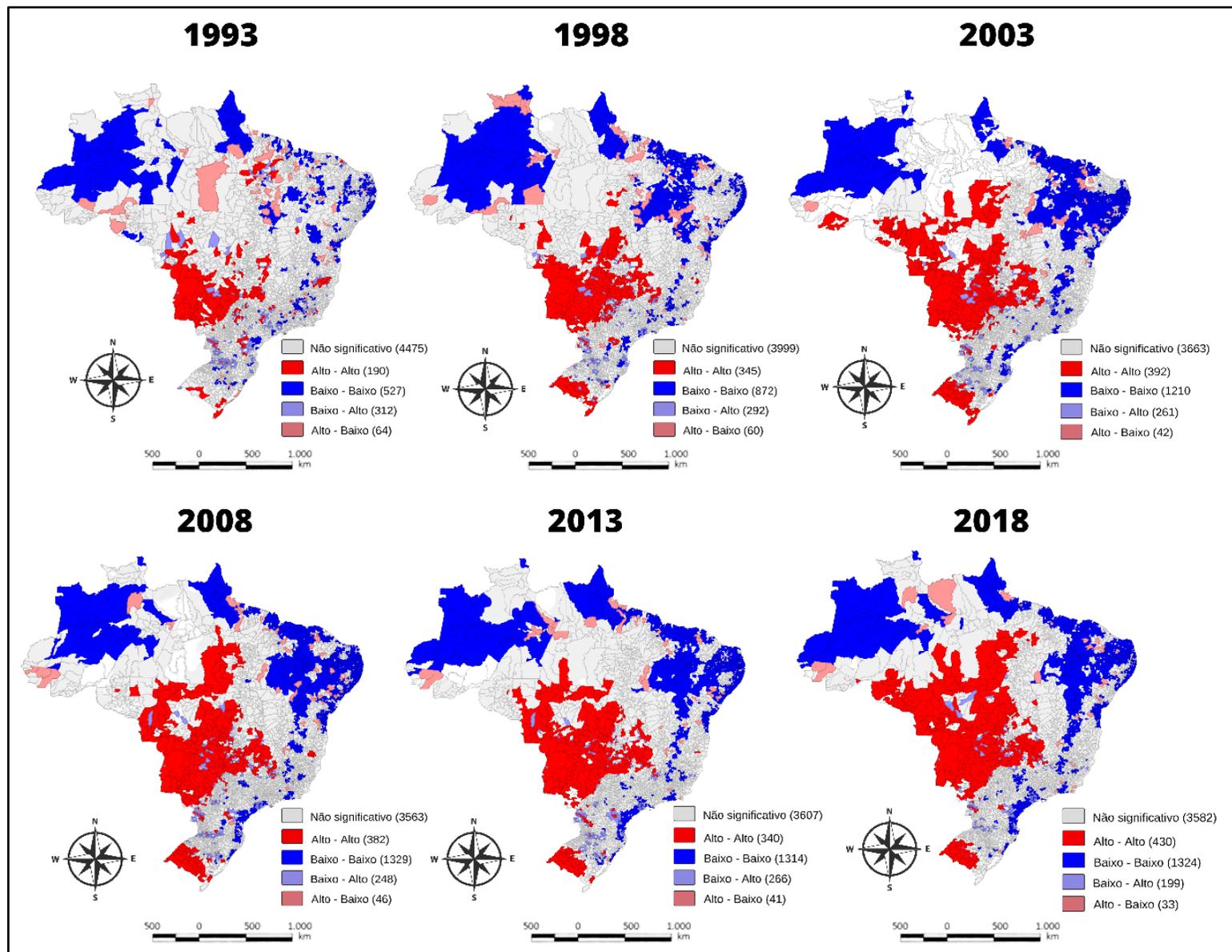


Figura 6: Análise bivariada municipal da produção bovina pela demanda de crédito pecuário de custeio de 1993 a 2018
 Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do IBGE (2022) e IPEA (2022)

Assim a análise do LISA para a produção bovina apresentada na Figura 5, entra em sinergia com essa análise bivariada. O aumento no número de clusters alto-alto, tanto na produção bovina quanto na demanda por crédito de custeio, sugere uma correlação espacial entre estes dois fatores. Ou seja, regiões que apresentam alta produção bovina tendem a ter uma alta demanda por crédito de custeio, e vice-versa. Isso reforça a ideia de que a produção bovina e a demanda por crédito pecuário estão fortemente interligadas espacialmente, refletindo padrões espaciais de desenvolvimento pecuário no Brasil.

Esse aumento pode ser atribuído ao financiamento disponível para a produção bovina, que permitiu com que os produtores adquirissem mais animais e implementassem práticas de produção mais eficientes. Em resumo, o crescimento da produção bovina no Brasil tem sido impulsionado pelo financiamento disponível para a atividade, e isso foi especialmente evidente em municípios com alta produção bovina e alta demanda por crédito de custeio. A região do Rio Grande do Sul e a região que se estende desde o sul de Mato Grosso do Sul até a fronteira agrícola do país foram os principais clusters de crescimento nessa área.

A partir do ano de 2003 observa-se uma importante criação de clusters de alto-alto nas regiões de fronteira agrícola do país, sendo a bovinocultura uma possível pioneira na ampliação para o crescimento da fronteira agrícola do país (Dutra, 2018 e Silva, 2018). Haja visto a crescente demanda por crédito rural pecuário ao longo do período observado, a próxima indagação é referente a demanda de crédito pecuário para investimento, conforme pode ser observada na Figura 7.

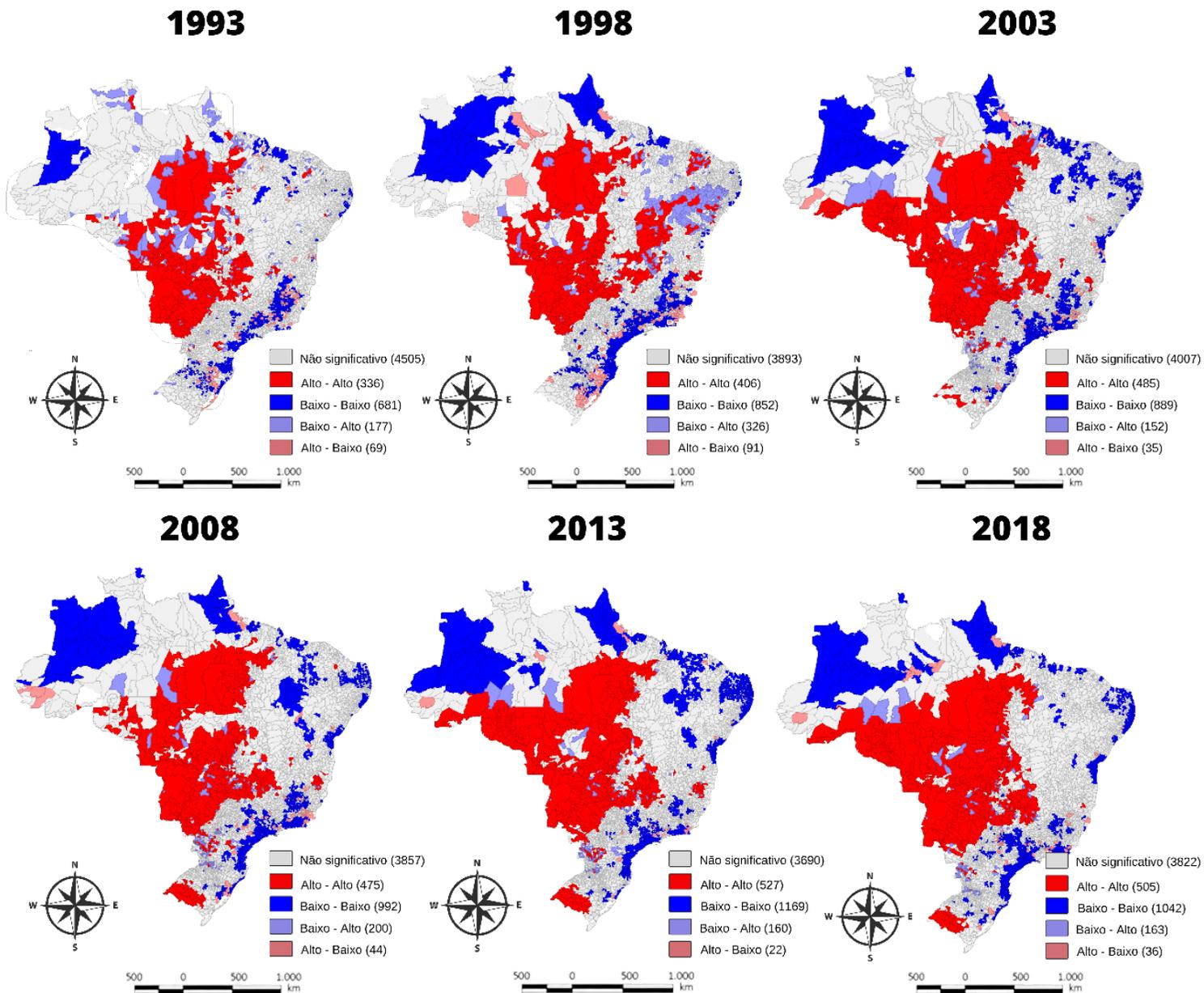


Figura 7. Análise bivariada municipal da produção bovina pela demanda de crédito pecuário de investimento de 1993 a 2018
 Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do IBGE (2022) e IPEA (2022)

A análise bivariada da demanda bovina por crédito de investimento nos municípios brasileiros, retratou um crescimento significativo dos clusters alto-alto, partindo de 336 em 1993 para 505 em 2018, isto significa que mais municípios no Brasil apresentam alta produção bovina e alta demanda de crédito custeio. Assim, como na análise Bivariada para a produção/custeio, dois grandes clusters são destaques, o primeiro também é o caso do Rio Grande do Sul, que veio a ser criado em meados de 2008 e outro que se inicia sul do Mato Grosso do sul, indo até a região de fronteira agrícola do país.

Destaca-se ainda a ampliação de cluster de alta demanda no estado do Rio Grande do Sul, resultados semelhantes foram obtidos para o estado no que tange a produtividade leiteira da região (Cruz, 2018). O setor agropecuário tem sido uma importante fonte de renda e crescimento econômico para o Brasil, especialmente com o aumento da demanda por alimentos no mundo e a necessidade de ampliar a fronteira agrícola do país. O aumento da demanda de crédito pecuário para investimento, especialmente na região de fronteira agrícola do país, demonstra o potencial de crescimento e investimento no setor. Além disso, o crescimento significativo dos clusters de alto-alto em regiões como o Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul também indicam o potencial de desenvolvimento da bovinocultura e da produtividade leiteira na região.

Ao considerar o crescimento da produção bovina no Brasil, impulsionado pelo financiamento disponível para a atividade, é crucial levar em conta outros fatores que influenciam este processo. Entre estes, destacam-se a disponibilidade de mão de obra, a infraestrutura existente e a tecnologia disponível. Também é imprescindível avaliar as repercussões ambientais e sociais dessa expansão, tais como o impacto na qualidade do solo e na qualidade de vida das comunidades locais.

Assim, a ascensão da produção bovina deve ser entendida em um contexto mais amplo, não se restringindo a uma visão isolada. Fatores como o preço de venda dos animais, as condições climáticas, a disponibilidade de matéria-prima, e mesmo riscos como doenças animais e mudanças nas políticas governamentais, são influenciadores significativos na demanda por crédito pecuário de custeio.

Por isso, é essencial que as políticas públicas abordem a produção bovina de maneira ampla e integrada, garantindo a sustentabilidade e o desenvolvimento da atividade a longo prazo. No entanto, o setor agropecuário brasileiro enfrenta desafios, como a volatilidade dos preços dos alimentos e insumos, a falta de infraestrutura e logística adequadas, o acesso limitado ao financiamento e a crescente demanda por práticas mais sustentáveis. Além disso, a expansão da fronteira agrícola levanta preocupações quanto ao impacto ambiental e à preservação das terras cultiváveis.

Apesar desses obstáculos, o aumento na demanda de crédito pecuário e o crescimento dos clusters alto-alto na região de fronteira agrícola são indicadores positivos para o setor agropecuário e para a economia brasileira. Para assegurar o sucesso a longo prazo do setor, é vital manter o apoio e o investimento em infraestrutura, tecnologia e práticas sustentáveis.

2.5. Conclusão

Portanto, para atingir os objetivos propostos, foi necessário estudar a dinâmica espaço-temporal da demanda por finalidade na pecuária bovina nos municípios brasileiros para localizar padrões de associação espacial, utilizando dados espaciais exploratórios para encontrar importantes ferramentas de análise de agrupamento espacial entre as microrregiões brasileiras (AEDE), análise de cluster bivariada.

Os resultados obtidos na análise exploratória inicial, indicaram um aumento da proporção do crédito rural agrícola destinado à atividade pecuária, partindo de 22% em 1993 e chegando em 33% do montante em 2018. Observou-se também que a proporção da demanda de crédito pecuário, específica para bovinocultura, no mesmo período foi de 52% para 89%, evidenciando o crescimento da representatividade da produção bovina na cadeia pecuária e que essa variável à medida que o tempo passa a representar cada vez melhor o crédito para bovinocultura.

No que tange a finalidade da demanda de crédito da pecuária bovina, observou-se que o custeio representa cerca de 54%, o investimento 41% e a comercialização 5%, da proporção demanda de crédito pecuário no ano de 2020, evidenciando um processo dinâmico da produção pecuária brasileira.

Verificou-se uma tendência de crescimento na produção de bovinos em termos absolutos e relativos, além de uma transição geográfica dos principais polos de produção do Centro-Oeste para a fronteira agrícola. Também se observou uma ampliação na demanda por crédito, tanto de custeio quanto de investimento, o que corrobora a expansão da atividade e sinaliza o desafio de superar obstáculos para a eficiente comercialização dos produtos pecuários.

A análise espacial evidenciou uma crescente autocorrelação espacial na produção de bovinos e na demanda de crédito, sugerindo uma convergência regional nessas variáveis ao longo do tempo. O teste LISA revelou uma mudança notável na dinâmica espacial da produção bovina, com o aumento de aglomerações de alta e baixa produção e o deslocamento do centro produtivo. Em relação as demandas de crédito rural para a finalidade de custeio e investimento, no período de 1993 a 2018, houve de fato uma expansão de ambos clusters para a região da fronteira agrícola do país, e ainda evidenciando que os clusters da análise bivariada da produção bovina e de investimento, estão ainda mais adentro da fronteira agrícola da Amazônia Legal e fortemente localizados na região do MATOPIBA. Pode-se verificar ainda que, há outro cluster AA localizado no estado do Rio Grande do Sul, o qual surgiu em meados de 1998 para custeio e 2008 para o cluster de investimento.

As teorias de conglomerado produtivos fazem sentido para a produção da bovinocultura, e levanta-se a preocupação referente às questões ambientais do deslocamento dos cluster AA de investimento em direção a floresta amazônica. Assim, é fundamental identificar se os investimentos nessa região são pautados na expansão de novas áreas de pasto ou se são para intensificação da produção via confinamento bovino, tornando-se oportunidades de estudos nesse tema.

Os resultados encontrados no estudo podem subsidiar órgãos públicos e privados na análise da situação econômica da bovinocultura, bem como cenários de exploração para o agronegócio no Brasil. Também poderia abrir uma fronteira de pesquisa sobre o papel das políticas de crédito rural nas mudanças recentes no uso do espaço agrícola brasileiro, em particular no elevado crescimento da utilização intensiva do crédito de custeio e investimento na bovinocultura.

Referências

- ALMEIDA, E. *Econometria espacial aplicada*. Campinas: Alinea, 2012. 498 p.
- ARROW, Kenneth. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors*. Princeton University Press, 1962. p. 609-626.
- ARROW, Kenneth. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors*. Princeton University Press, 1962. p. 609-626.
- BEARD, Charles A.; BARROW, Clyde W. *The economic basis of politics*. Routledge, 2017.

- CAMPOS, Samuel Alex Coelho; PEREIRA, Matheus Wemerson Gomes; TEIXEIRA, Erly Cardoso. Trajetória de modernização da agropecuária mineira no período de 1996 a 2006. *Economia Aplicada*, v. 18, p. 717-739, 2014.
- CARRARA, Anieli Fagundes; CARVALHO, Leandro Vinícios; SBARAI, Nathalia. O impacto do Pronaf para investimento e custeio na demanda agregada da economia. *Revista de Política Agrícola*, v. 29, n. 2, p. 35, 2020.
- CARRARA, Anieli Fagundes; CARVALHO, Leandro Vinícios; SBARAI, Nathalia. O impacto do Pronaf para investimento e custeio na demanda agregada da economia. *Revista de Política Agrícola*, v. 29, n. 2, p. 35, 2020.
- CARVALHO, T. B. Estudo da elasticidade-renda da demanda de carne bovina, suína e de frango no Brasil. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2007.
- Carvalho, t. B.; zen, s.. Cadeia de pecuária de corte: perspectivas de produção e consumo no brasil. In sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural - sober. Campo grande-ms, 2010.
- CARVALHO, T. B.; ZEN, Sérgio. A cadeia de pecuária de corte no Brasil: evolução e tendências. *Revista iPecege*, v. 3, n. 1, p. 85-99, 2017.
- CASTRO, Eduardo Rodrigues de; TEIXEIRA, Erly Cardoso. Crédito rural e oferta agrícola. *Revista de Política Agrícola*, v. 19, n. 1, p. 9-16, 2010.
- CEZAR, I. M.; QUEIROZ, H. P.; THIAGO, L. R. L. S. Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2005.
- CEZAR, Ivo Martins et al. Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2005., 2005.
- Cezar, ivo martins et al. Sistemas de produção de gado de corte no brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate. Embrapa gado de corte, 2005.
- COSTA JUNIOR, Celso José. Impacto das variações no crédito rural e no investimento em pesquisa agrícola na produtividade da agricultura brasileira contemporânea. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 56, p. 551-564, 2018.
- CRUZ, Alice Aloísia da. Evolução da produtividade da pecuária bovina leiteira em alguns Estados brasileiros: distribuição espacial e análise de convergência para o período de 1974 a 2016. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- DA SILVA NETO, Manoel Faustino et al. Análise do perfil agrícola do perímetro irrigado de São Gonçalo-PB. *Applied Research & Agrotechnology*, v. 5, n. 2, p. 155-172, 2012.
- Da Silva Neto, Waldemiro Alcântara et al. Evolução do financiamento rural para a pecuária e sua relação com a dinâmica regional dessa atividade no Brasil. Curso de Ciencias Economicas da Universidade Federal de Goias-FACE, 2011.
- DAL MOLIN, Suelen. A aplicação do método de custeio variável na produção de leite de pequenos produtores da comunidade de Santa Bárbara–Morro Grande, Estado de Santa Catarina. 2016.
- DE SOUSA, Silvío Braz et al. CRÉDITO RURAL E ATIVIDADE PECUÁRIA BOVINA (2013–2016): DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, FINALIDADES E DESTINAÇÕES. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, v. 50, p. 183-205, 2021.
- DE MOURA COSTA, Davi Rogerio et al. Cooperativas na política agrícola de crédito rural. *Revista de Política Agrícola*, v. 28, n. 3, p. 81, 2019.
- DIAS FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. *Revista brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. Suplemento Especial, p. 243-252, 2011.

- DOS SANTOS, Robério Ferreira. O crédito rural na modernização da agricultura brasileira. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 26, n. 4, p. 393-404, 2019.
- DUTRA, Sandro et al. No Oeste, a terra e o céu: a expansão da fronteira agrícola no Brasil Central. *Mauad X*, 2018.
- EARNSSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 113-123, 2005.
- EMBRAPA, 2016. Sistemas de produção de gado de corte no brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate. Disponível em <http://old.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc_pdf/doc151.pdf>. Acesso em 17 out de 2021.
- EMBRAPA, 2017. Evolução e qualidade da pecuária. Disponível <<https://www.embrapa.br/documents/10180/21470602/evolucaoqualidadepecuaria.pdf/64e8985a-5c7c-b83e-ba2d-168ffaa762ad>>. Acesso em 17 out de 2021.
- FERRAZ, Claudio. Explaining agriculture expansion and deforestation: evidence from the Brazilian Amazon-1980/98. 2001.
- FILHO, R. A. M. Sistemas de terminação em confinamento: perspectivas para dinamização da cadeia produtiva da carne bovina em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Economia*, v. 55, n. 1, 2001.
- Freitas Junior, Adirson Maciel; Batista de Barros, Pedro Henrique. O Avanço da Pecuária Bovina na Amazônia Legal: Uma Análise Espacial com Dados em Painel. *Nova Economia* (2020).
- GASQUES, José Garcia et al. Crescimento e produtividade da agricultura brasileira: uma análise do Censo Agropecuário. VIEIRA FILHO, JE; GASQUES, JG Uma jornada pelos contrastes do Brasil: Cem anos do Censo Agropecuário. Brasília, DF: Ipea, p. 107, 2020.
- GOLLNOW, Florian. Land use change and land use displacement dynamics in Mato Grosso and Pará, Brazilian Amazon. 2018.
- GONÇALVES, E. A distribuição espacial da atividade inovadora brasileira: uma análise exploratória. *Estudos Econômicos*, v. 37, n. 2, p. 405-433, 2007.
- GUEDES FILHO, E. M. Financiamento na agricultura brasileira. Workshop Instrumentos Públicos e Privados de Financiamento e de Gerenciamento de Risco, Piracicaba, 1999
- Hoffmann, r. Estatística para economistas. Ed. Pioneira: são paulo, 1991.
- Hoffmann, Rodolfo; Kageyama, Angela A. Crédito rural no Brasil: concentração regional e por cultura. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 25, n. 1, p. 31-50, 2019.
- KAMALI, F. P.; LINDEN, A. V. D.; MEUWISSEN, M. C. Environmental and economic performance of beef farming systems with different feeding strategies in southern Brazil. *Agricultural Systems*, v. 146, p. 70-79, 2016.
- KAMALI, F. P.; LINDEN, A. V. D.; MEUWISSEN, M. C. Environmental and economic performance of beef farming systems with different feeding strategies in southern Brazil. *Agricultural Systems*, v. 146, p. 70-79, 2016.
- Luchiarí filho, albino et al. Produção de carne bovina no brasil qualidade, quantidade ou ambas. *Simpósio sobre desafios e novas tecnologias na bovinocultura de corte-simboi*, v. 2, 2006.
- MACEDO, Luís Otávio Bau. Modernização da pecuária de corte bovina no Brasil e a importância do crédito rural. *Agroanalysis*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 6, p. 35-36, 2005.
- Manual do Crédito Rural, BACEN (2022) disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/mcr>
https://www.banestes.com.br/pessoa_fisica/credito/credito_custeio_pecuario.html
- MAPA. Ministério da agricultura pecuaria e abastecimento. Mercado interno de carne. Disponível em<<http://www.agricultura.gov.br/animal/mercado-interno>> acesso em 04 de novembro de 2017.

- MARGULIS, Harry L. Household mobility, housing traits, public goods, and school quality in Cleveland's metropolitan statistical area. *Urban Affairs Review*, v. 36, n. 5, p. 646-677, 2001.
- MCMANUS, C.; BARCELLOS, J. O. J.; FORMENTON, B. K.; HERMUCHE, P. M. Dynamics of cattle production in Brazil. *PloS one*, v. 11, n. 1, 2016.
- MEDEIROS, Leonardo de Lima. Crédito rural em Goiás e no Distrito Federal: análise dos projetos de financiamento agropecuário. 2021.
- MELLO, C. R. de. O impacto do crédito rural sobre a produtividade: uma análise para os municípios brasileiros. 2016. Dissertação (Mestrado em Economia), Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia, PUCRS, Porto Alegre, 2016.
- MORAIS, Carlos. Escalas de medida, estatística descritiva e inferência estatística. 2005.
- PEROBELLI, F. S.; FARIA, W. R.; FERREIRA, P. G. C. Análise da convergência espacial do PIB per capita no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 1, n. 1, p. 85-113, 2009.
- RASK, Norman; MEYER, Richard L.; PÉRES, Fernando C. Crédito agrícola e subsídios à produção como instrumentos para o desenvolvimento da agricultura brasileira. *Revista Brasileira de Economia*, v. 28, n. 1, p. 151-172, 1974.
- REZENDE, G.C. A política agrícola e a redução do subsídio do crédito rural. Rio de Janeiro: IPEA, 1985.
- RIBEIRO, Roberto Rivelino Martins et al. Custo de Produção em Pecuária de Corte com Aplicação do Custeio Variável. 2016.
- RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. *Nova Economia*, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 41-66, 2009.
- SANTOS, Bethânia Cristine Silva dos et al. Perfil das aplicações de crédito rural no Estado de Roraima no período de 1990-2017. 2019.
- SANTOS, Ricardo Bruno Nascimento dos; BRAGA, Marcelo José. Impactos do crédito rural na produtividade da terra e do trabalho nas regiões brasileiras. *Economia Aplicada*, v. 17, p. 299-324, 2013.
- SAYAD, J. Crédito rural no Brasil. São Paulo: FIPE/Pioneira, 1984.
- SILVA, Claiton Márcio da. Entre Fênix e Ceres: A grande aceleração e a fronteira agrícola no Cerrado. *Varia Historia*, v. 34, p. 409-444, 2018.
- SILVA, J. C.; SOUZA, E. C.; MARTINS, H. E. P. Produção agropecuária em municípios de Minas Gerais (1996-2006): padrões de distribuição, especialização e associação espacial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 50, n. 2, p. 333-349, 2012.
- SNA, 2023. Produção de carne bovina brasileira deve subir a 11.2 milhões de toneladas até 2025. Acesso: sna.agr.br/producao-de-carne-bovina-brasileira-deve-subir-a-11-2-milhoes-de-toneladas-ate-2025/
- TEIXEIRA, C.; HESPANHOL, A. N. A região Centro-Oeste no contexto das mudanças agrícolas ocorridas no período após 1960. *Revista da Associação de Geógrafos Brasileiros*, p. 52, 2006.
- TARAPANOFF, Kira Maria Antonia. Monitoramento do agronegócio brasileiro sustentável em relação ao mercado global. *Ciência da Informação*, v. 45, n. 3, 2016.
- ORBOLATO, Cintia Cristina. Efeito do financiamento rural sobre a viabilidade econômico-financeira em projetos de bovinos de corte em sistema de cria. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- VIANA, João Garibaldi Almeida et al. Evolução do crédito rural no Rio Grande do Sul: análise por atividade e finalidade dos recursos de 2006 a 2018. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 14, n. 2, p. 291-303, 2021.

VIANNA, Luiz Fernando. GEOGRAPHICAL INDICATIONS IN BRAZIL: A POST IG ANALISYS. Revista INGI-Indicação Geográfica e Inovação, v. 5, n. 2, p. 1259-1273, 2021.

Anexos

Anexo A

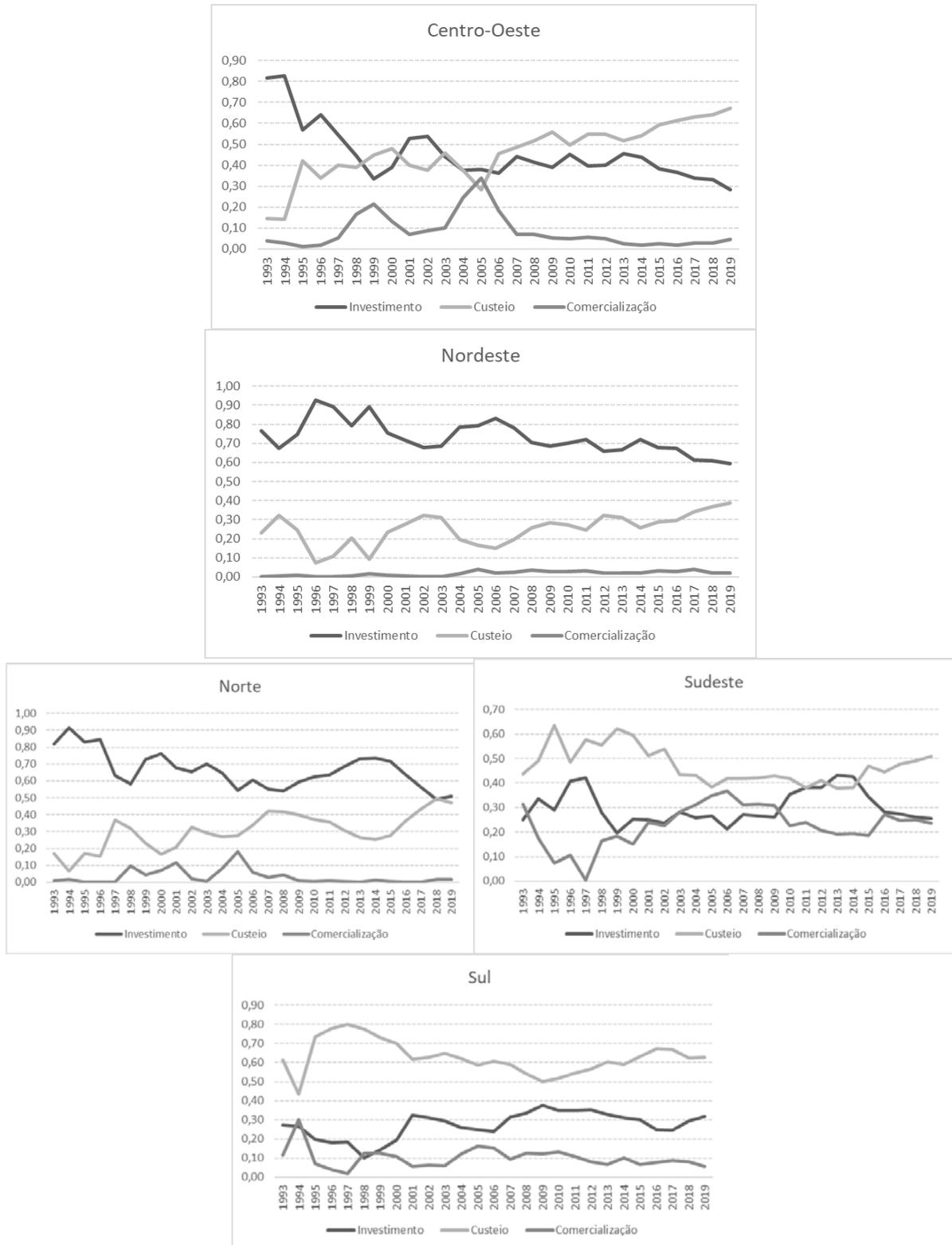
Quadro 1: Itens de crédito pecuários financiados e escolha *a doc.*

Objeto de Contrato	Escolha	Objeto de Contrato	Escolha
Apicultura	Não Bovino	Manutenção do Produtor e sua família	Não Conclusivo
Avicultura - Engorda para Abate	Não Bovino	Outras Aplicações de Custeio	Não Conclusivo
Avicultura - Produção de Crias	Não Bovino	Pastagens - (Bovinos-Carne)	Bovino
Avicultura - Produção de Ovos	Não Bovino	Pastagens - (Bovinos-Leite)	Bovino
Bovinos - Produção de Carne – Criação	Bovino	Bovinos - Produção de Carne - Aquisição em Exposi	Bovino
Bovinos - Produção de Leite – Criação	Bovino	Bovinos - Produção de Carne - Aquisição para Engor	Bovino
Búfalos (Bubalinos) - Criação e Engorda	Não Bovino	Bovinos - Produção de Carne - Bezerros (Bezerros p	Bovino
Caprinos – Criação	Não Bovino	Bovinos - Produção de Carne - Matrizes (Vacas e Cri	Bovino
Carcinicultura	Não Bovino	Bovinos - Produção de Carne - Reprodutores (Touro	Bovino
Cunicultura	Não Bovino	Bovinos - Produção de Leite (Aquisição ou Importaç	Bovino
Equínos – Criação	Não Bovino	Bovinos - Produção de Leite - Aquisição em Exposi	Bovino
Outros Animais	Não Bovino	Bovinos - Produção de Leite - Aquisição em Exposit	Bovino
Ovinos – Criação	Não Bovino	Bovinos - Produção de Leite - Reprodutores (Touros	Bovino
Pecuária Bovina Mista (Produção de Carne e Leite)	Bovino	Suínos	Não Bovino
Pescado-Captura(Aquis. de cordas,redes, anzóis,bói	Não Bovino	Crédito Rotativo	Não Conclusivo
Piscicultura-Criação(Aquisição de Matrizes e alevino	Não Bovino	Aviação Agrícola	Não Conclusivo
Ranicultura	Não Bovino	Bovinos -Produção de Carne - Aquisição para Estoc	Bovino
Sericicultura	Não Bovino	Bovinos-Produção de Leite-Matrizes (Vacas e Crias	Bovino
Suínos – Criação	Não Bovino	Búfalos (Bubalinos)	Não Bovino
Carne Bovina	Bovino	Caprinos	Não Bovino
Laticínios	Bovino	Carcinicultura	Não Bovino
Mel	Não Bovino	Equínos	Não Bovino
Outros Produtos N.E.	Não Conclusivo	Muares/Asininos	Não Bovino
Pescados-Conservação, Beneficiamento ou Industria	Não Bovino	Outros Animais (Aquisição ou Importação de Reprod	Não Conclusivo
Sacaria e/ou Material de Acondicionamento	Não Conclusivo	Outros Animais Não Especificados	Não Conclusivo
Carcinicultura (Bens de Capital Fixo e Semifixo neces	Não Bovino	Ovinos	Não Bovino
Correção Intensiva do Solo	Bovino	Ovinos (Aquisição ou Importação de Reprodutores d	Não Bovino
Depósito, Galpão, Paiol, Tulha, Estufa e Instalações	Não Conclusivo	Piscicultura (Aquisição ou Importação de Matrizes e	Não Bovino
Desbravamento de Glebas Rurais (Abrange a Abertu	Não Conclusivo	Sericicultura	Não Bovino
Eletificação Rural (Abrange a instalação de força e l	Não Conclusivo	Suínos	Não Bovino
Escolas Rurais (Abrange a compra de Equipamento	Não Conclusivo	Suínos (Aquisição ou Importação de Reprodutores d	Não Bovino
Granjas Avícolas (Abrange a compra	Não Bovino	Agroindústrias Caseiras	Não Conclusivo

Objeto de Contrato	Escolha	Objeto de Contrato	Escolha
de Equipament		Vinculadas à Atividade Pecu	
Instalações para Industrialização e Beneficiamento (Não Conclusivo	Armazém (Construção ou Reforma, Abrangendo a c	Não Conclusivo
Irrigação (Construção ou Reforma de Açudes, abertu	Não Conclusivo	Outros Sistemas de Captação, Retenção e Aproveita	Não Conclusivo
Outros Melhoramentos Não Especificados (cercas,	Não Conclusivo	Pastagens (FormaçãO ou Restauração de Pastagen	Bovino
Máquinas e Implementos de Cultivação do solo (Enx	Não Conclusivo	Piscicultura (compreendem os bens de Capital Fixo	Não Conclusivo
Máquinas e Implementos de Preparação do solo (Ar	Não Conclusivo	Proteção do solo(obras de recuperação e Proteção d	Não Conclusivo
Máquinas e Implementos para Colheita (Ancinhos M	Não Conclusivo	Ranicultura	Não Bovino
Máquinas e Implementos para empacotar e embalar	Não Conclusivo	Residências Rurais (Construção ou Reforma)	Não Conclusivo
Máquinas, Aparelhos e Instrumentos para Exploraçõ	Não Conclusivo	Silo (Construção ou Reforma, Abrangendo a compra	Bovino
Patrulha Mecanizada - Colheitadeiras Importadas	Não Conclusivo	Sirgarias (Abrange a compra de equipamento adequ	Não Bovino
Patrulha Mecanizada - Colheitadeiras Nacionais	Não Conclusivo	Suinocultura (Abrange a compra de equipamento ne	Não Bovino
Patrulha Mecanizada - Outras Máquinas Importadas	Não Conclusivo	Turismo e Lazer Rural Vinculados a Atividade Pecuá	Não Conclusivo
Patrulha Mecanizada - Outras Máquinas Nacionais	Não Conclusivo	Colheitadeiras Automotrizes Importadas	Não Conclusivo
Patrulha Mecanizada -Tratores Importados	Não Conclusivo	Colheitadeiras Automotrizes Nacionais	Não Conclusivo
Patrulha Mecanizada -Tratores Nacionais	Não Conclusivo	Cultivadores Motorizados (Micro-Tratores)	Não Conclusivo
Reformas de Máquinas, Aparelhos, Equipamentos	Não Conclusivo	Máquinas e Implementos de adaptação do solo (des	Não Conclusivo
Tratores Importados	Não Conclusivo	Máquinas e Implementos de Correção do solo e com	Não Conclusivo
Tratores Nacionais	Não Conclusivo	Avicultura-Carne	Não Bovino
Caminhões	Não Conclusivo	Bovinos-Carne	Bovino
Camionetas	Não Conclusivo	Bovinos-Leite	Bovino
Carretas-Carroças	Não Conclusivo	Búfalos (Bubalinos)	Não Bovino
Embarcações (Pequenas Embarcações)	Não Conclusivo	Outros Animais	Não Bovino
Outros Veículos Não Especificados	Não Conclusivo	Produtos Lácteos	Bovino
Utilitários (Jipes e Semelhantes)	Não Conclusivo	Suínos	Não Bovino
Bovinos	Não Conclusivo	Leite e Derivados	Bovino
Eqüinos	Não Conclusivo	Sêda (Código desativado)	Não Conclusivo
Muares/Asininos	Não Conclusivo	Aves-Carne	Não Bovino
Outros Animais de Serviço	Não Conclusivo	Bovinos-Carne	Bovino
Outras Aplicações de Investimento	Não Conclusivo	Bovinos-Leite	Bovino
Leite in Natura	Bovino	Laticínios	Bovino
Outros Produtos	Não Conclusivo	Suínos	Não Bovino

Anexo B

Tabela 2 - Análise proporcional das demandas de crédito pecuário por finalidade nas 5 regiões do Brasil.



3. UMA ANÁLISE REGIONAL DA PRODUTIVIDADE DA SOJA NO BRASIL

Resumo

Ao longo das últimas três décadas, a sojicultura brasileira passou por um processo de modernização intensa, impulsionada por avanços tecnológicos na produção e na organização da cadeia. Este estudo analisou a dinâmica espaço-temporal da produtividade da soja no Brasil de 1998 a 2018, focando nos efeitos da exportação de grãos e na identificação de padrões de associação e clusters espaciais. Devido a presença de efeito espacial utilizou-se as técnicas de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) e à Econometria Espacial, observou-se que microrregiões de alta produtividade estão, em geral, circundadas por outras com igual produtividade, com maior concentração no Sul e Centro-Oeste do país. Paralelamente, identificando um processo de intensificação e expansão da cultura da soja, ligado ao avanço da fronteira agrícola brasileira. A análise pelo Modelo Durbin Espacial revelou que microrregiões de alta produtividade apresentam taxas de crescimento mais robustas, enquanto a produtividade da soja em períodos anteriores influencia negativamente a produtividade atual. Foi constatado que a produção conjunta de cana-de-açúcar e soja pode potencializar a produtividade da soja, enquanto o aumento da área de milho exerce uma influência negativa. Destaca-se ainda o impacto positivo do crédito rural pecuário na produtividade da soja, o que ressalta a importância do financiamento para o setor. Por fim, constatou-se um lento processo de convergência da produtividade, sugerindo que as microrregiões de menor produtividade estão progressivamente se aproximando das de maior produtividade, estimando-se um tempo de aproximadamente 29,6 anos para que a diferença de produtividade entre as microrregiões seja reduzida pela metade. Assim, a pesquisa conclui destacando a necessidade de futuros estudos voltados para as externalidades negativas advindas do avanço da fronteira agrícola, especialmente na Amazônia Legal e MATOPIBA, em resposta à expansão da cultura da soja nessas regiões.

Palavras-chave: 1. Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) 2. Convergência Espacial 3. Econometria Espacial 4. Produção de Soja 5. Agropecuária

3.1. Introdução

As atividades relativas à produção de soja no Brasil possuem grande relevância, dado que o país em 2018 obteve a maior área plantada no mundo, sendo o segundo maior produtor e o maior exportador mundial de grãos de soja (CONAB, 2019). Observa-se ainda o complexo da soja como a principal oleaginosa exportada pelo Brasil (Bizari, 2018).

Nas últimas três décadas, a sojicultura teve uma modernização no país sustentada pelos avanços no nível tecnológico dos sistemas de produção e na organização da cadeia, impactando diretamente na qualidade do grão e na produtividade da cultura. Os estudos de Vidigal et al (2018), Seffrin (2018) e Dos Santos Lopes et al. (2019), evidenciam empiricamente os efeitos microeconômicos dos agregados produtivos no que tange a produtividade da soja para os estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Pará. Segundo Mireya (2018) e Araújo (2018), esse rápido crescimento e modernização ocorreu a nível Brasil e Centro-Oeste, na qual a dinâmica para a região do MATOPIBA foi analisada de forma espaço-temporal. Já para as regiões Sul e Centro-Oeste, os trabalhos evidenciam a convergência da produtividade da soja (De Castro e Almeida, 2015).

Especialmente a partir do início do século XX, observa-se uma elevação de produção impulsionado diretamente pelo aumento do consumo por países como China, acrescida por políticas cambiais favoráveis (Souza et al., 2007). Ademais, no que tange o cenário internacional, o Brasil é um dos principais atores na produção e comércio de soja em grão, reflexo de um estruturado processo de desenvolvimento que elevou não só a produtividade como também a qualidade do produto brasileiro e, conseqüentemente sua competitividade e abrangência de mercado (Gazzoni, 2018).

Sob o prisma da comercialização brasileira do grão de soja, em 2008 os números revelam que o consumo interno foi de 49,9% da produção⁶ e o mercado externo absorveu 41,1%. Já em 2018 cerca de 68,8%, foi destinada para o mercado externo e apenas 31,2% destinou-se para o mercado interno (COMEX STAT, 2019; IBGE, 2019), evidenciando assim, uma mudança na lógica do destino da produção do grão de soja.

Nesse contexto, o presente artigo busca investigar a dinâmica da produtividade da terra para produção do grão de soja nas 558 microrregiões brasileiras, assim como os determinantes desse crescimento, no período de 1998 a 2018. Com especial ênfase nas regiões exportadoras do grão de soja, verificando se a produtividade de soja apresentou taxas de crescimento superiores nas regiões que apresentam elevadas taxas de produção e exportação. Especificamente, busca-se identificar a importância da escala de produção e da demanda externa, e seus efeitos na produtividade da soja nas microrregiões.

De modo geral, regiões com elevada produção e exportação de soja podem apresentar (des)economias de escala e externalidades positivas (negativas) importantes que incentivam sua concentração (desconcentração) espacial (Igliori, 2006). Nesse contexto, espera-se que o desenvolvimento e a distribuição espacial da produção e da produtividade da soja seja heterogênea em âmbito nacional, uma vez que, além dos fatores econômicos mencionados, também depende de técnicas de produção, condições climáticas e da qualidade do solo (Manosso, 2010; Pires, 2020). Este trabalho ainda busca isolar por meio de técnicas de dummy temporal os efeitos de choques exógenos advindos por exemplo de crise ou recuperação de crises econômicas.

Por outro lado, o fato de diferentes regiões cultivarem essa cultura resulta na possibilidade de interdependência, como a transferência de determinadas ações que afetam os estados/municípios, isso leva à competição espacial, quando se considera a expansão da fronteira agrícola, ou a associação de cidades para formar cinturões agrícolas.

A introdução é seguida por quatro seções adicionais. A segunda é a discussão do contexto de expansão e distribuição da soja no Brasil e os benefícios de escala, externalidades e a importância do complexo agroindustrial para o processo. A terceira seção é o modelo analítico, bem como a fonte e a natureza dos dados. A quarta seção discute os resultados e, por fim, a quinta seção conclui com algumas observações sobre o assunto.

3.2. A soja no contexto da expansão e distribuição regional no Brasil

Segundo Bizari (2018), a soja é composta por 40% de proteínas, 20% de lipídios e 27% de carboidratos, podendo ser utilizada tanto na alimentação humana quanto animal, além de ser destinada para processamentos na indústria e agroindústria como matéria prima para diversos produtos. O produto soja é inicialmente comercializado de três formas: o grão, o óleo e a semente. No que se refere ao grão, diversos subprodutos podem ser obtidos, tais como: farinha, farelo, proteína texturizada, na formulação de alimentos como biscoitos, pães, chocolates, entre outros, além da produção a partir do farelo para alimentação animal (aves, bovino, suíno, peixe e entre outros).

Além disso, também é possível obter óleo cru a partir da soja, essencial para a produção do óleo de soja refinado e da lecitina de soja. Por fim, uma parcela da produção é destinada especificamente para produção de sementes a serem utilizadas em safras posteriores (Krzyzanowski; França-neto; Henning, 2018). Vale destacar que a

⁶ 59.833.105 e 117.887.672 toneladas de soja em grão produzidas no Brasil em 2008 e 2018 respectivamente (SIDRA IBGE, 2019). 24.499.448 e 81.218.505 toneladas de soja em grãos exportadas pelo Brasil em 2008 e 2018 respectivamente (COMEX STAT, 2019).

soja tem um papel importante na Indústria química, estando presente em cosméticos, medicamentos, adesivos, adubos, espumas, fabricação de fibra, revestimentos, emulsão para tintas, dentre outros. Por fim, o farelo de soja também é uma fonte de proteína superior para a nutrição animal quando comparada aos demais farelos como de milho e trigo por exemplo, o que explica a crescente demanda por farelo de soja destinado a suplementação e nutrição animal. Apesar disso, a depender dos preços relativos, outros farelos originados de produtos agrícolas podem se tornar mais vantajosos se tornando substitutos para a soja (Carrão-Panizzi, 2011; Vásquez Ucañay, 2022).

No que concerne a produção mundial, a safra de 2018/2019 tem o Estados Unidos como maior produtor mundial, com 34% da produção acompanhado pelo Brasil com cerca de 31,5%. Em termos de área plantada, o Brasil é o líder com 35.882 milhões de hectare contra os 35.657 milhões norte americano, implicando assim em uma produtividade superior, em média um hectare de soja brasileiro produz aproximadamente 92%, do que se produz em um hectare norte americano (Pontinelli, 2021). O início do plantio da cultura da soja no Brasil ocorreu na região Sul, a cultura é explorada a cerca de 138 anos e atualmente é plantada em todas as regiões do país (Freitas, 2011).

Segundo os autores Burnquist (1994) e Barbosa et al (2001), nos anos 70 a cultura da soja no Brasil foi favorecida por um fator peculiar vindo do âmbito internacional, e a quebra da safra mundial em 1972/1973 contribuiu para que os países utilizadores dos sistemas de confinamento para seus rebanhos buscassem alternativas de alimentação, e nesse momento a intercalação da safra entre os hemisférios rendeu a países, como o Brasil, a possibilidade de expandir suas lavouras de soja.

Para os autores Nogueira Junior e Negri Neto (1984), alguns fatores podem auxiliar na explicação da expansão da sojicultura que no período de 1966-75 que apresentou 40% crescimento de área plantada no período. Na década de 80 a soja através de do desenvolvimento tecnológico atinge timidamente a região central do País, o seu plantio foi desenvolvido inicialmente nos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul. Ademais, os autores Barbosa e Assumpção (2001) e Freitas (2011) ainda indicam que a soja teve papel relevante como indutora do povoamento e desenvolvimento dessa região.

Com relação aos estados produtores, a competição pela liderança entre os estados do Paraná e Rio Grande do Sul foi desbancada pela queda de produção gaúcha somada a grande evolução da produção pelo estado do Mato Grosso que ainda seria superado pela região Sul durante a década de 1990. Entretanto, no início dos anos 2000 o estado do Mato Grosso desponta como líder, já na primeira safra do novo século obteve cerca de ¼ da produção nacional. Nesse momento, observa-se uma consolidação da produção de soja na região Centro-Oeste do país ao passo que ao somar as parcelas de produção dos estados de Mato Grosso do Sul e de Goiás, a região é responsável por 44% de 37,22 milhões de toneladas de soja produzidas no Brasil.

De acordo com os autores Sanches, Michellon e Roessing (2005), dentre o período de 1970 a 1997 a soja obteve em expressivo crescimento na taxa de crescimento da produção de 370%, sendo a única oleaginosa de 1988 a 1997, que apresentou um ritmo positivo de crescimento.

Outros produtos agrícolas, como a soja, contêm óleo e farelo. Dependendo da finalidade para a qual são utilizados, esses produtos são substitutos mais ou menos. O aumento dos preços internacionais do óleo de soja em março de 1997, após o fracasso de uma colheita de óleo de palma na Malásia, demonstrou que os óleos vegetais são semelhantes em composição e têm um mercado altamente interdependente.

Isso pode ser explicado pelas vantagens da soja em relação aos seus subprodutos. Isso inclui as razões D) a soja é uma semente oleaginosa mais “protéica” do que outras sementes; também é uma fonte melhor de proteína para animais do que outros farelos. No auge da demanda por proteínas animais, as pessoas começaram a usar a soja. À medida que a renda aumenta, o consumo de óleo de canola aumenta, isso porque os consumidores de maior renda

tendem a substituir o óleo de soja pelo óleo de canola. Além disso, os consumidores de alta renda experimentam mudanças menores nas tendências de idade e renda. Além disso, o crescimento do consumo de óleo de canola se deve aos efeitos de classe e demográficos.

Sob aspecto do uso de alta tecnologia na produção de soja, o estudo dos autores, evidencia o fato de para se obter êxito na produção ao empregar uma qualidade superior de semente no plantio, diversos outros fatores devem ser considerados como: a adoção de técnicas especiais por mão de obra qualificada é um fator preponderante.

Dessa forma, Perobelli et al. (2007) procuraram mapear a distribuição espacial da produtividade agrícola no Brasil no período de 1990 a 2003. O estudo contou com as 558 microrregiões do país e teve como resultado o principal que a produtividade agrícola está concentrada espacialmente em dois grandes aglomerados: um em São Paulo e em partes do Centro-Oeste, enquanto o outro está localizado na costa Nordeste. Por outro lado, Souza e Perobelli (2008), investigaram a distribuição espacial da cultura da soja para as mesmas microrregiões no Brasil e descobriram que essa variável também é auto correlacionada espacialmente. Considerando uma abordagem econométrica espacial, podemos destacar Rey e Montouri (1999), que estimaram um modelo de convergência de renda para os estados americanos no período de 1929 a 1994, usando a especificação de Baumol (1986). A inovação dos autores reflete seu esforço para considerar os aspectos espaciais em sua análise usando métodos econométricos espaciais, encontrando evidências de autocorrelação espacial entre estados americanos e argumentando que o não tratamento desses efeitos na modelagem econométrica pode levar a uma especificação deficiente e conseqüentes vieses e inconsistências nos parâmetros (Rey e Montouri, 1999).

Para o Brasil, temos alguns trabalhos que estimaram um modelo de convergência usando econometria espacial. Por exemplo, Lopes (2004) analisou a produtividade agrícola média no Brasil e confirmou a hipótese de convergência espacial para algumas culturas, como café, cana, tabaco, mandioca, laranja, soja, feijão, batata e algodão. Além disso, o autor identifica que as difusões tecnológicas são importantes para explicar a convergência entre a produtividade da terra. Almeida et al. (2008), por sua vez, tentaram identificar uma convergência absoluta para a produtividade agrícola no Brasil entre 1991 e 2003. O autor dividiu em três períodos de análise (1991-1994, 1995-1999 e 2000-2003) e obteve uma convergência para o período 1991-1994, entretanto não obteve para 1995-1999 e 2000-2003. De qualquer forma, o período 1991-1994 foi decisivo para reduzir as desigualdades existentes na produtividade agrícola entre as regiões brasileiras. Buscando analisar a evolução da produtividade agrícola nas microrregiões do sul do Brasil, Raiher et al. (2016) investigaram a convergência absoluta e condicional no período 1995/96 a 2006.

Os autores encontraram dependência espacial nos dados e usaram modelos espaço-econômicos para estimar os modelos de convergência. Raiher et al., (2016), constataram que a produtividade agrícola nos estados do Sul do Brasil (PR, SC e RS) apresentaram convergência absoluta e condicional. Já Teixeira e Bertella (2015), analisaram a convergência absoluta para a produtividade média do café em Minas Gerais, o maior produtor do Brasil. Portanto, podemos observar que a produção apresentou apenas um pequeno crescimento ao longo do período, além de alguma instabilidade

No que se refere ao desenvolvimento da produção da soja nos anos de 1990 observa-se que o aumento das importações do complexo soja na década de 1990 era previsível, resultado da liberalização comercial iniciada no final da década de 1980 e da formação do Mercosul. Antes, as importações de soja e óleo bruto eram restritas a operações de drawback e as importações de óleo refinado só eram permitidas em emergências que resultassem em desabastecimento no mercado interno, caso as restrições fossem afrouxadas, as importações aumentariam. Em 1994,

as importações representavam 7,1% da produção nacional, diminuindo nos anos seguintes para 5,2% e 4,6% (Campos 2010).

3.3. A importância dos retornos à escala, externalidades espaciais e desenvolvimento tecnológico para o complexo agroindustrial da soja e sua produtividade

Duranton e Puga (2003) destacaram alguns microfundamentos da ocorrência da economia de aglomeração e retornos crescentes de escala, três fatores principais são: i) "compartilhamento"; ii) "combinação"; iii) "mecanismo de aprendizagem". Os mecanismos de "compartilhamento" envolvem os riscos e benefícios do compartilhamento de bens públicos indivisíveis, diversificação de fornecedores e especialização da produção. "combinação" é a melhor alocação de insumos devido à maior oferta e emprego produtivo, além da competição no mercado de trabalho, o que possibilita que a oferta aumente mais rapidamente que a demanda, resultando em menores custos fixos. Finalmente, os "mecanismos de aprendizagem" têm a ver com a criação, disseminação e acumulação de conhecimento em grande parte derivado de interações individuais.

Em geral, retornos crescentes de escala, externalidades monetárias e custos de transporte são cruciais para explicar a concentração e a distribuição espacial da atividade econômica. Segundo Baldwin et al., (2004), três mecanismos importantes podem ser destacados nesse contexto:

- I) "acesso ao mercado": atividades econômicas com acesso mais fácil aos mercados consumidores têm vantagem competitiva;
- II) aglomeração: maior concentração de atividades econômicas, especialmente são atividades relacionadas a setores de atividade relacionados, onde bens e serviços tendem a ser mais baratos;
- III) "tamanho do mercado": atividades menos produtivas buscam se posicionar em áreas de menor custo, muitas vezes longe dos mercados consumidores e concorrentes. Portanto, pode-se dizer que os efeitos i) e ii) produzem efeitos de aglomeração, enquanto o efeito iii) causa dispersão.

Ao passo que a utilização de métodos econométricos torna capaz de em primeira instância analisar as regiões e efeitos de *spillover* dos objetos de estudos espaciais como é o caso da produtividade da soja. Assim, na próxima seção, apresenta-se as técnicas metodológicas utilizadas e as variáveis pertinentes para o estudo da produtividade das microrregiões da soja no Brasil.

3.4. Metodologia

A variável básica utilizada neste artigo é a produtividade de soja nas 558 microrregiões brasileiras. As variáveis mencionadas até aqui provêm da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), extraído do Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) do IBGE. Em síntese, as variáveis utilizadas no presente artigo estão descritas no Quadro 1. A utilização da produtividade agrícola é proxy para captar o desenvolvimento espaço-temporal da produção de soja no Brasil, usando pesquisadores do tema como, por exemplo, os autores De Castro; Almeida, (2015) e Souza; Perobelli, (2008).

Para analisar os dados, decidiu-se reduzir a quantidade de dados a um nível micro. Como muitos municípios seriam separados ou independentes durante um período de 21 anos, tornou-se difícil trabalhar com dados no nível

municipal. Uma opção melhor é agregar dados no nível AMC, o que ainda resultaria em problemas de dados. Apesar da divisão dos municípios em regiões menores, a maioria das novas regiões formadas após a separação pertenceria à mesma microrregião. Isso ocorre porque opções como essas foram escolhidas para facilitar a análise.

Também serão empregadas variáveis referentes à especialização de plantio de soja na microrregião, assim calculou-se a “intensidade” da produção de soja. Micro regiões intensivas em soja apresentam mais de 50% de sua área total de plantio, destinadas à soja, as outras são chamadas de não intensivas. Segundo De Castro e Almeida (2015), para caracterizar o devido uso do solo na e sua influência na produtividade de soja, dado a inexistência de dados específicos, é coerente utilizar como proxy a produtividade. Ao introduzir as variáveis de controle como especialização de plantio evita-se capturar apenas o fenômeno de muita produtividade em pouca área plantada, que visa captar efeitos estruturais das microrregiões.

A área plantada do milho é utilizada como variável de controle devido às suas características e de suas possibilidades de plantio em rotação de cultura com a soja⁷ (Gonçalves, 2007), dá ainda a relação direta na escolha do produtor via variação dos preços das commodities.

Os autores Carmello (2018) e Júnior et al. (2021), discutiram a existência da relação espacial da produção de soja e cana de açúcar ao passo que assim utiliza-se aqui a área de plantio da cana de açúcar e pôr fim a exportação de grãos de soja, para controle dos estoques da produção.

Portanto, o presente trabalho busca contribuir com literatura, no que se refere a discussão da produtividade de soja a partir da relação com outras culturas perenes como é o caso da cana de açúcar, incluído também os efeitos da cultura de safrinha como é o caso do milho além de principalmente utilizar o controle da exportação de grão para obter seus efeitos no ganho de produtividade.

Tabela 1 – Variáveis utilizadas.

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	FONTE
Produtividade Soja	Toneladas produzidas pela área plantada de hectares.	IBGE
<i>Intensidade</i> Produção de Soja	Microrregião que apresenta mais de 50% de sua área cultivada destinada a plantio de soja	IBGE
<i>Não Intensa</i> Produção de Soja	Microrregião que apresenta não dispõe de 50% de sua área cultivada destinada a plantio de soja	IBGE
Área de Plantio Cana de açúcar	Área plantada hectares de cana de açúcar em hectares.	IBGE
Área do Plantio Milho	Área plantada hectares de milho em hectares.	IBGE
Produz e Exporta Soja em Grãos	Produz e exportação do grão de soja em toneladas	COMEXSAT
Crédito Rural Pecuário	Valor destinado ao custeio e investimento pecuário	BCB ¹ e IPEA

Fonte: Elaboração própria.

¹ Banco Central do Brasil e IPEA.

As variáveis utilizadas no modelo são referentes ao período compreendido entre 1997 a 2018. Será efetuado uma média de três anos para representar cada unidade de *cross section* utilizada na Análise Exploratória de Dados Espaciais e na análise quantitativa. De acordo com Perobelli et al. (2009), o procedimento é comumente adotado com a finalidade de minimizar efeitos aleatórios, como variações de preços, de temperatura, dentre outros. Essas flutuações, apesar de afetarem a produção agropecuária, podem não ser de fato representativas da dinâmica dessas produções. Já para compor o Painel de Dados Espaciais os dados serão anuais, resultando em uma análise de 21

⁷ A soja possui raiz pivotante enquanto o milho tem raiz fasciculada, o que permite que essas culturas explorem e absorvam nutrientes de diferentes nichos do solo e se decomponham por meio de diferentes sistemas radiculares (Tejo et al., 2019).

anos, de 1997 a 2018, período máximo encontrado para a disponibilidade dos dados, a variável limitante do período é a exportação de grãos anos de 1997.

Para verificar o comportamento do crescimento da produtividade de soja ao longo do tempo, adota-se a metodologia proposta por Wooldridge (2002), que se caracteriza como uma forma de se incluir variáveis dicotômicas no contexto de dados em painel. Criou-se uma variável temporal (*DummyAno*) para todos os períodos analisados essa dummy assume 1 cada microrregião pertencente ao ano t e 0 para as demais, resultando, portanto, em uma variável dicotômica representativa das microrregiões para cada período analisado, menos um, evitando armadilha das variáveis dicotômicas. De uma forma geral, o resultado pode ser formalizado (Equação 1):

$$y_{it} = \alpha + \theta_{it} + \beta_1 X_{it} + \beta_i \text{DummyAno} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

em que X é o vetor de variáveis explicativas para a microrregião i no período t ; θ é a heterogeneidade não observada. Segundo Wooldridge (2002), esse método torna possível a especificação de variáveis dummy no contexto da regressão com painel de dados. Portanto, o procedimento busca isolar o efeito temporal das microrregiões com a finalidade de identificar se a taxa de crescimento da soja apresentou alguma dinâmica diferenciada nas microrregiões. Assim, o modelo básico específico a ser estimado pelo presente artigo pode ser re apresentado como:

$$\ln \ln \left(\frac{\text{Produtividade.Soja}_{i,t}}{\text{Produtividade.Soja}_{i,t-1}} \right) = \alpha + \theta_{it} + \beta_1 \ln \ln (\text{Produtividade.Soja}_{i,t-1}) + \delta \ln \ln (\text{Variáveis de Controle}_{i,t-1}) + \beta_i \text{DummyAno} + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

Em que o $\ln \ln \left(\frac{\text{Produtividade.Soja}_{i,t}}{\text{Produtividade.Soja}_{i,t-1}} \right)$ é o logaritmo natural da razão entre a produtividade de soja, no período t pela produtividade de soja em $t - 1$ e pode ser interpretada como a taxa de crescimento produtividade de soja na microrregião i ; $\beta_1 \ln \ln (\text{Produtividade.Soja}_{i,t-1})$ é o logaritmo natural da produtividade de soja no período inicial $t - 1$; ϵ_i é o termo de erro. Sendo que a hipótese de desconcentração da produtividade no território nacional é determinada pelo sinal do parâmetro β_1 : se esse for negativo e significativo, o processo se confirma. Por fim, *Variáveis de Controle* $_{i,t-1}$ que se referem a um vetor de variáveis de controle, que busca representar as características estruturais das microrregiões i no período $t - 1$, sendo composto pelas seguintes variáveis: especialização da produção, área de plantio de milho, produtividade de cana de açúcar e exportação de grãos de soja. As variáveis para a dicotômicas de anuais⁸ se referem às *dummies* de 1998 a 2018.

No que tange a análise exploratória de dados espaciais (AEDE) esta é composta por técnicas utilizadas para identificar efeitos espaciais, especificamente os de dependência e heterogeneidade espacial. Dentre elas, tem-se o *I de Moran Global* que busca captar o grau de correlação espacial entre uma variável através das regiões e sua estatística (Equação 3)

$$I_t = \left(\frac{n}{S_0} \right) \left(\frac{z_t' W z_t}{z_t' z_t} \right) \quad (3)$$

⁸ Devido à necessidade de não cair na armadilha da variável *dummy*, excluiu-se a variável dicotômica para o primeiro período, 1998.

Pode se observar que W é ser definida como uma matriz quadrada em que cada célula w_{ij} indica relação existente entre a região i e j em um sistema de n regiões; o termo S_0 é um escalar igual à soma de todos os elementos de W . O indicador acima é equivalente ao grau de associação linear entre o vetor de valores observados, z , e a média ponderada de valores vizinhos Wz .

Entretanto, a estatística (5), segundo Anselin (1995), só consegue captar a autocorrelação global, não identificando a associação espacial em âmbito local. Por isso, foram desenvolvidas medidas complementares ao *I de Moran* Global que visam captar a autocorrelação espacial local, como a estatística LISA (Local Indicator of Spatial Association). A versão local do *I de Moran*, que é considerado LISA, pode ser representada matematicamente (Equação 4)

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^J w_{ij} z_j \quad (4)$$

Assim, z_i representa a variável de interesse da região i padronizada, w_{ij} é o elemento da matriz de ponderação espacial (W) e z_j é o valor da variável de interesse na região j padronizada. Além disso, o *I de Moran local* (LISA) pode representar quatro tipos de *clusters* espaciais: Alto-Alto (AA), Baixo-Baixo (BB), Alto-Baixo (AB) e Baixo-Alto (BA). O mais frequente a ser analisado é o cluster Alto-Alto, o qual captura regiões com alto valor para a variável analisada que esteja circundada por regiões com valores similares. A AEDE irá fornecer informações sobre a existência ou não da dependência espacial e da heterogeneidade espacial no fenômeno estudado. Caso seja encontrado ao menos um desses processos espaciais, deve-se utilizar técnicas econômicas específicas para controlar esses efeitos espaciais.

A metodologia empregada para estudar os direcionadores de produtividade da soja brasileira será um painel de dados espaciais. Essa decisão se baseia no fato de que a produtividade da soja não depende apenas dos fatores especificamente incluídos na regressão, mas também das características de cada microrregião. O método de dados em painel possibilita especificamente a captação dessa diversidade de elementos que não podem ser identificados diretamente, conseqüentemente, comporiam o termo de erro, o que enviesaria as estimativas quando correlacionadas com as variáveis explicativas.

É por isso que a estimação usando um modelo clássico de regressão linear não é a mais eficaz, pois uma de suas hipóteses básicas é quebrada: a falta de correlação entre as variáveis explicativas e o termo de erro. Isso pode levar a um modelo falho e a um viés inconsciente. Com isso, o uso da regressão com dados em painel visa minimizar o viés e tornar o modelo consistente, que por sua vez é simétrico e possui a menor variância possível. Essa metodologia facilita a captação da verdadeira dinâmica do fenômeno por meio da identificação da heterogeneidade não mensurada.

No entanto, um dos pressupostos do modelo de dados em painel é que as unidades transversais são independentes umas das outras. Almeida (2012) observou que ao investigar unidades espaciais, como microrregiões, a amostra é altamente suscetível à autocorrelação espacial, principalmente quando se trata de atividades como a soja, que normalmente se concentram ao longo do território. Assim, caso seja observada dependência espacial na análise exploratória de dados espaciais, ela será incorporada à regressão, por meio de um modelo espacial de dados em

panel. Para comparação, modelos espaciais serão estimados usando efeitos fixos (FE) e efeitos aleatórios (RE). Em seguida, o teste espacial de Hausman será empregado para determinar qual modelo é mais adequado para os dados. Finalmente, os critérios de informação de Akaike serão empregados para avaliar o grau de ajuste dos modelos, o modelo mais preciso terá o menor critério.

No presente artigo, serão estimados basicamente três modelos, em vista de verificação de qual é o melhor para representar o fenômeno. Será denotado, a seguir, W como uma matriz de peso espacial $n \times n$; além de, para cada período $t = 1, \dots, T$, um vetor $n \times 1$ da variável dependente, y_t , assim como X_t como uma matriz $n \times n$ de regressores. O primeiro modelo será o Spatial Autoregressive Model (SAR),

$$y_t = \rho W y_t + X_t \beta + \mu + \epsilon_t \quad t = 1, \dots, T \quad (5)$$

Em que $\mu \sim N(0, \sigma_\mu^2)$ se for o caso de efeitos aleatórios, enquanto μ é um vetor de parâmetros a serem estimados na sua variante de efeitos fixos. As hipóteses padrões sobre o modelo SAR são que $\epsilon_{it} \sim N(0, \sigma_\epsilon^2)$ e $E(\epsilon_{it} \epsilon_{js}) = 0$ para $i \neq j$ e/ou $t \neq s$. O segundo modelo é o *Spatial Error Model* (SEM) que foca na autocorrelação espacial no termo de erro, representado por

$$y_t = X_t \beta + \mu + v_t \quad (6)$$

$$v_t = \lambda M v_t + \epsilon_t \quad (7)$$

Ao passo que M é a matriz de pesos espaciais que podem ou não ser iguais a W . Por fim, o Modelo Espacial de *Durbin*, que se caracteriza como uma generalização do modelo SAR, mas com a adição de variáveis independentes espacialmente defasadas como variáveis explicativas,

$$y_t = \rho W y_t + X_t \beta + W Z_t \theta + \mu + \epsilon_t \quad (8)$$

É possível que $Z_t \neq X_t$. A estimação dos referidos modelos adotará o método de Máximo Verossimilhança, conforme Elhorst (2014).

3.5. Resultados

Antes da Análise Exploratória de Dados Espaciais e Econometria Espacial, observa-se o desempenho da produtividade da soja nas microrregiões e nível de especialização quanto a área plantada de soja de crescimento nos períodos⁹; 1998, 2008 e 2018, (Figuras 1 e 2), respectivamente.

A partir da Figura 1, dois fenômenos podem ser observados, tanto um processo de ganho de produtividade acentuado, além de um número maior de microrregiões passaram a ser produtoras de soja.

⁹ Ano (1998) – Média dos anos 1997, 1998 e 1999, Ano (2008) – Média dos anos 2007, 2008 e 2009 – Ano (2018) média dos anos 2016, 2017 e 2019. O procedimento tem o objetivo de minimizar efeitos aleatórios na variável de interesse, como por exemplo efeito de temperatura anormais, choque no preço, dentre outros. (PEROBELLI *ET AL.*, 2007; BARROS; STEGE e FREITAS JUNIOR; BARROS, 2019). Este procedimento será utilizado tanto na análise exploratória espacial quanto na análise prévia.

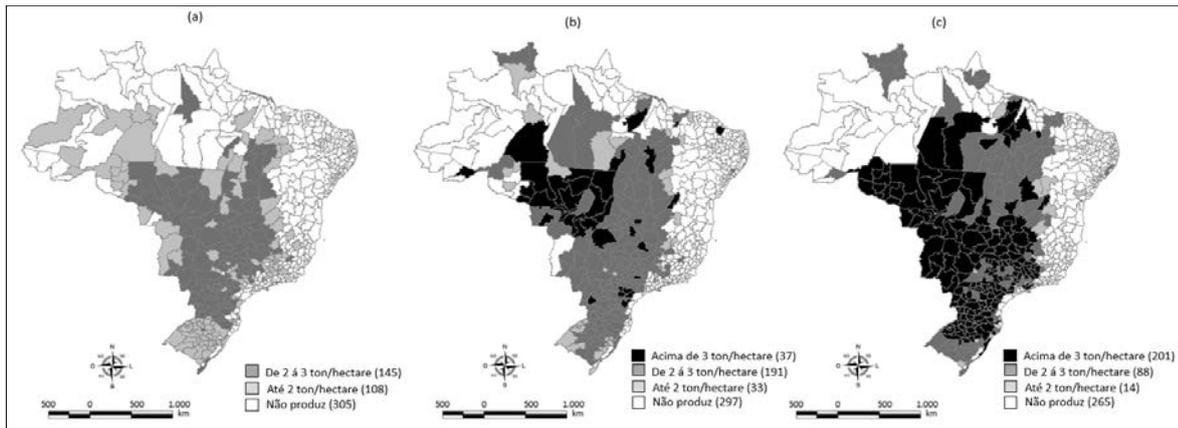


Figura 1 – Produtividade Média de Soja nas Microrregiões Brasileiras de 1998 (a), 2008 (b) e 2018 (c)
 Fonte: Elaborado pelo autor (IBGE, 2022)

O ganho de produtividade ao longo do período é expressivo, ao passo que das regiões produtoras em 2018 mais de 66% consegue atingir mais de 3 toneladas por hectare, número não atingido por nenhuma microrregião em 1998. De acordo com o Boletim Conab (2019) a produtividade média da soja brasileira na safra 2018/2019 foi de 3.206kg por hectare, em comparação a segunda maior do mundo atrás apenas dos EUA com média de 3.350 kg/ha. A produtividade analisada por si só pode apresentar resultados insuficientes, ao passo que conhecemos a produtividade das microrregiões brasileiras, torna-se interessante conhecer quais regiões cultivam soja de forma efetiva, para isso a partir da Figura 2, pode-se observar, a intensidade de produção da soja (nível de especialização), de modo que os dados fornecem a porcentagem da área plantada de soja da área total destinada à agricultura pela microrregião.

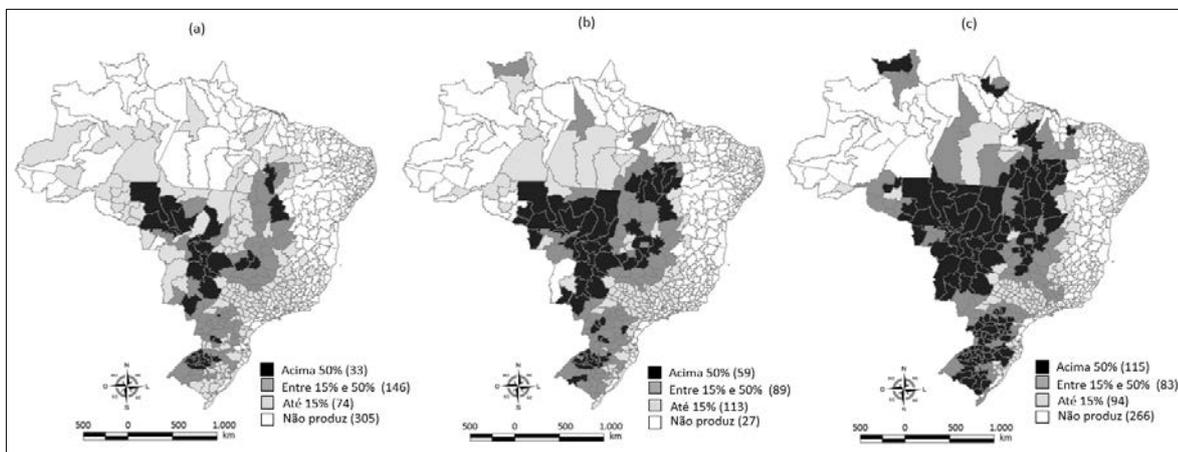


Figura 2 – Especialização de soja nas microrregiões brasileiras de 1998 (a), 2008 (b) e 2018 (c)
 Fonte: Elaborado pelo autor (IBGE, 2022)

Considera-se uma região como especializada nesse trabalho, a microrregião que tenha mais 50% da sua área total destinada agricultura, com plantio de soja, assim pode-se observar através da Figura 2, que entre 1998 e 2018 houve um processo de especialização das microrregiões brasileiras, no período inicial de 13,04% das regiões que produziam soja eram "especializadas" em 2018 esse quantidade salta 39,38%, logo uma grande produtividade somada a uma expressiva especialização, leva o Brasil a tornar-se um grande produtor mundial de soja.

Ademais, no que tange a produtividade é possível observar a concentração espacial, nas microrregiões em ambos os anos. Isso é comprovado por meio dos coeficientes *I de Moran* na Tabela 2 (apêndice), cujos valores apresentaram-se positivos e estatisticamente significativos independente da matriz de convenção aplicada.

Portanto, no período considerado, microrregiões com elevada produtividade tendem a estar rodeados também por regiões com altos valores (e vice-versa). Além disso, teve-se um aumento na magnitude dos coeficientes, sinalizando uma intensificação da concentração espacial e do transbordamento da produção de soja para a vizinhança. Sendo assim, a existência de dependência espacial aponta a necessidade de seu controle nas estimações econômicas posteriores, na utilização do Painel de Dados em sua versão espacial.

Ao utilizar os indicadores locais de associação espacial (Mapas *Lisa*) identificou-se a existência de *clusters* da produção de sojicultura ao longo do Brasil. Pode-se notar, em 1998, um grande cluster com configuração espacial AA na região Centro-Oeste e Sul do país, indicando que essa localidade concentra espacialmente as maiores produtividades do Brasil. Em 1998, por sua vez, verificava-se uma concentração desse grande cluster, que era localizado essencialmente na região Centro-Oeste e ampliava-se na fronteira agrícola na região Amazônica e MATOPIBA. Entretanto, em 2018, passaram a compor esse aglomerado, o estado de Santa Catarina e Rio Grande do Sul com um número representativo de microrregiões compondo esse grande cluster espacial, observa-se em quesitos de número de microrregiões com alta produtividade uma em números absolutos que por sua vez representa não uma queda de produtividade mais sim conforme observado na Figura 3, uma nova dinâmica de elevada produtividade.

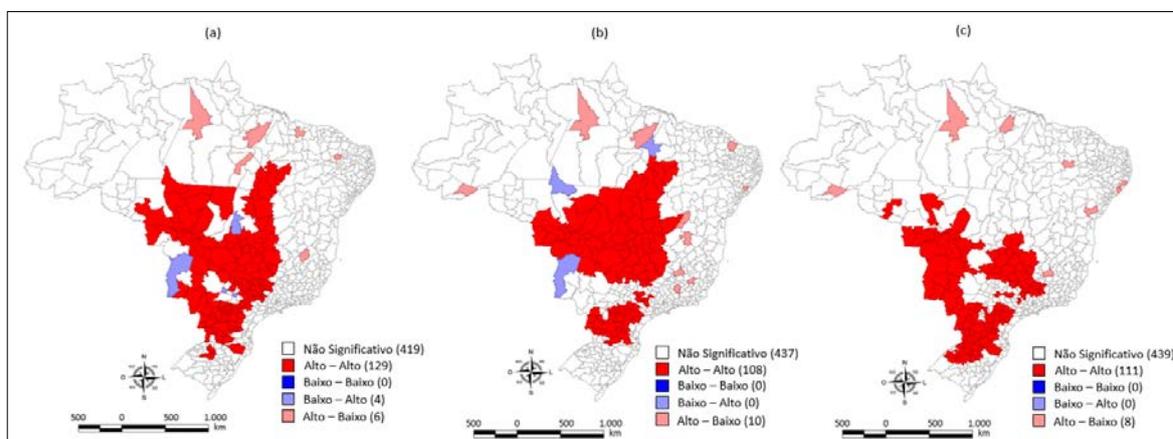


Figura 3 – *I de Moran* produtividade média da terra na produção de soja nas microrregiões brasileiras de 1998 (a), 2008 (b) e 2018 (c)

Fonte: Elaborado pelo autor (IBGE, 2019)

Essa dinâmica, porém, não está imune aos externalidades para a região. Assim, são necessárias mais pesquisas sobre as causas do crescimento da produção de soja no país, bem como as externalidades, especificamente em regiões que avançam na fronteira agrícola do Brasil.

Como apresentado na seção de revisão de literatura, um destino muito importante para o grão de soja brasileiro é a exportação (Balduino, 2004, Pontelli, 2021). O presente trabalho analisou os impactos na produtividade causados pela exportação de grão tanto na sua versão local como defasada espacialmente, inicialmente no que abrange a AEDE, observa-se a partir da Figura 4, o *I de Moran* bivariado para a produtividade de soja e exportação de grãos de soja e seus efeitos regionais.

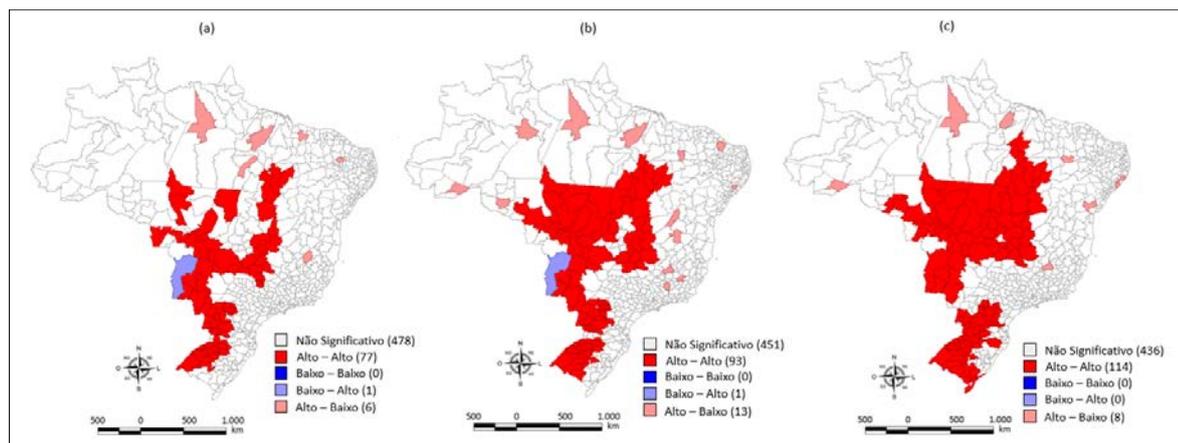


Figura 4 – *I de Moran* bivariado produtividade média da terra na produção de soja/especialização dos produtores de soja nas microrregiões brasileiras de 1998 (a), 2008 (b) e 2018 (c)

Fonte: Elaborado pelo autor (IBGE, 2019)

No ano de 2018 dois *clusters* de concentração espacial Alto-Alto (AA), para a produtividade e especialização de produção no Brasil podem ser observados, o maior contém toda a região centro oeste e avança as fronteiras agrícolas do Brasil tanto Amazônia quanto o MATOPIBA, o segundo compreende a região sul desde o Rio Grande do Sul até o Paraná, dadas as características continentais do Brasil somadas condições regionais cada *cluster* deve conter suas particularidades, a medida que se tem uma análise dessas variáveis conjuntas pode se obter com mais assertividade informações sobre o desenvolvimento da soja no Brasil.

Identificado as características básicas da distribuição espacial da produtividade de soja e seu respectivo avanço nas microrregiões do Brasil, o próximo passo será encontrar os determinantes desse avanço, com especial enfoque em suas características estruturais. Destaca-se a existência de dependência espacial para a variável considerada (produtividade de soja), tanto por meio da análise espacial da variável dependente quanto por meio do *I de Moran* dos resíduos do painel de efeito fixo conforme destacado na Tabela 4 (apêndice), observando-se a necessidade da adoção de técnicas da Econometria Espacial para o estudo proposto.

De uso das técnicas espaciais o primeiro passo é muito importante é a escolha da matriz de pesos espaciais mais adequada, está por sua vez deve respeitar certas propriedades desejáveis e certas particularidades do estudo em questão. Almeida (2012) e Freitas Junior e Barros (2019) afirmam que a matriz de ponderação espacial deve seguir as características do fenômeno que está sendo estudado, isso é feito por meio de uma matriz *W* que possui o seguinte procedimento: a) O modelo de regressão linear clássico é estimado, b) Os resíduos deste modelo são testados para autocorrelação espacial, usando o *I de Moran* para um conjunto de matrizes *W*; c) Escolhe-se a matriz com maior valor estatisticamente significativo de *I de Moran*, conforme pode ser observado na Tabela 4. O resultado do teste indicou que a matriz de peso espacial de 2 vizinhos captou o maior *I de Moran*, sendo ela a escolhida para a estimação dos modelos espaciais subsequentes

Observa-se na Tabela 1, os resultados para os modelos espaciais foram estimados pelo método de dados em painel. Com relação aos problemas econométricos, a heterocedasticidade foi reconhecida por meio do teste de Wald, que teve valor de (- 4373,86), rejeitando a hipótese nula de variância constante dos resíduos. Todos os modelos foram estimados usando o erro padrão robusto de Disccoll-Kraay. Baseado nos resultados do teste de *Hausman*, a hipótese nula de que a diferença nos coeficientes não é sistemática foi fortemente rejeitada (596.12, com $p < 0.001$). Isso indica que os efeitos específicos individuais estão correlacionados com as variáveis independentes incluídas no

modelo. Consequentemente, optamos pelo modelo de efeitos fixos em vez do modelo de efeitos aleatórios, pois o último pode proporcionar estimativas inconsistentes nessas circunstâncias.

Em seguida, foi identificado o modelo que melhor representa e capta a dinâmica espaço-temporal do fenômeno em questão. A partir do critério de informação de *Akaike* e da análise residual das regressões observadas, demonstrou-se que o modelo Espacial de *Durbin* (SDM) apresenta o menor valor (Tabelas 1 e 4). Como resultado, estudos adicionais serão conduzidos com base no modelo SDM. O modelo ainda exibe autocorrelação espacial em alguns anos, mas a quantidade disso é significativamente reduzida quando as defasagens espaciais são incluídas. Por outro lado, é preciso cautela ao considerar os coeficientes diante desse fato. No entanto, o grande volume de dados e anos considerados, juntamente com o alto grau de significância estatística de muitas das variáveis e os coeficientes constantes em diferentes modelos, indicam que os resultados são estruturais, o que minimiza o problema.

Outra forma de analisar a robustez do modelo, foi através da análise comparativa entre os modelos SAR, SEM e SDM com base nos resultados dos testes estatísticos. No teste para o modelo SAR, avaliamos se os coeficientes das variáveis *Produtividade Soja*, *Intensidade Produção de Soja*, *Não Intensa Produção de Soja*, *Área de Plantio Cana de açúcar*, *Área do Plantio Milho*, *Produz e Exporta Soja em Grãos e Crédito Rural Pecuário* se são estatisticamente iguais a zero. O teste indicou que esses coeficientes são estatisticamente significativos, com um valor de chi-square igual a 41,60 e um p-valor de 0,0000. Portanto, rejeitamos a hipótese nula de que esses coeficientes são zero, sugerindo que pelo menos uma das variáveis possui um efeito significativo. No teste para o modelo SEM, examinamos se os coeficientes das mesmas variáveis, mas agora considerando os efeitos espaciais através do termo [Spatial]rho, são iguais a zero. O resultado do teste mostrou um valor de chi-square de 30,93 e um p-valor de 0,0001, indicando que também rejeitamos a hipótese nula. Isso implica que pelo menos uma das variáveis possui um efeito significativo, considerando tanto os efeitos diretos quanto os indiretos por meio dos efeitos espaciais. Com base nesses resultados, podemos concluir que tanto o modelo SAR quanto o modelo SEM são rejeitados em favor do modelo SDM. Essa escolha é respaldada pelas evidências estatísticas significativas encontradas nos testes, indicando que o modelo SDM é mais apropriado para explicar os dados e capturar os efeitos das variáveis de interesse. Portanto, recomenda-se utilizar o modelo SDM para análises posteriores e interpretação dos resultados obtidos.

Os resultados das estimativas indicam que ocorre um lento processo de descontaminação da produtividade da soja nas microrregiões, regiões estas com menor produção, mas com maiores taxas de crescimento. O fato é captado pelo sinal negativo da variável *Produtividade de Soja*_{*i,t-1*} que apresentou significância estatística ao nível de 1%. Desse modo, no período de 1997 a 2018, pode-se afirmar que houve um mesmo que lento da produtividade de soja em microrregiões que anteriormente possuíam uma produtividade relativamente menor, comprovando a hipótese levantada por diversos autores (De Castro e Almeida, 2015)

Tabela 2 - Resultados das estimações para a taxa de crescimento da produtividade da terra para soja no Brasil com a técnica de painel de dados espaciais¹⁰.

Variáveis explicativas	Modelo Painel de Dados		Modelo Painel de Dados Espaciais	
	Efeito Fixo	Efeito Fixo SAR I	Efeito Fixo SEM II	Efeito Fixo SDM III
<i>Produtivid. Soja</i> _{<i>i,t-1</i>}	-0,0229*** (0,0006)	-0,0229*** (0,0006)	-0,0231*** (0,0006)	-0,0234*** (0,0006)
<i>Intensidade na Prod. Soja</i> _{<i>i,t-1</i>}	0,0008*** (0,0001)	0,0008*** (0,0001)	0,0008*** (0,0001)	0,0007*** (0,0001)
<i>Não Intensa na Prod Soja</i> _{<i>i,t-1</i>}	0,0015*** (0,0001)	0,0015*** (0,0016)	0,0015*** (0,0001)	0,0014*** (0,0001)
<i>Área de Plantio Cana</i> _{<i>i,t-1</i>}	0,0025** (0,0009)	0,0024** (0,0001)	0,0024** (0,0009)	0,0021** (0,0009)
<i>Área de Plantio Milho</i> _{<i>i,t-1</i>}	-0,0002 (0,0001)	-0,0003 (0,0014)	-0,0004 (0,0014)	-0,0012 (0,0015)
<i>Produz e Exporta. SojaGão</i> _{<i>i,t-1</i>}	-0,0041 (0,0002)	-0,0004* (0,0002)	-0,0004* (0,0002)	-0,0004* (0,0002)
<i>CréditoRuralPecuário</i> _{<i>i,t-1</i>}	0,0013 (0,0012)	0,0013 (0,0012)	0,0013 (0,0012)	0,0011 (0,0012)
ρ	-	0,0902*** (0,0001)	-	0,0828*** (0,0096)
λ	-	-	0,0877*** (0,0172)	-
<i>W Produtivid. Soja</i> _{<i>i,t-1</i>}	-	-	-	0,0080*** (0,0009)
<i>W Intensidade na Prod. Soja</i> _{<i>i,t-1</i>}	-	-	-	-0,0001 (0,0001)
<i>W Não Intensidade na Prod Soja</i> _{<i>i,t-</i>}	-	-	-	0,0003 (0,0002)
<i>W Area de Plantio Cana</i> _{<i>i,t-1</i>}	-	-	-	0,0024 (0,0001)
<i>W Area de Plantio Milho</i> _{<i>i,t-1</i>}	-	-	-	-0,0034 (0,0021)
<i>W Produz e Exporta. SojaGão</i> _{<i>i,t-1</i>}	-	-	-	-0,0002 (0,0004)
<i>W CréditoRuralPecuário</i> _{<i>i,t-1</i>}	-	-	-	-0,0028 (0,002)
Critério de Informação de Akaike	-21571.97	-21584.95	-21595.54	-21612.46
Critério de Infor. Log-Likelihood	10813.99	10821.05	10826.77	10842.23
Graus de Liberdade	28	29	29	36

Nota: Os valores entre parênteses referem-se ao Desvio Padrão.

*** Significativo a um nível de significância de 1%;

** Significativo a um nível de significância de 5%

* Significativo a um nível de significância de 10%.

As variáveis *dummies* tempo podem ser observadas na Tabela 6 as *dummies* tempo do modelo (SDM) também estão na figura 6

Fonte: Estimação dos autores com os dados da pesquisa.

As estimativas sugerem um processo de desconcentração da produtividade da soja nas microrregiões brasileiras, ou seja, áreas com produtividade menores veem apresentando maiores taxas de crescimento da produtividade. Este fato é capturado pelo sinal negativo das variáveis *Produtivid. Soja*_{*i,t-1*}, apresentando significância estatística ao nível de 1%. Assim, é certo que, entre 1998 e 2018, a produtividade da soja melhorou em

¹⁰ Os modelos espaciais estimados incluíram variáveis dicotômicas de controle temporal com a finalidade de retirar dos resíduos efeitos persistentes que estão vinculados com o avanço do tempo, mas que não foram capturados explicitamente no modelo devido à não disponibilidade de dados para o modelo empregado, como, por exemplo, o avanço tecnológico. Tal procedimento visa melhorar o ajustamento do modelo aos dados e tornar as estimações não visadas.

microrregiões que antes possuíam pouca produtividade, corroborando a hipótese levantada por vários autores, Vidigal et al, (2018) e Seffrin, (2018), de melhoria da produtividade.

Além disso, verifica-se que a taxa de crescimento da produtividade de soja de uma região pode produzir *spillovers* espaciais positivos na dinâmica de crescimento da produtividade de seus vizinhos imediatos, fato capturado pelo coeficiente espacial ρ , que é significativo ao nível de 1% em ambos os casos. Conforme destacado por Pereira e Castro (2022), no estudo para discussão do IPEA, a existência de externalidades espaciais positivas dinamiza o setor de produção da soja, principalmente devido aos transbordamentos de produtividade entre regiões, o que faz com que essa produção se espalhe pelo território, contribuindo o crescimento da produtividade. Além disso, o autor destaca que iniciativas governamentais que, além do desenvolvimento das cadeias produtivas na região, são fatores adicionais que podem levar à concentração da produção, gerando transbordamentos espaciais, além de, tecnologias utilizadas ou exploração para o crescimento da produtividade agrícola como um todo. Finalmente, de acordo com a Nova Geografia Econômica, esse fenômeno de transbordamento espacial ocorre por causa de sua própria atração (força centrípeta), determinadas atividades que são atraídas e agrupadas em um determinado local, reforçando a importância de se considerar o espaço e seus possíveis efeitos ao analisar a dinâmica de crescimento de uma determinada variável entre regiões (Krugman, 1991), de fato, este artigo confirma essa teoria.

Na busca por identificar o ganho de produtividade entre microrregiões e para testar a hipótese de que as microrregiões que plantam soja em mais de 50% de seus territórios destinados ao plantio, chamadas neste artigo de regiões "intensivas" na produção de soja, apresentam crescimento positivos, entretanto as regiões não intensivas na produção de soja, apresentam significância maior para as demais microrregiões brasileiras. Mesmo após o controle de outros fatores relevantes. Essas variáveis, referentes ao período de 1999 a 2018, apresentou significância estatística em todos os períodos. Assim, as estimativas sugerem que o ganho de produtividade inicial em regiões ainda não intensivas em produção de soja é maior do que em regiões que já são dispostas de intensidade na produção.

Os resultados, portanto, sustentam a hipótese de que a especialização da produção nas microrregiões contribui significativamente para o seu desenvolvimento e ganhos de escala, o que é consistente com as evidências encontradas pelo autor Assunção et al. (2015), de que o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal (PPCDAm), implementado em 2004, reduziu significativamente as taxas de desmatamento, principalmente em áreas onde a fronteira agrícola amazônica está avançando, sendo assim, observa-se que essas microrregiões localizadas na fronteira agrícola (Figura 4-c), foram sujeitadas a intensificação, já na região Central e Sul do Brasil, autores como Almeida et al., (2008) e Raiher et al., (2016), destacam a intensificações na produção, geraram aumento de produtividade.

O fator de áreas com plantio de da cana de açúcar também apresentou significância estatística positiva de 5%. Assim, os níveis de produção da cana de açúcar afetam a produtividade da soja da mesma microrregião. Essa evidência confirma os autores De Souza (2019), de que destacaram uma possível relação de *spillover* positivo na coexistência de métodos de produção intensivos em tecnologia, ou mesmo coexistirem em sistema de rotação de cultura, outro fator é de que a cana de açúcar é uma cultura com condições de produção perene, a expectativa que ela atue como uma barreira e assim pressione para que a soja aumente sua produção via aumento de produtividade.

Já as áreas de plantio de milho defasadas espacialmente apresentaram significância estatística de 5% e com sinal negativo, ou seja, microrregiões onde há grandes áreas de plantio de milho, são vizinhas de regiões com baixa produtividade de soja. Encontra-se o efeito de competição na produção das culturas, tal efeito deve ser melhor investigado, fator esse que a rotação de cultura entre soja e milho no longo prazo se mostra inconsistente devido o "efeito verde", o qual pragas se tornam resistentes as duas culturas e depois, reduzem a produtividade (Braccini,

2010). Tal fator é superado pelo produto com a rotação da soja com outras culturas como sorgo granífero, sorgo de pastagem, sorgo de dupla finalidade, girassol, feijão, colza, amendoim, arroz e milheto, a porcentagem de cada área varia de acordo com a região, assim microrregiões que aumentam sua produção de milho, tornam o milho a cultura principal no plantio.

O controle de regiões que exportam soja em grão, apresentaram 10% em nível e 5% em sua versão defasada, ambos com sinais negativos na produtividade, de acordo com a Aprosoja (2017), cerca de 44% da produção brasileira de soja em 2016 foi exportada, 7% foi destinada a estoques e 49% utilizada em processamento (óleo ou farelo). Assim tal representação negativa destas variáveis pode ser advinda de possíveis perdas de produtividade dessas microrregiões que exportam diretamente, via perdas da produção no transporte e escoamento, ou até mesmo em questões relacionadas diretamente com a finalidade da produção.

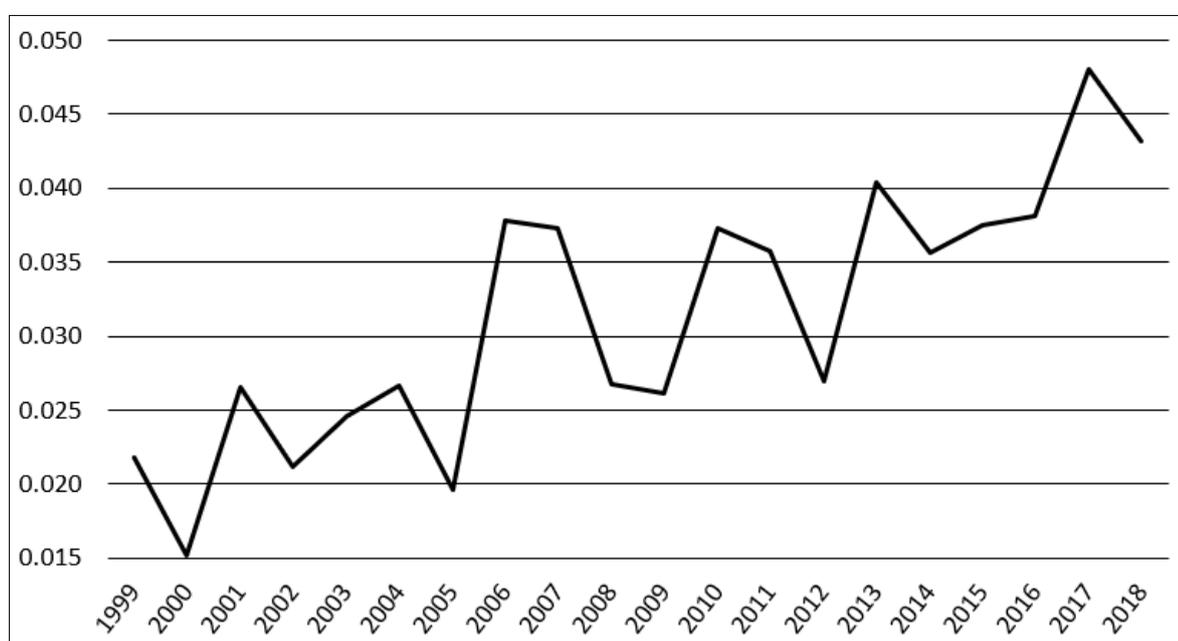


Figura 5 – *Dummies* anuais para microrregiões especializadas na produção de soja do Brasil do modelo *Spatial Durbin Model* (SDM - III).

Nota: Todos os anos foram significativos a um nível de significância de 1%; conforme tabela 6

Fonte: Estimção dos autores com os dados da pesquisa.

Essas variáveis Dicotômicas, referentes aos períodos (1999 a 2018)¹¹ apresentaram significância estatística para todos os períodos. Portanto, as estimções indicam que anualmente as microrregiões apresentam outros fatores que determinam sua produtividade, além das características estruturais controladas na regressão, tal variável captura possíveis choques exógenos ao modelo.

A partir do SDM (*Spatial Durbin Model*), é possível se obter os de efeitos marginais diretos, indiretos e totais, para avaliar a relação entre diferentes variáveis e a produtividade da soja. Os resultados desta análise oferecem uma mais visão dos impactos dessas variáveis na produtividade da soja, tanto no nível local (efeito direto), quanto no nível das regiões vizinhas (efeito indireto) e globalmente (efeito total), conforme apresentado na Tabela 3.

¹¹ Devido à necessidade de não cair na armadilha da variável *dummy*, excluiu-se a variável dicotômica para o primeiro período, 1998.

Tabela 3: Efeito marginal direto, indireto e total proporcionado pela retroalimentação da interação espacial para o modelo SDM

Variável	Efeito Marginal		
	Direto	Indireto	Total
<i>Produtivid. Soja</i> _{<i>i,t-1</i>}	-.0233572	.006971	-.0163862
<i>Intensidade na Prod. Soja</i> _{<i>i,t-1</i>}	.0007799	-.0001309	.000649
<i>Não Intensa na Prod Soja</i> _{<i>i,t-1</i>}	.0014996	.0005488	.0020484
<i>Área de Plantio Cana</i> _{<i>i,t-1</i>}	.0021621	.0026983	.0048604
<i>Área de Plantio Milho</i> _{<i>i,t-1</i>}	-.001250	.003552	.0023024
<i>Produz e Exporta. Soja</i> _{<i>Gão</i>_{<i>i,t-1</i>}}	-.000440	.0001729	-.0002676
<i>Crédito Rural Pecuário</i> _{<i>i,t-1</i>}	.0012263	.0030413	.0042676

Fonte: Estimaco dos autores com os dados da pesquisa.

Analisando as variáveis, vemos que a produtividade da soja no período anterior apresenta um efeito marginal direto negativo de (-0,023), indicando que um aumento nesta variável pode levar a uma diminuico na produtividade da soja no período atual. Entretanto, essa variável mostra um efeito marginal indireto positivo de (0,007), sugerindo que um aumento na produtividade da soja em uma regio pode ter um efeito positivo na produtividade da soja nas regies vizinhas.

A intensidade na produico de soja no período anterior exibe um efeito marginal direto positivo de (0,001) e um efeito marginal indireto negativo de (-0,0001), indicando um trade-off entre os efeitos locais e regionais. O efeito marginal total de (0,001) demonstra que o efeito direto tem um peso maior.

A variável "No Intensidade na Produico de Soja" e a "rea de Plantio de Cana" demonstraram efeitos marginais diretos e indiretos positivos, implicando que ambas contribuem positivamente para a produtividade da soja tanto localmente quanto nas regies vizinhas.

No caso da "rea de Plantio de Milho", o efeito marginal direto foi negativo (-0,001), porém, o efeito marginal indireto foi positivo (0,004), o que sugere que apesar do plantio de milho poder impactar negativamente a produtividade da soja localmente, pode haver benefícios para as regies vizinhas.

Os efeitos direto, indireto e total do Crédito Rural Pecuário so todos positivos. O efeito direto  de (0,001), o que sugere que um aumento no Crédito Rural Pecuário em uma determinada regio tem um impacto direto positivo na produtividade da soja. Esse impacto pode se dar pelo fato de que mais crédito disponível permite aos produtores investir mais em tecnologia, mo-de-obra ou outros insumos que possam melhorar a produtividade.

O efeito indireto  ainda maior, de (0,003). Esse efeito pode ser resultado de uma regio se beneficiando do aumento do Crédito Rural Pecuário em regies vizinhas. Este efeito indireto pode ocorrer por vários motivos, como a disseminaico de conhecimentos ou práticas de agricultura aprimoradas, ou através de efeitos de mercado, como a reduico dos preços dos insumos devido ao aumento da demanda em áreas vizinhas.

O efeito total do Crédito Rural Pecuário, que  a soma dos efeitos direto e indireto,  de 0,004. Portanto, o aumento no Crédito Rural Pecuário tem um efeito substancial na produtividade da soja, tanto diretamente quanto indiretamente. Porém,  importante salientar que, embora o efeito total seja positivo, o efeito direto  menos significativo estatisticamente ($p = 0,331$), sugerindo que mais pesquisas so necessárias para confirmar e entender estas relaices.

Por fim, a "Produico e Exportaco de Soja" e o "Crédito Rural Pecuário" mostraram efeitos marginais diretos negativos, mas efeitos marginais indiretos positivos, evidenciando a complexidade dos fatores que influenciam a produtividade da soja.

Neste estudo, observa-se a dinâmica da produtividade da soja nas microrregies brasileiras, utilizando-se de um modelo de dependência espacial. A análise sugere que existe uma convergência significativa da produtividade da

soja ao longo do tempo. Especificamente, o coeficiente de convergência (beta) é estimado em (-0.023). Este indicativo aponta que as microrregiões que inicialmente possuíam produtividade de soja mais baixa estão se recuperando e aproximando-se das regiões de maior produtividade, num processo de "catching up".

Esse coeficiente de convergência pode ser interpretado como a velocidade com que a produtividade da soja nas diferentes microrregiões está convergindo para o estado de equilíbrio. Um beta de convergência negativo é consistente com a hipótese de convergência absoluta, sugerindo que as microrregiões com menores níveis de produtividade da soja estão crescendo em taxas mais rápidas.

Adicionalmente, é calculada a meia-vida, que é o tempo necessário para que a diferença na produtividade da soja entre as microrregiões seja reduzida pela metade. A partir do coeficiente de convergência, a meia-vida é estimada em cerca de 29,6 anos. Isso sugere que, em média, levaria aproximadamente três décadas para que uma microrregião com produtividade de soja inicialmente baixa se ajustasse à metade do caminho em direção ao seu nível de equilíbrio de longo prazo.

3.6. Conclusão

A motivação inicial deste trabalho foi entender a dinâmica espaço-temporal da produtividade da soja brasileira com especial enfoque para os efeitos da exportação do grão de soja. Como objetivos secundários, pode-se mencionar a busca por padrões de associação espacial e a busca por *clusters* espaciais significativos entre as microrregiões brasileiras. Para atingir tais objetivos, foram utilizadas as ferramentas de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) e da Econometria Espacial.

Por meio das técnicas mencionadas, identificou-se que, em geral, microrregiões com alta produtividade de soja estão circundadas por microrregiões também com alta produção (e vice-versa). Além disso, as microrregiões localizadas na Região Sul e Centro-Oeste do país são onde estão concentrados os principais *clusters* AA da produtividade de soja brasileira. Em segundo lugar, verificou-se um processo de intensificação desse agrupamento da produtividade de soja, porém quando se observa a tanto a produtividade quanto a área plantada de soja, ocorrem o processo de expansão esse movimento pode estar relacionado diretamente com o avanço da fronteira agrícola brasileira ocorrida no período.

Com relação às estimações, a partir da detecção de presença de dependência espacial por meio da análise de resíduos do painel de efeito fixo, tornou-se necessário a utilização de modelos espaciais. O modelo *Durbin Espacial* (SDM) tornou-se o mais indicado a partir dos critérios de seleção de *Akaike* e análise dos resíduos dos modelos estimados. Os resultados indicaram que microrregiões produtividade de soja tendem a apresentar taxas de crescimento maiores, evidenciando um processo lento de expansão da produtividade ao longo do território brasileiro.

Dentre as variáveis condicionais, a microrregiões com "intensificação" no plantio de soja não ganham tanta produtividade quanto as ainda não "intensificação", ambas se mostraram importantes para explicar a taxa de crescimento da produtividade de soja nas microrregiões, com efeito positivo na região de referência e não significativo para especializadas e positivo na sua versão de transbordamento espacial, indicando uma barreira nos efeitos quanto a ganho de produtividade.

Sobre as outras variáveis de controle, foi possível observar que microrregiões que produzem cana e soja, tendem a gerar maior produtividade a soja, seja devido a produção via rotação ou mesmo na competição das áreas para plantio, tal fator é possivelmente devido aos efeitos de ganho de intensidade tecnológica nas produções.

A análise apontou que a produtividade da soja no período anterior possui um efeito marginal direto negativo sobre a produtividade atual, enquanto que um efeito marginal indireto positivo foi observado nas regiões vizinhas. Foi percebido que a intensidade do cultivo da soja e a área de plantio de cana contribuem positivamente para a produtividade da soja, tanto a nível local quanto regional.

A variável "Produção e Exportação de Soja" demonstrou um efeito marginal direto negativo, que pode ser atribuído a perdas na produção durante o transporte e escoamento, ou até mesmo a fatores associados à finalidade da produção.

O Crédito Rural Pecuário apresentou impacto positivo na produtividade da soja, tanto de forma direta quanto indireta, embora a significância estatística do efeito direto seja menor. Tal resultado evidencia a importância do financiamento para o setor e a necessidade de pesquisas adicionais para entender melhor estas relações.

Foi notada uma convergência significativa da produtividade da soja ao longo do tempo, sendo que as microrregiões de menor produtividade estão se aproximando progressivamente das de maior produtividade em um processo de "*catching up*". No entanto, este processo de convergência é lento, estimando-se que seriam necessários cerca de 29,6 anos para que a diferença de produtividade da soja entre as microrregiões seja reduzida pela metade.

Ainda, recomenda-se que estudos futuros avaliem a magnitude das externalidades negativas causadas pelo avanço da fronteira agrícola, especialmente na Amazônia Legal e MATOPIBA, levando em conta a expansão da cultura da soja nessas regiões. Os insights oferecidos neste estudo são valiosos, não apenas para entender a dinâmica da produtividade da soja, mas também para a formulação de políticas públicas mais efetivas para o setor.

Referências

- ALMEIDA, Eduardo Simões de; PEROBELLI, Fernando Salgueiro; FERREIRA, Pedro Guilherme Costa. Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil?. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 46, p. 31-52, 2008.
- APROSOJA, Associação dos produtores de Soja. disponível em: <<https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/economia/#:~:text=A%20soja%20%C3%A9%20o%20principal%20produto%20exportado%20pelo%20Brasil,sendo%20a%20metade%20em%20gr%C3%A3o.>>, acesso em 10/07/2022.
- ARAÚJO, M. L. S. DE. DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA CULTURA DE SOJA NA REGIÃO DO MATOPIBA, BRASIL (1990-2015). [s.l.] Universidade de Brasília, 2018.
- ASSUNÇÃO, Juliano; GANDOUR, Clarissa; ROCHA, Rudi. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: prices or policies?. *Environment and Development Economics*, v. 20, n. 6, p. 697-722, 2015.
- BALDWIN, John R.; GU, Wulong. Trade liberalization: Export-market participation, productivity growth, and innovation. *Oxford Review of Economic Policy*, v. 20, n. 3, p. 372-392, 2004.
- BARBOSA, M. Z.; ASSUMPCÃO, R. Ocupação Territorial Da Produção E Da Agroindústria Da Soja No Brasil, Nas Décadas De 80 E 90. *Informações Econômicas*, v. 31, n. 11, p. 1-11, 2001.
- BAUMOL, W. J. Productivity growth, convergence and welfare. *American Economic Review*, Pittsburgh, PA, v. 76, n. 5, p. 1072-1085, 1986.
- BIZARI, E. H. Estudo de herança genética da resistência à *Macrophomina phaseolina* na cultura da soja. [s.l.] Unesp, 2018.
- BRACCINI, Alessandro de Lucca et al. Desempenho agrônomo e produtividade na sucessão soja-milho safrinha. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 32, p. 651-661, 2010.

- BURNQUIST, H. L. Liberação comercial: um fator de desenvolvimento do setor agrícola brasileiro. Estudos de política agrícola, v. 14, 1994.
- CAMPOS, Margarida Cássia. Fatores da expansão do complexo sojicultor no território brasileiro. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas-(ISSN 1808-2653), p. 6-36, 2010.
- CARMELLO, Vinicius. Tendência, variação espacial da soja e caracterização sócio econômica de municípios produtores do Paraná, Brasil. Ciência e Natura, v. 40, p. e34, 2018.
- CARRÃO-PANIZZI, Mercedes Concórdia; SILVA, JB da. Soja na alimentação humana: qualidade na produção de grãos com valor agregado. In: congresso de la soja del mercosur-mercosoja. 2011. p. 1-3.
- COMEX STAT. Estatísticas de comércio exterior do Brasil. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/municipio>>.
- CONAB. SAFRA AGRÍCOLA, 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>
- DE CASTRO, L. S.; ALMEIDA, E. S. DA. Uma convergência espacial da produção de soja no Brasil: o caso das regiões Centro-Oeste e Sul. Revista SPACES, v. Vol. 36, n. No 21, p. 1–20, 2015.
- DE CASTRO, Lucas Siqueira et al. A convergência espacial da produtividade de soja no Brasil: o caso das regiões Centro-Oeste e Sul. Revista ESPACIOS | Vol. 36 (Nº 21) Año 2015, 2015.
- DURANTON, J.; PUGA, Diego. Micro-foundation of urban agglomeration economies in Henderson V. J. and Thisse JF.(eds) Handbook of Regional and Urban Economics Vol. 4 Cities and Geography. 2003.
- ELHORST, J. Spatial econometrics. From cross-sectional data to spatial panels. Springer Heidelberg New York Dordrecht London, 2014
- FREITAS JUNIOR, A. M. DE. Convergência da demanda efetiva de automóveis no Brasil. [s.l.] Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2019.
- FREITAS JUNIOR, A. M. DE; BARROS, P. H. B. DE. An Expanded Knowledge Production Function : Evidence from Brazil with a Dynamic Spatial Panel Approach. SÃO PAULO: [s.n.]. Disponível em: <https://www.anpec.org.br/encontro/2019/submissao/files_I/i9-a2ae7b89e873d6023ca298f745582101.pdf>.
- FREITAS, M. DE C. M. DE. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. Enciclopédia Biosfera–Centro Científico Conhecer, Goiânia-GO, v. 7, n. 12, p. 1–12, 2011.
- GAZZONI, D. L. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. Ciência e Cultura, v. 70, n. 3, p. 16–18, 2018.
- GONÇALVES, Sergio Luiz et al. Rotação de culturas. 2007.
- IBGE. IBGE, 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>>
- Igliori, D. Deforestation, growth and agglomeration effects: Evidence from agriculture in the Brazilian Amazon. Anais: XXXIV Encontro Nacional de Economia, ANPEC, 2006
- JÚNIOR, Marcio Aloisio Silva; RAMOS, Patrícia Siqueira; FRIAS, Lincoln. A Dinâmica espacial da agricultura no Brasil em 2008 e 2018. Caderno de Ciências Agrárias, v. 13, p. 1-10, 2021.
- KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. DE B.; HENNING, A. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. Circular Técnica 136, v. 136, n. Londrina PR, p. 24, 2018.
- LOPES, J. L. Avaliação do processo de convergência da produtividade da terra na agricultura brasileira no período de 1960 a 2001 Tese de Doutorado, ESALQ/USP, 2004. (mimeo).

- MANOSSO, Fernando César. A produtividade de soja, trigo e milho e suas relações com a precipitação pluviométrica no município de Apucarana-PR no período de 1968 a 2002. *GEOGRAFIA (Londrina)*, v. 14, n. 1, p. 87-98, 2005.
- MIREYA S, DE S. A dinâmica regional do Centro-Oeste. *Anuário Antropológico*, v. 1, n. 1, p. 189–238, 2018.
- NOGUEIRA JUNIOR, S. NETO NEGRI, A. Crescimento diferenciado da soja no Brasil: uma análise regional. São Paulo. São Paulo - IEA, 1984.
- PEREIRA, Caroline Nascimento; CASTRO, César Nunes de. Expansão da produção agrícola, novas tecnologias de produção, aumento de produtividade e o desnível tecnológico no meio rural. 2022.
- PEROBELLI, F. S.; FARIA, W. R.; FERREIRA, P. G. C. Análise da convergência espacial do PIB per capita no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 1, n. 1, p. 85-113, 2009.
- PIRES, Murilo José de Souza. O Grau de heterogeneidade da estrutura agrícola da região Centro-Oeste segundo os Censos Agropecuários 1995, 2006 e 2017. 2020.
- PONTELLI, Greice Eccel et al. Exportação de soja do Brasil e Estados Unidos sob a ótica da orientação de mercado para exportações. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 14, n. Supl. 1, p. 1-12, 2021.
- PUGA, Fernando Pimentel. Alternativas de apoio a MPMEs localizadas em arranjos produtivos locais. 2003.
- RAIHER, Augusta Pelinski et al. Convergência da Produtividade Agropecuária do Sul do Brasil: uma análise espacial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 54, p. 517-536, 2016.
- REY, S. J.; MONTOURI, B. D. US regional income convergence: a spatial econometric perspective. *Regional Studies*, [S.l.], v. 33, n. 2, p. 143-156, 1999.
- RIBEIRO, R. G. A evolução tecnológica e a tomada de decisão do produtor de grãos do oeste do Paraná: o caso da propriedade típica de Cascavel (PR) - safras 2007/08 a 2016/17. [s.l.] Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2019.
- SANCHES, A. C.; MICHELLON, E.; ROESSING, A. C. AS PERSPECTIVAS DE EXPANSÃO DA SOJA. XLIII CONGRESSO DA SOBER “Instituições, Eficiência, Gestão e Contratos no Sistema Agroindustrial”, v. 06, n. 44, p. 1–20, 2005.
- SEFFRIN, Rodolfo; DE ARAÚJO, Everton Coimbra; BAZZI, Claudio Leones. Análise espacial de área aplicada a produtividade de soja na região oeste do Paraná utilizando o software R. *Revista Brasileira de Geomática*, v. 6, n. 1, p. 23-43, 2018.
- SOUZA, M. C. DE; PEROBELLI, F. S. Análise da distribuição territorial da sojicultura no Brasil: 1991-2003. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 39, n. 1, p. 46–65, 2008.
- SOUZA, S. S. S. et al. Mudanças Cambiais E O Efeito Dos Dos Fatores De Crescimento Das Receitas De Exportações Brasileiras De Soja. *Revista de Economia e Agronegócio*, v. 5, n. 1, p. 1–24, 2007.
- TEIXEIRA, Rudolph Fabiano Alves Pedroza; BERTELLA, Mario Augusto. Distribuição espaço-temporal da produtividade média do café em Minas Gerais: 1997-2006. *Análise Econômica*, v. 33, n. 63, 2015.
- TEJO, Débora Perdigão; FERNANDES, Carlos Henrique dos Santos; BURATTO, J. S. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. *Rev Cient Eletr FAEF*, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2019.
- VÁSQUEZ UCAÑAY, Cristhian Rafael Junior. Importancia de la soja (Glycine max) en la industria alimentaria. 2022.
- VIDIGAL, Vinícius Gonçalves; VIDIGAL, Cláudia Bueno Rocha; PARRÉ, José Luiz. Distribuição espacial da produtividade da soja no Rio Grande do Sul: um estudo exploratório. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, v. 40, n. 2, p. 1-9, 2018.

WOOLDRIDGE, J. M. *Econometric analysis of cross section and panel data*. Cambridge: The MIT Press, 2002.

Apêndices

Apêndice A

Tabela 4 - Coeficiente *I de Moran* para a produtividade de soja – 1998, 2008 e 2018

Convenção	Valor	Média	Desv.Pad	Z-valor	P-valor
1998					
2 Vizinhos mais próximos	0,806	-0,0018	0,0385	20,9797	0,00001
3 vizinhos mais próximos	0,803	-0,0019	0,0322	24,9847	0,00001
5 vizinhos mais próximos	0,796	-0,0019	0,0215	31,3353	0,00001
Todos os vizinhos mais próximos	0,792	-0,0019	0,0268	29,8185	0,00001
2008					
2 Vizinhos mais próximos	0,786	-0,0018	0,0386	20,4086	0,00001
3 Vizinhos mais próximos	0,775	-0,0017	0,0323	24,0672	0,00001
5 vizinhos mais próximos	0,772	-0,0018	0,0255	30,3756	0,00001
Todos os vizinhos mais próximos	0,779	-0,0018	0,0268	29,1269	0,00001
2018					
2 Vizinhos mais próximos	0,824	-0,0018	0,0379	21,420	0,00001
3 Vizinhos mais próximos	0,816	-0,0018	0,0312	25,355	0,00001
5 vizinhos mais próximos	0,806	-0,0018	0,0251	31,704	0,00001
Todos os vizinhos mais próximos	0,808	-0,0018	0,0208	30,215	0,00001

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 5 - Correlação Variáveis Microrregiões Brasil – 1997 a 2018 – 11719 Observações

Correlação		Y1	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Y1	<i>Tx. Produtivid. Soja</i>	1.0000	-	-	-	-	-	-	-
X1	Produtividade. Soja	-0.095	1.0000	-	-	-	-	-	-
X2	Tem Especialização Produção GS	0.0441	0.4073	1.0000	-	-	-	-	-
X3	Não Tem Especialização Produção GS	0.0451	0.5056	-0.163	1.0000	-	-	-	-
X4	<i>Area. Plan. Cana</i>	0.0098	0.3208	0.0439	0.1455	1.0000	-	-	-
X5	<i>Area. Plan. Milho</i>	-0.004	0.4844	0.2579	0.3071	0.1983	1.0000	-	-
X6	<i>Produz e Exporta</i> GS	0.0283	0.3528	0.4425	0.2237	0.0610	0.2202	1.0000	-
X7	Crédito Pecuário	0.0042	0.2922	0.1435	0.1537	0.2216	0.3639	0.1398	1.0000

Fonte: Resultado da pesquisa.

Nota: (Produtivid.) = (Produtividade); (GS) = (Grão de Soja)

Tabela 6 – Painel de efeitos fixos (Sem componente espacial) - *I de Moran* dos resíduos taxa de crescimento produtividade soja das microrregiões brasileiras.

Ano	Matriz Espaciais				
	K2	K3	K5	K7	K10
1998	0.284*	0.225*	0.195*	0.161*	0.160*
1999	0.200*	0.208*	0.202*	0.201*	0.189*
2000	0.080	0.091	0.095*	0.106*	0.114*
2001	0.389*	0.371*	0.352*	0.327*	0.305*
2002	0.255*	0.231*	0.207*	0.238*	0.224*
2003	0.318*	0.314*	0.325*	0.280*	0.260*
2004	0.401*	0.386*	0.366*	0.348*	0.324*
2005	0.203*	0.184*	0.158*	0.144*	0.126*
2006	0.326*	0.319*	0.303*	0.304*	0.312*
2007	0.254*	0.248*	0.245*	0.236*	0.237*
2008	0.144*	0.198*	0.165*	0.144*	0.143*
2009	0.176*	0.186*	0.157*	0.164*	0.165*
2010	0.378*	0.380*	0.363*	0.361*	0.354*
2011	0.361*	0.357*	0.352*	0.351*	0.339*
2012	0.332*	0.339*	0.313*	0.301*	0.285*
2013	0.443*	0.440*	0.426*	0.417*	0.400*
2014	0.429*	0.434*	0.392*	0.378*	0.368*
2015	0.245*	0.242*	0.245*	0.252*	0.244*
2016	0.402*	0.393*	0.372*	0.354*	0.348*
2017	0.391*	0.400*	0.373*	0.367*	0.373*
2018	0.353*	0.328*	0.300*	0.283*	0.272*

Nota: K(n): Matriz de vizinhos n: número de vizinhos mais próximos; * Significante ao nível de 1%

Fonte: Resultado da pesquisa.

Tabela 7 – *I de Moran* dos resíduos das microrregiões brasileiras por modelo.

Ano	Matriz Espaciais			
	SAR	SEM	SDM	SAC
1998	0.220*	0.229*	0.244*	0.258*
1999	0.038	0.038	0.038	0.035
2000	0.037	0.036	0.036	0.031
2001	0.168*	0.163*	0.159*	0.144*
2002	0.082	0.088	0.093	0.108*
2003	0.111*	0.117*	0.129*	0.137*
2004	0.145*	0.137*	0.125*	0.107*
2005	0.084	0.089	0.096	0.105*
2006	0.099	0.100*	0.097	0.100*
2007	-0.060	-0.060	-0.058	-0.064
2008	-0.049	-0.044	-0.035	-0.029
2009	-0.032	-0.025	-0.006	0.001
2010	0.043	0.049	0.064	0.067
2011	0.032	0.032	0.028	0.032
2012	0.156*	0.158*	0.166*	0.164*
2013	0.152*	0.145*	0.136*	0.120*
2014	0.098	0.090	0.070	0.061
2015	0.003	0.000	-0.005	-0.005
2016	0.187*	0.176*	0.146*	0.133*
2017	0.142*	0.132*	0.086	0.099*
2018	0.236*	0.222*	0.181*	0.167*

Nota: * Significante ao nível de 1%

Fonte: Resultado da pesquisa.

Tabela 8 –Dumyes- De Interação Espaço Tempo Para os Modelos

Ano	Efeito Fixo	SAR	SEM	SDM
1998	-	-	-	-
1999	0.0098	0.0106	0.0118	0.0218*
2000	0.0049	0.0042	0.0048	0.0152*
2001	0.0177*	0.0158*	0.0176*	0.0266*
2002	0.0112*	0.0103*	0.0115*	0.0211*
2003	0.0151*	0.0137*	0.0153*	0.0246*
2004	0.0178*	0.0166*	0.0184*	0.0267*
2005	0.0098*	0.0099*	0.0109*	0.0196*
2006	0.0307*	0.0281*	0.0310*	0.0378*
2007	0.0298*	0.0278*	0.0306*	0.0373*
2008	0.0181*	0.0171*	0.0189*	0.0268*
2009	0.0172*	0.0163*	0.0180*	0.0261*
2010	0.0289*	0.0268*	0.0298*	0.0373*
2011	0.0275*	0.0252*	0.0279*	0.0358*
2012	0.0180*	0.0168*	0.0186*	0.0270*
2013	0.0332*	0.0304*	0.0334*	0.0404*
2014	0.0278*	0.0261*	0.0284*	0.0356*
2015	0.0309*	0.0290*	0.0315*	0.0375*
2016	0.0312*	0.0293*	0.0318*	0.0381*
2017	0.0426*	0.0400*	0.0434*	0.0481*
2018	0.0377*	0.0358*	0.0385*	0.0431*

Nota: * Significante ao nível de 1%

Fonte: Resultado da pesquisa

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa tese de doutorado abordou a análise da dinâmica espaço-temporal da demanda de crédito rural pecuário e da produtividade da soja no Brasil, com ênfase na exploração de padrões de associação espacial e identificação de clusters, aglomerados produtivos e transbordamentos espaciais significativos. Os estudos focaram na compreensão das dinâmicas de produção da pecuária bovina e da soja, dois pilares cruciais do agronegócio brasileiro.

A pesquisa revelou uma tendência de crescimento na produção bovina e na demanda de crédito pecuário. Evidenciou-se que o custeio e investimento são as principais finalidades deste crédito, sinalizando um processo dinâmico na produção pecuária brasileira. Foi evidenciada uma mudança geográfica significativa na produção de bovinos, do Centro-Oeste para a atual fronteira agrícola brasileira, o Matopiba, assim como o aumento de aglomerações de alta e baixa produção. Importante notar o crescimento dos clusters de investimento na direção da floresta amazônica, trazendo preocupações ambientais que precisam ser abordadas em estudos futuros.

Paralelamente, a análise da produtividade da soja mostrou que microrregiões com alta produtividade tendem a estar circundadas por outras de alta produção, confirmando a presença de aglomerados produtivos. Notou-se uma intensificação dos agrupamentos de produtividade de soja, particularmente nas regiões Sul e Centro-Oeste do país. Essa tendência pode estar associada à expansão da fronteira agrícola brasileira. Também foi constatado que a produtividade da soja tem apresentado uma convergência significativa ao longo do tempo, ou seja, as regiões de menor produtividade estão se aproximando das de maior produtividade, em um processo de "*catching up*", estimou-se, entretanto, que este processo de convergência é lento. Para se ter uma ideia, seriam necessários cerca de 29,6 anos para que a diferença de produtividade da soja entre as microrregiões seja reduzida pela metade. Este período, também conhecido como "meia-vida", indica a velocidade de convergência neste contexto.

Ao integrar os resultados dessas análises, este estudo mostrou a relevância multifacetada do crédito rural pecuário no agronegócio brasileiro, tanto na expansão da produção bovina quanto na produtividade da soja. Observou-se que a produtividade da soja foi impactada positivamente tanto diretamente quanto indiretamente pelo crédito rural pecuário. No caso do impacto direto, os investimentos em tecnologia e infraestrutura, possibilitados pelo acesso a crédito, podem ter levado a um aumento na produtividade da soja. Já o impacto indireto pode estar ligado à dinâmica de uso do solo, onde o financiamento para a pecuária pode influenciar a distribuição e o manejo da cultura da soja. Embora o efeito direto seja estatisticamente menos significativo que o indireto. Isso reforça a complexidade e a interdependência do agronegócio brasileiro, onde diferentes segmentos, como a pecuária e a sojicultura, podem estar intrinsecamente conectados por meio de múltiplos fatores, incluindo financeiros.

Além disso, o estudo ressaltou a relevância das exportações de soja e da intensificação do cultivo da soja na dinâmica da produtividade. Regiões com alta taxa de exportação e com cultivo intensificado de soja apresentaram taxas de crescimento de produtividade mais elevadas, indicando um cenário de competição produtiva e a busca constante por maior eficiência.

Os insights deste estudo são cruciais para entender as dinâmicas do agronegócio brasileiro e podem subsidiar a formulação de políticas públicas mais efetivas. Ainda, pode orientar órgãos públicos e privados na análise da situação econômica da bovinocultura e da produção de soja. Portanto, os resultados desta tese apresentam contribuições significativas para a literatura do agronegócio brasileiro, ao conectar a importância do crédito rural pecuário com a produtividade da soja e a expansão da produção bovina, destacando as interações espaciais e temporais dessas dinâmicas.

Por fim, ressalta-se a possibilidade de estudos futuros que explorem as implicações ambientais da expansão da produção bovina e da soja para a floresta amazônica e a região do MATOPIBA, assim como a importância de uma avaliação detalhada das externalidades negativas causadas por essa expansão. Isso evidencia o papel fundamental da pesquisa científica no equilíbrio entre o crescimento econômico, a sustentabilidade ambiental e a equidade social.