

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
UNIOESTE - *CAMPUS* DE TOLEDO  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
DESENVOLVIMENTO REGIONAL E AGRONEGÓCIO  
PGDRA  
MESTRADO**

**FATORES DE PRODUÇÃO, AGRICULTURA E  
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO REGIONAL NO  
BRASIL**

**ISABELA ROMANHA DE ALCANTARA**

**TOLEDO  
2020**

**ISABELA ROMANHA DE ALCANTARA**

**FATORES DE PRODUÇÃO, AGRICULTURA E  
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO REGIONAL NO  
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio - Mestrado, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/*Campus* de Toledo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Lucir Reinaldo Alves

TOLEDO

2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Alcantara, Isabela Romanha  
Fatores de produção, agricultura e desenvolvimento econômico regional no Brasil / Isabela Romanha Alcantara; orientador(a), Lucir Reinaldo Alves, 2020.  
138 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Toledo, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, 2020.

1. Fatores de produção. 2. Agricultura. 3. Desenvolvimento econômico regional. I. Alves, Lucir Reinaldo. II. Título.

**ISABELA ROMANHA DE ALCANTARA**

**FATORES DE PRODUÇÃO, AGRICULTURA E  
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO REGIONAL NO  
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio - Mestrado, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/*Campus* de Toledo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Lucir Reinaldo Alves  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

---

Prof. Dra. Augusta Pelinski Raiher  
Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

---

Prof. Dr. José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho  
Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA)  
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)  
Universidade de Brasília (UnB)

---

Prof. Dr. Pery Francisco Assis Shikida  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Toledo, 11 de fevereiro de 2020.

Aos meus pais,  
**Emilio de Alcantara e**  
**Elisia Gorete Romanha de Alcantara.**

## AGRADECIMENTOS

Ao cruzar a ponte do Rio Piquiri, as lavouras de soja, milho e trigo, as grandes cooperativas da região, rumo à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) – *campus* Toledo, eu fazia a seguinte indagação a mim mesma: “*será que estou no caminho certo?*”. Ao chegar em Toledo, capital do agronegócio do Paraná, conhecida por seus solos férteis e pela alta produtividade agrícola, os meus pensamentos eram: “*será que esse município também será fértil para mim? Será que conseguirei ser produtiva e poderei ter uma ‘boa colheita’ no futuro?*”. Ao cruzar os portões da UNIOESTE, o meu questionamento era: “*será que estou preparada para ser mestre?*”. Com ajuda de muitas pessoas, todas essas perguntas foram respondidas.

Primeiramente, preciso agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. Lucir Reinaldo Alves, pelo amparo e pela paciência. Tenho a honra e a felicidade de dizer que ele é meu mentor acadêmico. O professor Lucir acreditou em mim desde o nosso primeiro contato. Em todas as orientações, ao pedir para eu melhorar aquilo para o que já tinha dado o meu melhor, ele dizia: “*Isa, eu vou te passar um desafio!*”. E, então, ele me mostrava o caminho para realizar o impossível. Agora o impossível, que é os FATORES DE PRODUÇÃO, AGRICULTURA E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO REGIONAL NO BRASIL, pode ser lido nas próximas páginas desta dissertação.

Também aprendi muito com o Prof. Dr. Pery Francisco Assis Shikida, a quem também preciso agradecer. A primeira fala do professor Pery no primeiro dia de aula foi: “*eu vou tirar o seu chão, mas é para você aprender a voar*”. E foi exatamente isso que ele fez. Sou muito grata pela exigência, pela confiança, pelas oportunidades e por todas as portas abertas. Mas creio que o seu maior legado são os 5Ds: Determinação, Dinamismo, Dignidade, Disciplina e Deus. Esses são valores que jamais esquecerei e levarei comigo para sempre.

Quanto à minha amiga Samara Cristina Vieceli Piacenti e seu esposo Rodrigo Piacenti, preciso agradecer por todo o apoio e carinho que recebi. Samara, sempre parceira de estudos, é exemplo de determinação e dedicação. Obrigada pela lealdade e por sempre estar presente e compartilhar comigo os momentos de angústia e transformá-los em alegria.

As palavras de otimismo do meu amigo José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho foram inspiração e incentivo para eu continuar seguindo meus sonhos. Aprendi muito com ele sobre superação, honestidade e humildade. Sou muito grata por ter sua amizade.

Ao João Guilherme Araujo Schmidt, agradeço pela cumplicidade, pelas aventuras vividas, pelo incentivo aos estudos, pelas quebras de paradigmas e por me ensinar que o mais importante da vida é ser feliz.

Ao Allan Akihito Horinouti, à Cinthia Santos Silva, à Franciele Fernanda da Silva, ao Leonardo Rodrigues, ao Lucas Eduardo de Oliveira Candido, ao Lucas Vitor de Alencar, à Mariane Souza, ao Mateus Henrique de Oliveira Candido, à Priscila Lais Blanck, à Stella Garcia, ao Vinicius Basso Malacrida e ao Willian Marcon Bicaio e sua família, meu muito obrigada pela amizade, pela reciprocidade e pelo companheirismo.

Um agradecimento especial aos amigos de turma do mestrado, que me mostraram o valor de um trabalho em equipe, em ordem alfabética, Bianca Giordani Baú, Daiane Staback, Giovani Pitilin, Helena Nickel, Priscila Lais Blanck, Samara Cristina Vieceli Piacenti, Thiago Paetzhold e Vanderlei Mariussi.

Os meus professores, tanto do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio (PGDRA – UNIOESTE) quanto do Programa de Pós-Graduação em Economia (PGE – UNIOESTE e UEM), também são lembrados neste agradecimento, pois contribuíram muito para o meu crescimento por meio de ensinamentos que estimularam a reflexão crítica. Agradeço aos professores Carla Maria Schmidt, Carlos Alberto Piacenti, Flávio Braga, Jandir Ferrera de Lima, Jefferson Staduto, José Luiz Parré, Lucir Reinaldo Alves, Mirian Beatriz Schneider, Pery Francisco Assis Shikida, bem como Rosângela Pontili. Aproveito para agradecer à Roseli Lotte, assistente do PGDRA, pela presteza e cordialidade.

Toledo é um município lindo. É como se houvesse magia em todos os lugares. Viver em Toledo foi uma experiência incrível. No entanto, isso só foi possível graças à acolhida que recebi de Dirce e Luiz Specia. Muito obrigada!

Obrigada especialmente aos meus pais Emilio de Alcantara e Elisia Gorete Romanha de Alcantara, aos meus irmãos Bruno Romanha de Alcantara, Fábio Romanha de Alcantara e Karina Romanha de Alcantara, às minhas cunhadas Emanuela Aparecida Mildenberg de Alcantara e Dynnefer Pereira Borges de Alcantara, aos meus sobrinhos Davi Mildenberg de Alcantara, Pedro Mildenberg de

Alcantara, Mateus Borges de Alcantara e Daniel Borges de Alcantara. Agradeço por terem aceitado e convivido com minha ausência. O apoio que recebi da minha família foi essencial para que eu pudesse percorrer todo o caminho de perguntas e respostas de Umuarama até o PGDRA.

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), recursos essenciais ao desenvolvimento do meu trabalho de pesquisa. Portanto, registro a importância de se investir em qualificação profissional e os meus agradecimentos.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu pudesse encontrar as respostas às minhas perguntas, a minha gratidão.

**“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível,  
e de repente você estará fazendo o impossível.”**

São Francisco de Assis

ALCANTARA, I. R. **Fatores de produção, agricultura e desenvolvimento econômico regional no Brasil**. Dissertação. Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio – Centro de Ciências Sociais Aplicada, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus Toledo.

## RESUMO

A produção agrícola brasileira é de importância mundial. O Brasil é o principal produtor e exportador de diversos produtos e *commodities* agrícolas. A história brasileira confunde-se com o desempenho das suas atividades agrícolas. Estudar os fatores de produção, tais como terra, trabalho e tecnologia, tornou-se relevante para verificar o cerne da competitividade da agricultura brasileira. Contudo, busca-se questionar de que forma cada fator de produção é utilizado na agricultura brasileira. Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho pretende analisar o uso dos fatores de produção na agricultura brasileira, bem como a sua espacialidade entre os anos de 2006 e 2017. Na fundamentação teórica, são apresentadas as principais linhas de pensamentos clássicos e contemporâneos acerca do desenvolvimento econômico e regional. A revisão da literatura concentra-se nos principais estudos acerca da função de produção e dos fatores de terra, trabalho e tecnologia. A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) e a Econometria Espacial foram os procedimentos metodológicos utilizados, para além de uma revisão de literatura sobre o tema. A inovação e tecnologia têm auxiliado o Brasil no processo de desenvolvimento econômico regional, sendo o caso da agricultura brasileira um exemplo para ilustrar tal processo. A organização espacial da produção agrícola e de seus fatores possui características marcantes no contexto brasileiro, cujo padrão de associação foi positivo (indicando a presença de aglomerações) para todos os fatores de produção, destacando-se a tecnologia relacionada com o conhecimento. Ademais, essa tecnologia não física também foi o fator mais importante tanto em 2006 quanto em 2017, conforme os resultados econométricos. A tecnologia física, relacionada com o uso de tratores, foi o segundo elemento mais importante para determinar o valor da produção agrícola. Já a importância do fator de trabalho pouco se alterou ao longo do tempo, enquanto o fator terra mostrou-se não significativo para o valor da produção agrícola. Percebeu-se, também, que a espacialidade influencia no valor da produção agrícola, dado o efeito transbordamento.

**Palavras-chave:** Fatores de produção; Agricultura; Desenvolvimento econômico regional; Análise Exploratória de Dados Espaciais; Econometria espacial; Tecnologia.

ALCANTARA, I. R. **Production factors, agriculture and regional economic development in Brazil**. Dissertation. Master in Regional Development and Agribusiness – Center for Applied Social Sciences, Western Parana State University – UNIOESTE, Campus Toledo.

## ABSTRACT

Brazilian agricultural production is globally important. Brazil is the main producer and exporter of various products and commodities. Brazilian history is mixed with the performance of agricultural activities in the country. Studying the production factors, such as land, labor, and technology, became relevant to verify the core of the competitiveness of Brazilian agriculture. However, we seek to question how each production factor is used in Brazilian agriculture. It is in this context that the general objective of this paper is to analyze the use of production factors in Brazilian agriculture, as well as their spatiality between 2006 and 2017. The theoretical foundation presents the main lines of classic and contemporary thoughts on economic and regional development. The literature review focuses on the main studies on the production function and the factors of land, labor, and technology. The Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA) and Spatial Econometric were the methodological procedures used, besides a literature review on the theme. Innovation and technology have helped Brazil in the process of regional economic development, which Brazilian agriculture is an example to illustrate this process. The spatial organization of agricultural production and its factors have remarkable characteristics in the Brazilian context, which association pattern was positive (indicating the presence of agglomerations) for all production factors, especially knowledge-related technology. In addition, this non-physical technology was also the most important factor in both 2006 and 2017, according to econometric results. Physical technology, related to the use of agricultural tractors, was the second most important element to determine the value of agricultural production. Nevertheless, the importance of the labor factor slightly changed over time while the land factor was not significant for the value of agricultural production. It was also noticed that spatiality influences the value of agricultural production, given the spillover effect.

**Key-words:** Production factors; Agriculture; Regional economic development; Exploratory Spatial Data Analysis; Spatial econometrics; Technology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da dissertação .....	21
Figura 2 – Ordem cronológica dos autores e das teorias da economia espacial .....	27
Figura 3 – Curva do preço e uso da terra de Von Thünen .....	28
Figura 4 – Efeitos da indústria motriz na estrutura de produção e na demanda/mercado regionais, segundo François Perroux .....	30
Figura 5 – Dinâmica regional com base nas exportações segundo Douglass North.	32
Figura 6 – Encadeamentos do setor agrícola.....	34
Figura 7 – Modelo de difusão representado pelo modelo logístico de contágio .....	48
Figura 8 – Municípios, estados e macrorregiões do Brasil.....	51
Figura 9 – Ferramentas utilizadas para atender cada objetivo específico.....	52
Figura 10 – Plano cartesiano de associação espacial.....	57
Figura 11 – Convenção de contiguidade do tipo rainha, torre e bispo .....	58
Figura 12 – Processo a-espacial.....	60
Figura 13 – Modelos espaciais.....	62
Figura 14 – Valor líquido da produção agrícola de países selecionados*, em bilhões de US\$** – 1961–2016.....	66
Figura 15 – Principais acontecimentos da trajetória da agricultura brasileira e índice de produção de alimentos no Brasil – 1961–2016 .....	73
Figura 16 – Balança comercial do agronegócio brasileiro – 1997–2019*.....	74
Figura 17 – Exportações brasileiras por mercados* – 2018.....	76
Figura 18 – Exportações do agronegócio brasileiro por setores – 2018 .....	76
Figura 19 – Exportações brasileiras do agronegócio por unidade federativa – 2018	78
Figura 20 – Percentual do VAB da agropecuária em relação ao VAB total do município, Brasil – 2016 .....	79
Figura 21 – Área ocupada (hectares), número de estabelecimentos agropecuários cujo produtor possui formação superior, pessoal ocupado na agropecuária e número de tratores no Brasil – 1970–2017 .....	80
Figura 22 – Área média dos estabelecimentos agropecuários (hectares), Brasil – 2017 .....	83
Figura 23 – I de Moran local do VPA, por município, Brasil – 2006/2017 .....	87
Figura 24 – Valor da produção agrícola por município, Brasil – 2006*/2017.....	88

Figura 25 – I de Moran local do fator terra, por município, Brasil – 2006/2017 .....	90
Figura 26 – Área dos estabelecimentos agropecuários, por município, Brasil (hectares) – 2006/2017 .....	91
Figura 27 – Percentual da área dos estabelecimentos agropecuários em relação à área total do município, Brasil – 2017 .....	92
Figura 28 – Uso da terra no Brasil – 2018.....	93
Figura 29 – I de Moran local do fator trabalho, por município, Brasil – 2006/2017....	95
Figura 30 – Número de pessoas ocupadas em atividades agropecuárias, por município, Brasil – 2006/2017 .....	96
Figura 31 – I de Moran local do número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários, por município, Brasil – 2006/2017 .....	97
Figura 32 – Número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários, por município, Brasil – 2006/2017 .....	98
Figura 33 – I de Moran local do percentual de estabelecimentos cuja escolaridade do produtor é de nível superior, por município, Brasil – 2006/2017 .....	99
Figura 34 – Percentual de estabelecimentos cuja escolaridade do produtor é de nível superior, por município, Brasil – 2006/2017 .....	100
Figura 35 – Percentual de estabelecimentos agropecuários conforme o nível de instrução do produtor* em 2006 e 2017 .....	101
Figura 36 – Processo de defasagem espacial.....	127
Figura 37 – Processo de erro autorregressivo espacial .....	128
Figura 38 – Processo de defasagem com erro autorregressivo espacial .....	129
Figura 39 – Processo regressivo cruzado espacial .....	130
Figura 40 – Processo de Durbin espacial.....	131
Figura 41 – Processo de Durbin de erro espacial .....	131
Figura 42 – Processo de modelo espacial geral (GSM) .....	132
Figura 43 – Valor adicionado da produção agrícola dos Estados Unidos em percentual* (1910–2019**) .....	134
Figura 44 – Valor das exportações do agronegócio brasileiro para China e União Europeia – 1997–2019* .....	135
Figura 45 – I de Moran e gráficos de dispersão .....	136
Figura 46 – Valor da produção agrícola – 2017 .....	138

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro-resumo do estudo dos fatores de produção agrícola .....	43
Quadro 2 – Variáveis.....	54
Quadro 3 – Resumo dos métodos de estimação dos modelos econométricos .....	63
Quadro 4 – I de Moran para Matrizes de peso espaciais .....	136

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Taxa geométrica do crescimento da produtividade agrícola* de países selecionados** – 1961–2017 .....	68
Tabela 2 – Regressões .....	104

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	18
1.2	<b>Objetivos</b> .....	22
1.2.1	Objetivo geral.....	22
1.2.2	Objetivos específicos.....	22
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	23
2.1	<b>Fatores de produção, agricultura e desenvolvimento: a abordagem clássica do desenvolvimento econômico</b> .....	23
2.2	<b>Fatores de produção, agricultura e desenvolvimento: a abordagem do desenvolvimento regional</b> .....	27
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	37
3.1	<b>A função de produção</b> .....	37
3.1.1	Fator terra.....	44
3.1.2	Fator trabalho .....	45
3.1.3	Fator tecnologia.....	46
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	51
4.1	<b>Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)</b> .....	54
4.2	<b>Da econometria convencional à econometria espacial</b> .....	60
<b>5</b>	<b>TRAJETÓRIA DA AGRICULTURA E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA PARA O BRASIL</b> .....	64
<b>6</b>	<b>ANÁLISE ESPACIAL E ECONOMÉTRICA</b> .....	86
6.1	<b>Análise espacial</b> .....	86
6.2	<b>Análise econométrica</b> .....	102
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	107
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	110
	<b>APÊNDICE A</b> .....	119
	<b>APÊNDICE B</b> .....	125
	<b>APÊNDICE C</b> .....	127
	<b>APÊNDICE D</b> .....	134

<b>APÊNDICE E .....</b>	<b>135</b>
<b>APÊNDICE F.....</b>	<b>136</b>
<b>APÊNDICE G.....</b>	<b>138</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de alimentos é uma preocupação global que afeta diretamente a qualidade de vida das pessoas e o meio ambiente. Garantir a segurança alimentar de forma sustentável, diante do grande dilema da economia (escassez de recursos e infinitos desejos), é um dos grandes desafios a ser superado. A segurança alimentar é atingida quando a demanda e a oferta de alimentos crescem no mesmo ritmo (MARTHA JUNIOR; ALVES; CONTINI, 2012).

A produção de alimentos, bem como as demais atividades agrícolas, possui grande efeito no processo de desenvolvimento econômico de uma região. Os aspectos locacionais podem influenciar nesse processo, pois o desenvolvimento está intimamente relacionado com as características regionais que estimulam movimentos econômicos diversos (PIACENTI; FERRERA DE LIMA; EBERHARDT, 2016). Conceitualmente, o desenvolvimento regional é multidisciplinar e mudou de 'roupagem' diversas vezes ao longo do tempo. Apesar disso, é reconhecido que o desenvolvimento consiste em um processo de longo prazo, marcado pelo crescimento econômico e por mudanças estruturais, na ampliação da economia de mercado, na elevação geral da produtividade e do nível do bem-estar do conjunto da população, com preservação do meio ambiente (DRUCIAKI, 2017).

No processo de desenvolvimento, o setor agrícola é abordado de forma direta e indireta por diversos autores clássicos da economia e geografia econômica. Isso sugere que a agricultura pode contribuir de diversas formas para o desenvolvimento econômico e regional. As teorias de análise econômica regional apontam que os aspectos locacionais contribuem para o desenvolvimento econômico. Esse desenvolvimento acontece de diversas maneiras (ALVES, 2016). A agricultura é ser um setor estratégico que contribui para o processo de desenvolvimento econômico regional, auxiliado por um processo inovador (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

Pesquisas relacionadas ao agronegócio<sup>1</sup> são determinantes para a inovação e a melhoria de tecnologias já existentes, bem como para o entendimento da participação de cada um desses elementos nas regiões. A inovação e a tecnologia

---

<sup>1</sup> Agronegócio "é a soma das atividades de fornecimento de bens e serviços à agricultura, da produção agrícola, do processamento, da transformação e da distribuição de produtos de origem agrícola até o consumidor final. No segmento da produção, são contemplados o pequeno, o médio e o grande produtor rural" (ALVES; CONTINI; GASQUES, 2008, p. 68).

aplicadas na agricultura têm a capacidade de reduzir a pobreza de uma região<sup>2</sup> e ainda de melhorar os índices de competitividade e de desenvolvimento das regiões mais desenvolvidas de um país. Ou seja, a agricultura é um setor chave para a conexão entre segurança alimentar e desenvolvimento econômico (DE JANVRY; SADOULET, 2009; VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

Dentre as principais funções da agricultura no desenvolvimento, pode-se citar o fornecimento de alimentos e matérias-primas para o setor urbano-industrial, a geração de divisas estrangeiras devido às exportações agrícolas e a construção de mercados para bens industriais (BACHA, 2004; CINTRA, 1978). Não é somente a disponibilidade de recursos, tecnologia e capital humano que definem a capacidade de um país em garantir a segurança alimentar ou se tornar um exportador agrícola, mas também a maneira e a intensidade do uso desses recursos e fatores de produção. Essa maneira e a intensidade podem ser otimizadas por meio de inovação e absorção de conhecimento que resultam em um efeito *spillover*<sup>3</sup> que afeta toda a cadeia produtiva (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

Nos sistemas de produção, os agricultores tomam decisões baseadas no conhecimento acumulado, assim como a escolha do melhor modelo de produção e a combinação de fatores. Conforme Alves, Souza e Marra (2017), terra, trabalho e tecnologia são os fatores de produção que determinam a agricultura brasileira, sendo que fatores de produção podem ser de existência física ou não física. Dentre os fatores de existência física, podem-se citar a terra, os trabalhadores e certos tipos de tecnologias, como maquinários agrícolas, cultivares de alto rendimento, defensivos, fertilizantes, etc. Já como fator de existência não física, tem-se o conhecimento (DUARTE; ALVES, 2016).

No caso do Brasil, o desenvolvimento da agricultura é baseado principalmente no ganho de produtividade. O aumento da produtividade está altamente relacionado

---

<sup>2</sup> A redução da pobreza rural é associada ao crescimento dos rendimentos e da produtividade da mão de obra agrícola, cuja variação é heterogênea no contexto inter-regional. O crescimento do PIB originário da agricultura induz o crescimento da renda entre os 40% mais pobres, três vezes maior do que o crescimento originado no resto da economia. Ou seja, o poder da agricultura vem não apenas do seu efeito direto de redução da pobreza, mas também de seus efeitos potencialmente fortes de ligação ao crescimento no resto da economia (DE JANVRY; SADOULET, 2009).

<sup>3</sup> Tradução desse conceito é dada por 'efeito de transbordamento'. As transformações entre as diferentes estruturas podem estar relacionadas com o efeito *spillover*. O efeito *spillover* é um conceito desenvolvido na década de 1950, sendo Ernst Haas um dos precursores do termo. Refere-se à noção de integração de uma área funcional certamente levará a integração de outras áreas, por meio de comportamentos e atitudes do governo, colaboradores e outros grupos de interesse (HAAS, 2004).

com o processo de inovação, o qual é dependente de certos estímulos (GASQUES et al., 2012), bem como com os aspectos locacionais de cada região brasileira. A agricultura brasileira é uma atividade estratégica e de importância mundial. O Brasil é o principal produtor de diversos produtos – como açúcar, laranja, café – e está entre os líderes mundiais em relação à produção de soja, milho, algodão e carnes bovina, suína e de aves (FAOSTAT, 2019).

Em 1996, o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio do Brasil foi de R\$ 854,7 bilhões (o que correspondeu a 31,9% do total do PIB nacional), do qual 75% era explicado pelo ramo agrícola e 25% pelo ramo da pecuária. Em 2006, este valor passou para R\$ 2,4 trilhões (23,3% do PIB total do Brasil). Já em 2017, o PIB do agronegócio brasileiro atingiu mais de R\$ 6,5 trilhões (cujas participação no PIB total foi de 21,6%), sendo 70% do ramo agrícola e 30% do ramo pecuário (CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2019). É nesse contexto que a agricultura brasileira tem se destacado no cenário internacional. Estudar os fatores de produção empregados torna-se relevante para verificar o cerne dessa competitividade.

Diante da importância da agricultura no Brasil, do seu papel de dinamizador de inovação e desenvolvimento regional, além das diferentes formas de uso dos fatores de produção de cada região, este trabalho tem como objeto a agricultura de todos os municípios brasileiros, cujo foco é responder a seguinte problemática: qual a importância de cada fator de produção na agricultura brasileira?

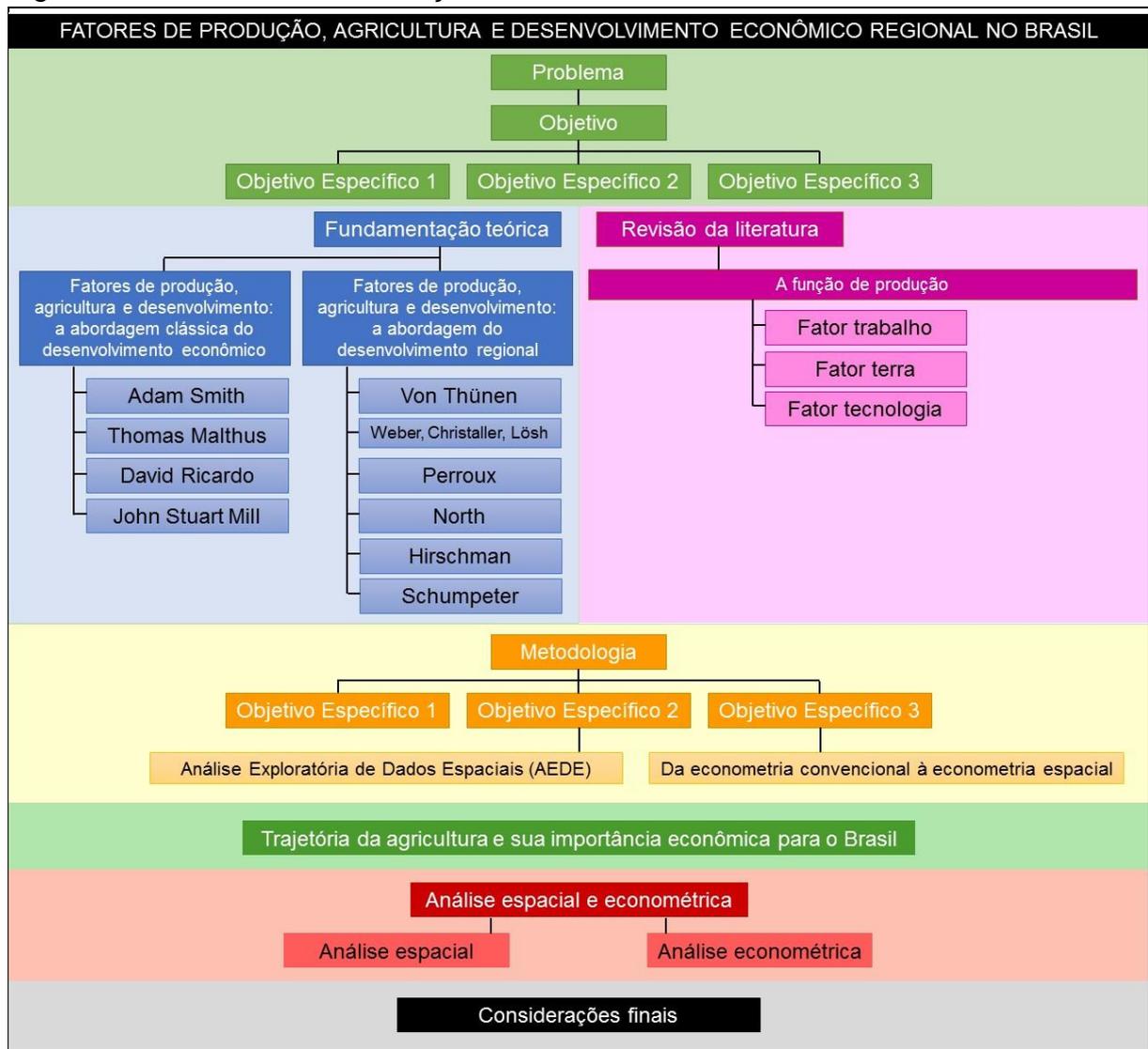
Este trabalho justifica-se pela lacuna da literatura que relaciona a agricultura com aspectos espaciais. Parte-se da hipótese de que dentre os fatores de produção (terra, trabalho e tecnologia) o efeito do fator tecnologia e os seus efeitos de transbordamentos tenham ganhado maior importância para explicar o aumento da produção agrícola brasileira no decorrer do tempo, em detrimento dos fatores terra e trabalho.

Assim, esse trabalho se divide em sete capítulos, contando com esta introdução, seguida dos objetivos. A fundamentação teórica, capítulo dois, apresenta estudos acerca dos fatores de produção, agricultura e desenvolvimento regional com uma abordagem clássica do desenvolvimento econômico e com uma abordagem do desenvolvimento regional. A função de produção, bem como os fatores de terra, trabalho e tecnologia, é verificada no capítulo três da revisão de literatura. O capítulo

quatro apresenta a metodologia utilizada neste estudo, destacando os procedimentos de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) e de econometria convencional e espacial. A trajetória da agricultura e sua importância econômica para o Brasil é verificada no capítulo cinco. O capítulo seis está dividido entre a análise espacial e a análise econométrica dos fatores de produção da agricultura brasileira. A conclusão deste trabalho está no capítulo sete.

A estrutura desta dissertação pode ser melhor compreendida com apoio da Figura 1, em que estão apresentados os sete capítulos e os seus principais assuntos.

Figura 1 – Estrutura da dissertação



Fonte: elaborado pela autora.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar a importância de cada fator de produção na agricultura brasileira, bem como a sua espacialidade em 2006 e 2017.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar a trajetória da agricultura e sua importância econômica para o Brasil;
- Efetuar uma análise espacial para cada fator de produção dos municípios brasileiros, em 2006 e 2017, e verificar se há padrões de associação e aglomerações;
- Estimar a participação de cada fator na produção agrícola brasileira em 2006 e 2017.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta as linhas de pensamentos abordadas, seguindo uma sequência lógica de assuntos. O primeiro tópico demonstra os principais pensamentos clássicos do desenvolvimento econômico por meio das teorias de Smith (1983; 2007), Malthus (1982; 1996), Ricardo (1982) e Mill (1996). Além disso, as teorias locacionais de Perroux (1955) e North (1955) foram elencadas no segundo tópico para fazer um intercâmbio entre o desenvolvimento econômico e os fatores locacionais que tornam uma determinada região competitiva. Os efeitos dos encadeamentos de Hirschman (1958) também estão relacionados com o processo de inovação proposto por Schumpeter (1961; 1982) em uma cadeia produtiva.

### 2.1 Fatores de produção, agricultura e desenvolvimento: a abordagem clássica do desenvolvimento econômico

A teoria do desenvolvimento econômico tem como principal característica investigar o desenvolvimento por meio de normas de comportamentos, valores e atitudes voltados para a racionalidade econômica moderna, produtividade máxima e acumulação de riqueza (DOS SANTOS, 1998). O pensamento contemporâneo acerca da importância da agricultura no processo de desenvolvimento econômico foi influenciado, principalmente, pelas teorias clássicas de Adam Smith, Thomas Malthus, David Ricardo e John Stuart Mill. As concordâncias e contradições entre os autores retratam as diferentes visões acerca do desenvolvimento econômico e da agricultura, embora esta seja tratada de forma direta e indireta. Contudo, em se tratando de produção de alimentos e uso dos fatores, discutir e entender o papel do setor agrícola torna-se indispensável.

Adam Smith apresenta uma teoria do crescimento econômico em que a riqueza de uma nação é definida pela produção anual de sua terra e pelo trabalho. Ou seja, o bem-estar das nações está relacionado com o produto anual *per capita*, conforme a produtividade do trabalho útil (aquele que produz valor excedente sobre o seu custo), a relação entre os trabalhadores produtivos e população total e o uso de recursos naturais (SMITH, 1983).

A divisão de trabalho e o aprimoramento das atividades de forma específica são as causas elementares do aumento das forças produtivas. A divisão do trabalho origina-se na propensão natural humana em relação ao processo de troca, cujas diferenças de talentos são de caráter determinante. O aprimoramento das forças produtivas deve-se ao aperfeiçoamento da destreza dos trabalhadores, à economia de tempo e à utilização de máquinas adequadas para determinada operação (SMITH, 1983).

Conforme essa linha de pensamento, a divisão de trabalho leva ao aprimoramento das atividades, o qual, no seu conjunto macroeconômico, gera a uma especialização regional, cuja ampliação de excedentes exigirá expansão de mercado, seja intra ou inter-regional, em busca de consumidores potenciais (PIFFER, 2016). De modo geral, à luz da teoria de Smith, Possas (1997) e Dallabrida (2010) resumem que a riqueza das nações é determinada pela produtividade, por meio da divisão do trabalho, que produz um excedente de seu valor sobre o seu custo de produção, e pela quantidade de trabalho empregada no processo produtivo em relação à população total.

Contudo, conforme a teoria de Thomas Malthus, a riqueza de uma nação pode aumentar em determinado período de tempo sem que a classe de trabalhadores obtenha qualquer ganho real. Malthus desenvolveu a sua teoria baseado no estudo de crescimento demográfico e de produção de alimentos, voltado para o aspecto social. Ele considerava a pobreza como o fim inevitável do homem, visto que a população crescia a taxas superiores aos meios de subsistências. Consoante a Malthus (1996), a população, se não controlada, cresceria em progressão geométrica, enquanto a produção de alimentos e meios de subsistências em razão aritmética.

Malthus (1996) escreveu a sua obra na Inglaterra, em plena Revolução Industrial, quando registraram-se situações dramáticas nas relações sociais do sistema produtivo. Tanto na indústria manufatureira quanto na agricultura, novos investimentos eram constantemente aplicados. A mecanização no setor agrícola estimulou o movimento do êxodo rural de trabalhadores rumo às grandes cidades. A redução de salários reais dificultava ainda mais a condição dos trabalhadores. Ou seja, o aumento demográfico superior ao dos meios de subsistências provocaria uma escassez relativa de alimentos, resultando na diminuição da remuneração do trabalhador e no aumento dos preços dos alimentos (MALTHUS, 1996).

Por um lado, Malthus (1996) descreve a melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores a partir da queda dos preços dos produtos agrícolas pautado no apoio governamental. O governo deveria incentivar a agricultura, mais do que a indústria, a fim de aumentar a produção agrícola e os empregos no setor, aumentar a remuneração dos trabalhadores e, com a queda dos preços dos produtos agrícolas, aumentar o ganho real para todos. Assim, os trabalhadores viveriam com mais qualidade de vida enquanto a produção de alimentos e o crescimento demográfico estivessem em equilíbrio (MALTHUS, 1996).

Por outro lado, Malthus ainda aponta que altos preços dos produtos agrícolas beneficiam não só os proprietários de terras, como toda a sociedade, pois o setor passa a induzir novos investimentos, o que aumentaria a oferta de alimentos. O ensejo por aumento da produção interna em uma condição desfavorável de preços altos (conforme a lei dos rendimentos decrescentes<sup>4</sup>) desempenha um papel catalisador do progresso tecnológico na agricultura. Esse progresso consiste na elevação da produtividade e na redução dos custos de produção. Além disso, reflete na redução dos preços dos produtos agrícolas, mas não da renda proporcionada pela terra (MALTHUS, 1982).

Em contrapartida, Ricardo (1982) contrastou tal ponto de vista diante dos efeitos desse processo a curto prazo. Enquanto Malthus (1982) defendia a proteção à agricultura e aos interesses dos proprietários de terra, Ricardo (1982) se opunha a ambos e reconhecia a liberdade de comércio e os lucros dos capitalistas [considerados por Ricardo (1982) como a única fonte de acumulação de capital]. Em relação à agricultura, Ricardo (1982) descreve que o produto da terra é tudo o que se obtém de sua superfície por meio da aplicação combinada de trabalho, maquinaria e capital. As proporções do produto da terra são determinadas pela fertilidade do solo, pela acumulação de capital, pela habilidade e pela engenhosidade dos instrumentos empregados na agricultura.

Os economistas clássicos entendem a renda como um pagamento de transferência entre duas classes (dos capitalistas aos senhores de terra) devido ao uso das propriedades naturais do solo, pensamento do qual Ricardo (1982) pode ser

---

<sup>4</sup> Lei dos rendimentos decrescentes: o aumento da quantidade de um fator variável, *ceteris paribus*, resultará inicialmente no aumento da produção a taxas crescentes. À medida que segue elevando a quantidade de fator variável, a produção continuará a crescer, porém a taxas decrescentes (ou seja, com acréscimos menores). Continuando a incrementar o fator variável, a produção atingirá um máximo para depois decrescer.

citado como exemplo. Ricardo (1982) desenvolveu a ‘Lei da Renda da Terra’, a qual estabelece que os produtos oriundos de terras férteis são produzidos por um custo menor e vendido pelo mesmo preço dos demais. A renda da terra deve-se à diferenciação das produtividades e à escassez de terras. Nas palavras de Ricardo (1982, p. 49), “a porção do produto da terra paga ao seu proprietário pelo uso das forças originais e indestrutíveis do solo”. Esse processo proporciona aos proprietários de terra uma renda fundiária igual à diferença de produção, comparada com o que se produziria em uma terra de menor fertilidade. Além do caso agrícola ricardiano, Almeida e Monte-Mór (2017) adicionam o caso urbano na análise do rendimento da terra, considerando a complexidade das relações sociais e econômicas.

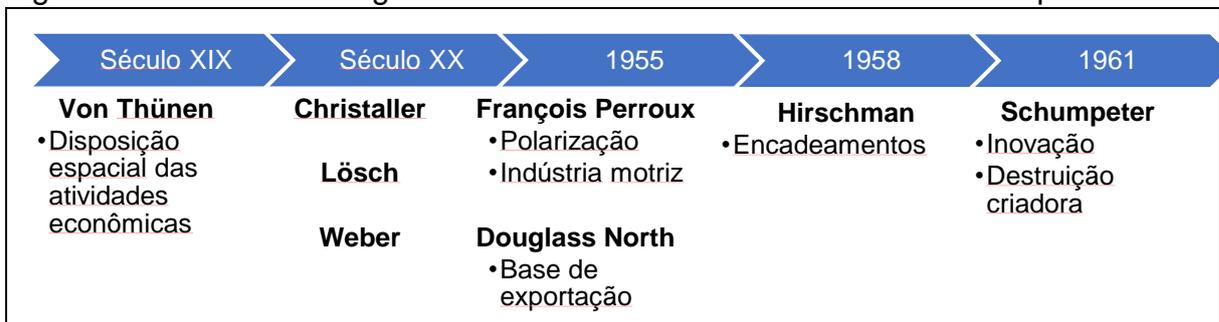
Ricardo (1982) focou em esclarecer a distribuição de riqueza nacional, bem como a sua distribuição entre capitalistas, trabalhadores e proprietários de terra. Para o autor, o problema do crescimento econômico está relacionado com a agricultura, considerando-a incapaz de produzir alimentos a preços baixos para o consumo de trabalhadores. Isso impactaria na elevação dos salários e do capital necessário para contratação de trabalhadores produtivos, aquisição de meios de produção e elevação da produção de modo geral. Assim, os preços das mercadorias deveriam ser proporcionais à quantidade de trabalho incorporado a elas (RICARDO, 1982).

O problema da estagnação econômica (o esgotamento das possibilidades de crescimento, no qual a economia atinge um nível de crescimento zero, cessando a acumulação de capital) era uma preocupação entre os economistas clássicos. Ao contrário de Smith, Mill (1996) apresentou uma visão otimista sobre tal estado estacionário, cuja teoria contrastou com a visão de Ricardo e Malthus. A ‘teoria geral no progresso técnico’ proposta por Mill (1996) estabelece que o ritmo do progresso técnico poderia ser superior ao crescimento demográfico, por meio de aperfeiçoamento na produção, comércio e serviços, devido ao uso estratégico do capital, o que proporcionaria novas oportunidades de acumulação e produção nacional. O autor defende a importância das inovações tecnológicas no processo produtivo, utilizando a agricultura e outras atividades como exemplo, relativizando o problema da estagnação econômica.

## 2.2 Fatores de produção, agricultura e desenvolvimento: a abordagem do desenvolvimento regional

Vários autores fazem uma distinção entre teorias espaciais e econômicas ao elaborarem sínteses sobre a evolução das teorias do desenvolvimento. As primeiras manifestações acerca do problema do desenvolvimento seriam teorias que restringiam a explicação relativa às diferenças espaciais, bem como a concentração territorial e produtiva (DALLABRIDA, 2010). A economia espacial fora marginalizada do pensamento econômico durante muito tempo<sup>5</sup>. Os estudos se baseavam em uma espécie de país ideal e sem dimensão. A introdução do espaço nas análises econômicas obrigou a expansão de certas teorias existentes, em vez de simples generalizações. Os modelos passaram a ser mais complexos e mais variáveis foram consideradas (BENKO, 1999). A Figura 2 apresenta os principais autores e teorias que serão tratados nesta seção em ordem cronológica.

Figura 2 – Ordem cronológica dos autores e das teorias da economia espacial



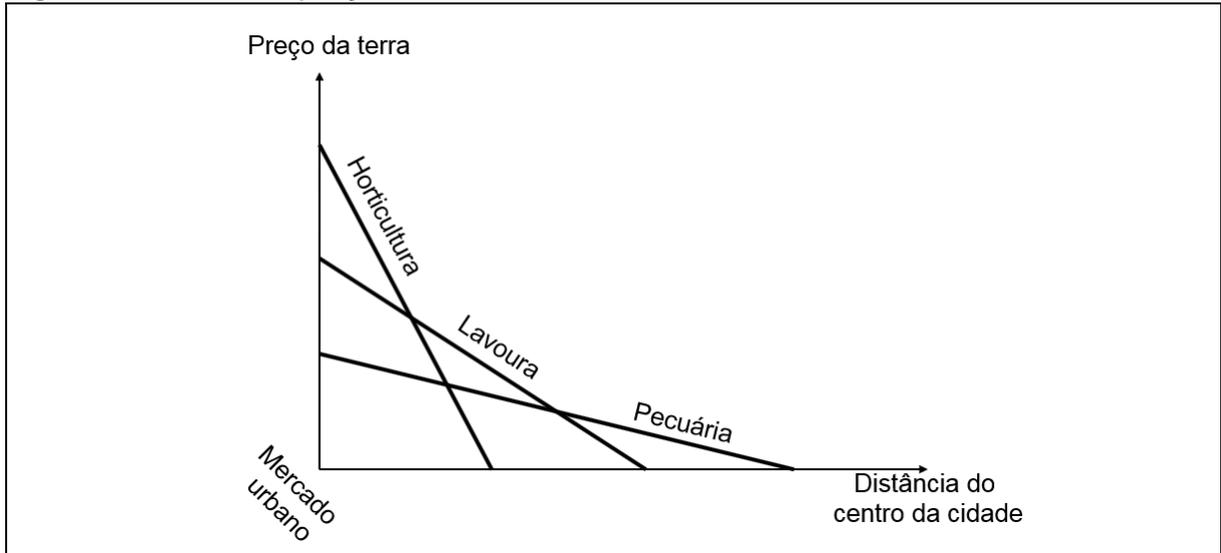
Fonte: elaborado pela autora.

A economia espacial estuda as entidades espaciais que formam a base da dinâmica dos processos econômicos e tem como objeto principal o estudo da localização das atividades econômicas, do comportamento espacial das empresas, da contabilidade territorial e etc. (BENKO, 1999). A noção de espaço, no sentido econômico, engloba todos os seus efeitos causados pelas dimensões, limitações, localização e distâncias, como, por exemplo, tamanho das superfícies de terras aráveis, clima, localização das indústrias, das fontes de matérias-primas e do mercado consumidor, limitações legais à propriedade e ao uso da natureza. Von Thünen foi um

<sup>5</sup> Keeble (1975) sumariza as principais obras acerca dos modelos de desenvolvimento econômico e as classifica com base em abordagem: espacial e não espacial.

dos pioneiros do estudo da espacialidade das relações econômicas no início do século XIX. A teoria de Von Thünen analisa como a economia organiza tanto o uso do espaço territorial diante da renda e da qualidade da terra quanto os custos de transportes. A Figura 3 ilustra os efeitos de espacialidade por meio da representação do preço e do uso da terra em um plano cartesiano.

Figura 3 – Curva do preço e uso da terra de Von Thünen



Fonte: Fujita, Krugman e Venables (2002), adaptado.

A disposição das atividades econômicas tende a formar um gradiente partindo do centro urbano, cujas terras são mais valorizadas devido à maior concentração de consumidores, até as regiões mais periféricas. Sendo assim, sugere-se que produtores de itens de maior perecibilidade tendem a pagar mais pelo uso da terra dada a localização central necessária. Já os produtores de itens de maior durabilidade tendem a optar por terras mais baratas nas regiões periféricas (FUJITA; KRUGMAN; VENABLES, 2002). Portanto, o tipo de atividade econômica está relacionado com a sua localização diante da heterogeneidade espacial.

No século XX, outros geógrafos utilizaram os preceitos da geometria para explicar a concentração das atividades produtivas organizadas sob forma de hexágonos, bem como a disposição geográfica dos mercados e os custos de transportes. Destes autores, podem-se citar Weber (1929), Christaller (1966) e Lösch (1939; 1957), sendo o último considerado precursor moderno da economia regional e urbana.

As características locacionais desempenham um papel determinante no sucesso de uma atividade, bem como no desenvolvimento das regiões. Diversos autores, como Perroux (1955), North (1955) e Hirschman (1958), são referências importantes neste estudo. Da mesma forma, as atividades agrícolas de um determinado território e sua posterior industrialização/tecnificação são capazes de desencadear um processo de desenvolvimento, até então inexistente nessa localidade, cuja motivação pode ser explicada com base nos preceitos de inovação de Schumpeter (1961; 1982).

No caso da teoria de polarização, François Perroux (1955) aponta que o crescimento<sup>6</sup> não acontece em toda parte de forma uniforme. Ao contrário, acontece em polos, com diferentes intensidades e propaga-se por meio de diversos canais, com efeitos variados sobre a economia (PERROUX, 1955). Os polos de crescimento transformam-se em polos de desenvolvimento quando interferem no seu próprio ambiente, criando efeitos positivos que se propagam no território.

A polarização é induzida por uma determinada força motriz (principalmente industrial), que lidera as aglomerações e incentiva o surgimento de atividades satélites, bem como o fornecimento de insumos para a atividade principal. Ademais, essa força motriz exerce influência no espaço econômico da região, no qual a intensidade dessas relações internas é maior em comparação com outras regiões que não possuem atividades motrizes (PAELINCK, 1977). Para Schultz (1953), uma organização econômica funciona melhor no centro ou próxima de determinada matriz<sup>7</sup> de desenvolvimento econômico. Ou seja, o polo de crescimento deve sua existência à localização cêntrica de uma indústria motriz.

O crescimento da indústria motriz [ou "*industrie motrice*", como utilizado por Perroux (1955)] atrai outras indústrias correlatas devido às economias externas criadas na região. À medida que essas indústrias crescem sob o estímulo da força motriz, o polo como um todo expande-se ainda mais. Paelinck (1977) descreve dois fatos que condicionam essa expansão regional: i) a intensidade de fluxo de rendas

---

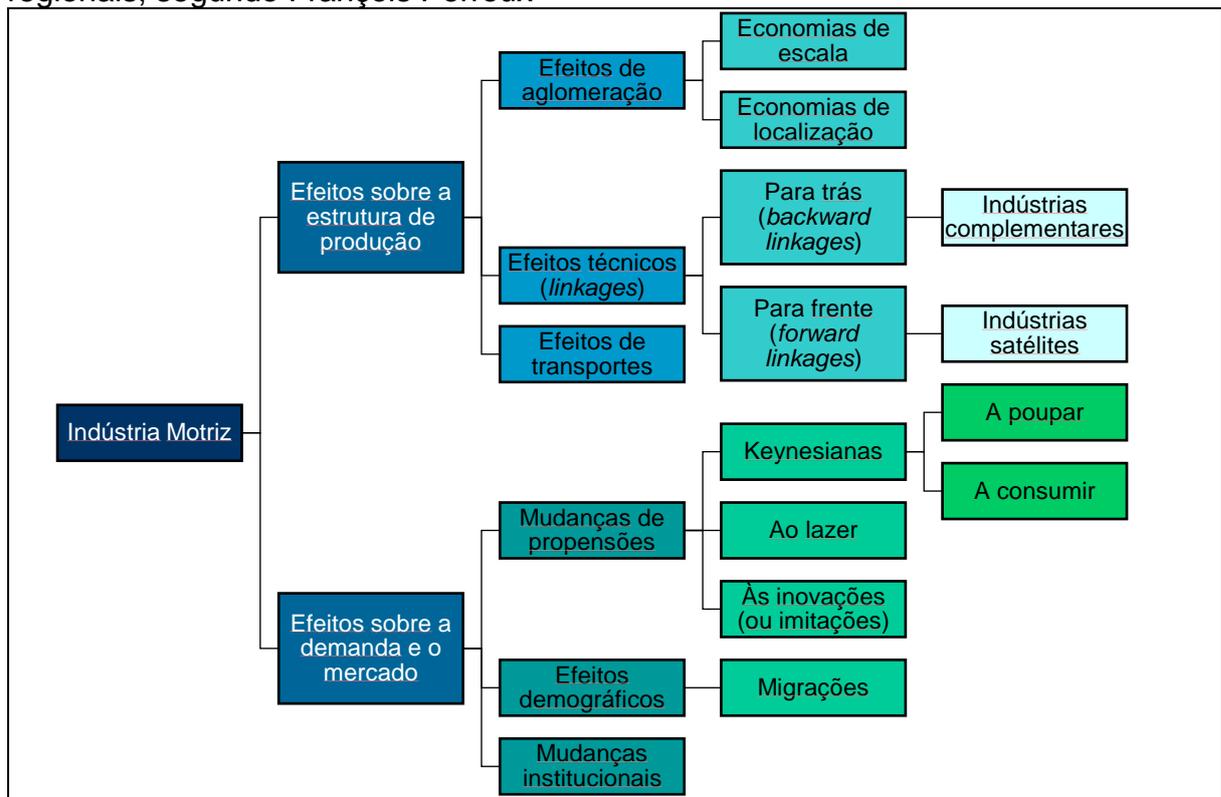
<sup>6</sup> O termo 'crescimento' utilizado pelo autor pode ser relacionado com o sentido de 'desenvolvimento'. O crescimento é a situação primária ao desenvolvimento. Souza (2005) diferencia tais conceitos ao afirmar que o crescimento se relaciona a uma simples acumulação de capital. A distribuição de renda entre os proprietários dos fatores de produção engendra automaticamente a melhoria da qualidade de vida e o desenvolvimento econômico.

<sup>7</sup> Esta matriz se refere a uma região na qual esteja ocorrendo crescimento econômico.

peçoais; e, ii) a intensidade das relações técnicas e comerciais entre empresas da região.

De acordo com Perroux (1955), as características principais de uma indústria motriz são: possui grande porte, as decisões tendem a causar grande impacto regional; o crescimento da indústria motriz é superior à média regional; e é formada por uma forte interdependência técnica com um conjunto de outras indústrias e setores, gerando um complexo industrial. É nesse processo de interdependência técnica e no surgimento de outras atividades que o setor agrícola é incorporado no processo, fornecendo matérias-primas para as atividades de transformação industrial. A indústria motriz tem a capacidade de produzir efeitos sobre a estrutura de produção, a demanda e o mercado de uma região, tornando-a dinâmica. Esse comportamento pode ser melhor entendido com apoio da Figura 4.

Figura 4 – Efeitos da indústria motriz na estrutura de produção e na demanda/mercado regionais, segundo François Perroux



Fonte: Alves (2016), adaptado.

Por um lado, a intensidade entre relações técnicas e comerciais entre empresas locais estimuladas pela indústria motriz definem a estrutura de produção. Os efeitos estruturais diante da atuação de uma indústria motriz podem ser classificados em:

aglomerações, técnicos e de transportes. Para o desempenho das operações de uma indústria motriz, diversos recursos são necessários, os quais são atraídos para a região, formando aglomerações, cujo efeitos são economias de escala (diante da alta demanda da indústria motriz) e economias de localização (a região torna-se polo). Já os efeitos técnicos estão relacionados às novas alianças formadas entre a indústria motriz e os fornecedores de insumos (indústrias complementares) e as distribuidoras de produtos (indústrias satélites). Ou seja, a formação da rede de contato acontece para trás e para frente da cadeia produtiva à qual a indústria motriz é pertencente. O componente de transporte tem um excessivo custo na cadeia produtiva e o desenvolvimento de infraestrutura de tráfego torna-se parte do eixo de desenvolvimento na presença de unidade motriz. Em suma, nas palavras de Alves (2016, p. 30), a “[...] dinâmica (da indústria motriz) estimula o crescimento e a dinamização de atividades primárias fornecedoras de alimentos e matérias-primas, desenvolvendo a formação de atividades terciárias proporcionais às necessidades da população que se instala em seu entorno”.

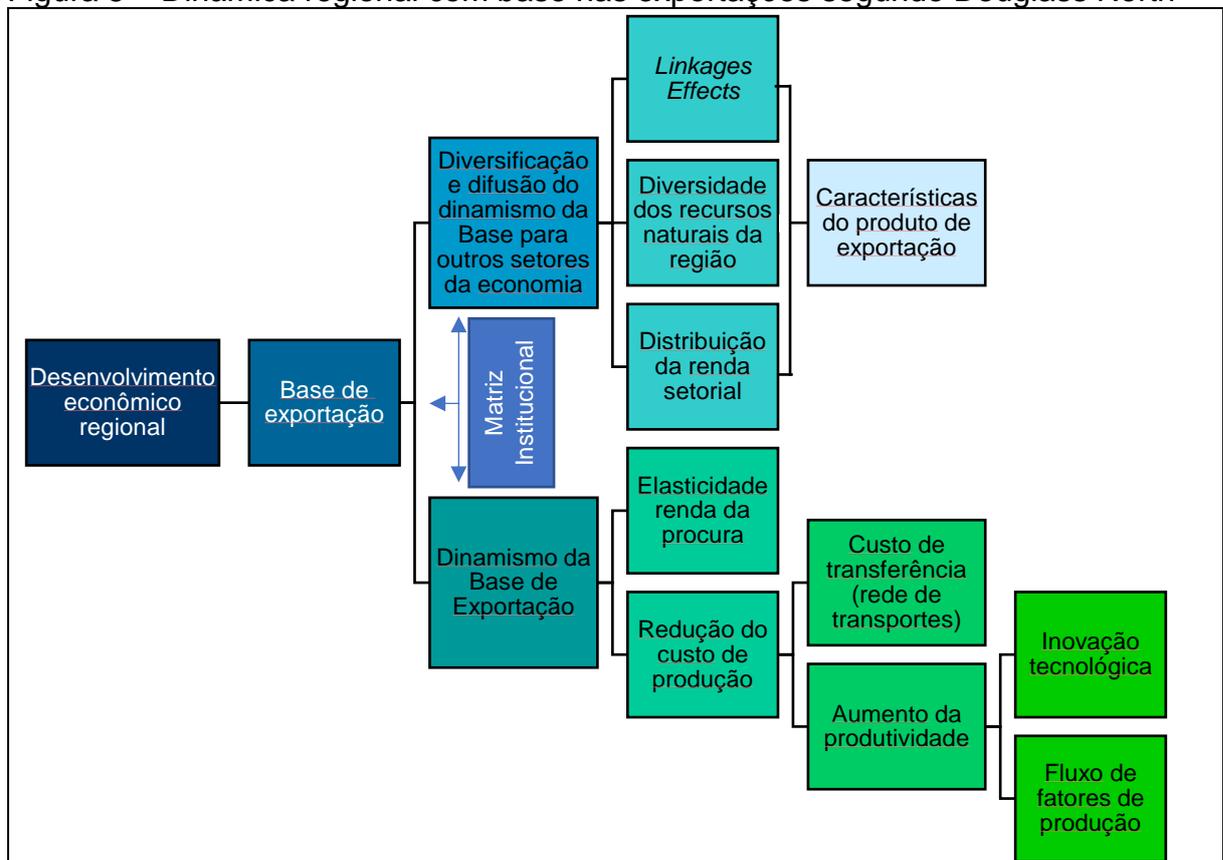
Por outro lado, a intensidade de fluxos de rendas pessoais estimulada pela indústria motriz define os efeitos sobre a demanda e mercado. Por sua vez, esse efeito relaciona-se com as mudanças de propensão Keynesianas, ao lazer e às inovações, devido à expansão da renda regional e ao comportamento da sociedade. Os efeitos demográficos, tais como migrações, também podem ser verificados diante do estímulo de uma indústria motriz, dada a sua capacidade de atração de mão de obra. Do mesmo modo, as instituições também são afetadas a fim de se ajustarem ao bem-estar social.

Ao comparar a teoria de Perroux (1955) com a agricultura, percebe-se que o desenvolvimento de culturas especializadas pode apresentar um comportamento polarizado no espaço, diante das características geográficas, disponibilidade de assistência técnica e cultura e infraestrutura local adaptada. A agroindústria relaciona-se com a indústria motriz.

Em contrapartida, analisando o contexto americano, Douglass North inicia seus estudos a partir do uso do território agrícola utilizado para subsistência e autossuficiência, com pouco investimento em comércio. Com melhorias em transporte e em outras infraestruturas locais, a região passa a desenvolver alguma especialização, resultante da exploração inicial da agricultura. Uma atração de mão

de obra e um estímulo à inovação e tecnologia passam a acontecer na região. A partir de então, há uma tendência para o aumento de negócios inter-regionais. A industrialização e a produção em larga escala, por meio de um processo de crescimento e desenvolvimento, passam a ser evidentes, consolidando-se a especialidade da região e a sua atividade base de exportação (NORTH, 1955). A dinâmica regional com base nas exportações pode ser melhor entendida com apoio da Figura 5.

Figura 5 – Dinâmica regional com base nas exportações segundo Douglass North



Fonte: Alves (2016), adaptado.

A base de exportação influencia no desenvolvimento regional a partir da forma como os setores básicos se dinamizam e se diversificam com o tempo e de como a matriz institucional se relaciona com esses setores. O dinamismo dos setores básicos ocorre como consequência da redução dos custos de produção ao longo do tempo e do tipo de produto exportado em relação à elasticidade renda da procura. Os custos de produção, por sua vez, são afetados pela redução dos custos de transportes, por meio da melhoria de infraestrutura, pelo aumento da produtividade dos fatores de

produção (que será consequência das inovações tecnológicas) e dos fluxos dos fatores, principalmente o humano.

Já em relação à diversificação e à difusão do dinamismo da base para outros setores da economia local, os principais determinantes estão relacionados com o efeito do setor básico nas atividades econômicas correlatas e com a sociedade. Essa diversificação e essa difusão ocorrerão com maior frequência conforme melhor explorada for a diversidade de recursos da região e como essa exploração se traduz em novos encadeamentos (*linkages*). Se esse processo ocorrer, a renda regional será melhor distribuída. North (1955) ainda acrescenta a importância das instituições nesse processo, que darão suporte legal, inovador e estrutural para que a base de exportação seja dinâmica e se difunda regionalmente. Portanto, todos os fatores de produção possuem grande importância na análise de North, seja para a qualidade do dinamismo, seja para a diversificação da base de exportação, e terão como resultado um desenvolvimento regional consolidado.

Da mesma forma que a indústria motriz gera uma série de efeitos positivos regionais, a consolidação das atividades de exportação também o faz, destacando-se os efeitos relacionados com a geração de empregos e a integração da rede de transportes. Ambas as teorias, de North (1955) e de Perroux (1955), assemelham-se em relação à premissa de que o sucesso de uma região está relacionado com as suas características locais, ou seja, o que torna a região mais competitiva<sup>8</sup>, e em relação à importância da produção agrícola para iniciar o processo e a consolidação de uma especialização regional.

O desenvolvimento regional descrito por North (1955) exemplifica um efeito *spillover*, ou seja, o desenvolvimento em torno de uma base de exportação que estimula o crescimento da economia externa; as melhorias em organizações especializadas em comercialização, o crédito e o transporte; a disponibilidade de mão de obra especializada; e a formação de redes de companhias com atividades

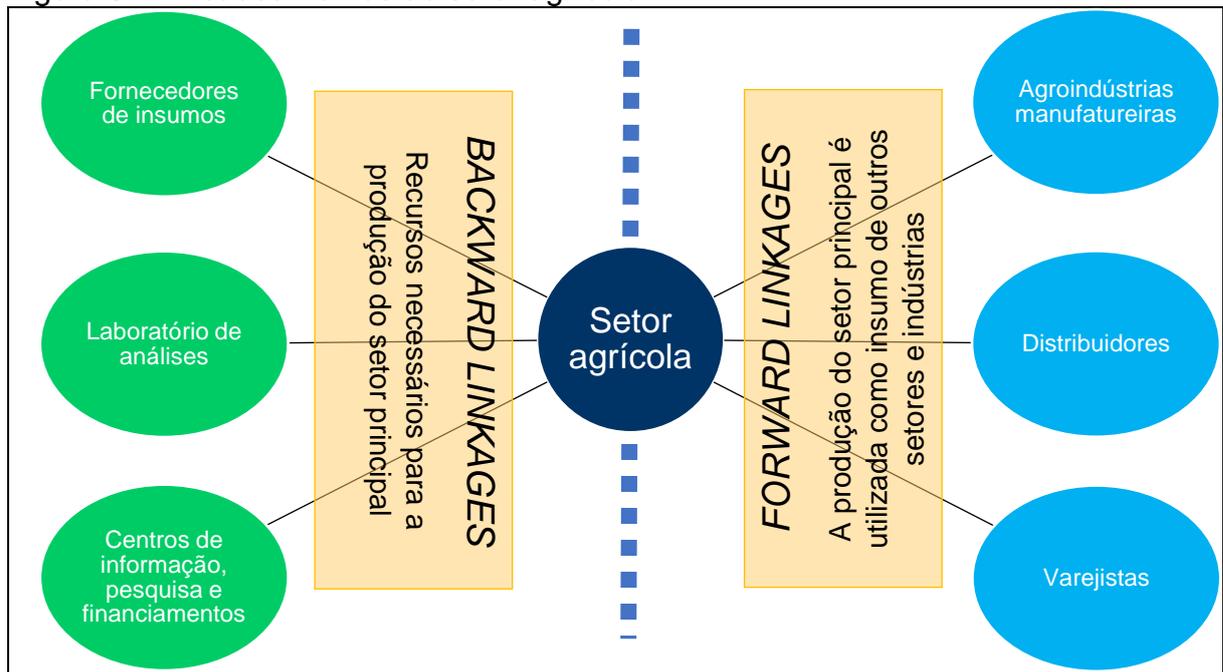
---

<sup>8</sup> Em relação à competitividade de uma região, Smith (2007) define vantagem absoluta de uma nação quando o custo de produção de um certo produto é menor em relação ao seu concorrente, devido à sua produtividade e especialização de atividades. Já a teoria de vantagens comparativas surgiu diante de uma crítica à teoria de vantagens absolutas de Smith, na qual Ricardo (1822) descreve que o comércio internacional é vantajoso, mesmo entre nações cuja produtividade é maior em relação a outras na produção de todos os produtos, tornando universal a combinação dessas vantagens. Porter (1989) descreve que a vantagem competitiva é baseada na forma como as companhias organizam e desenvolvem as atividades separadamente.

complementares. Tais formações de redes podem ser melhores compreendidas conforme o teorema de Hirschman (1958), apresentado a seguir.

Hirschman (1958) constatou que o desenvolvimento do setor exportador é pautado em efeitos de encadeamentos para trás (*backward linkages*) e para frente (*forward linkages*). O encadeamento para trás é resultado de um crescimento autônomo de um certo setor motivado por um novo investimento ou aproveitamento da capacidade produtiva previamente existente. Principalmente devido às pressões de demanda, tal encadeamento estimula o crescimento de outros setores relacionados. Os efeitos do encadeamento para frente são motivados pela existência de um aumento da produção de um determinado fator e provoca, conseqüentemente, a elevação da produção de outros setores relacionados, devido ao aumento da oferta do produto. Ambos os encadeamentos podem formar uma cadeia produtiva regional. Esse processo pode ser melhor entendido com apoio da Figura 6.

Figura 6 – Encadeamentos do setor agrícola



Fonte: elaborado pela autora, baseado em Hirschman (1958).

A atuação do setor agrícola gera encadeamentos para trás (*backward linkages*) e para frente (*forward linkages*). Esse setor demanda recursos para poder gerar a sua produção, dos quais exemplificam-se os fornecedores de insumos (como fertilizantes, adubos, sementes, maquinários, etc.), os laboratórios de análises (cuja função é analisar a qualidade e apontar os resultados da produção agrícola), os centros de

informação, a pesquisa e o financiamento (como os centros que apresentam informações meteorológicas, de mercado e outros e instituições de crédito, como bancos e cooperativas). Em contrapartida, o setor agrícola oferta insumos que posteriormente são utilizados como insumos das agroindústrias manufatureiras, utilizarão os serviços de centros de armazenagem e distribuição e serão vendidos em lojas varejistas para o consumidor final.

Assim como os efeitos do desequilíbrio de oferta e demanda na cadeia produtiva (conforme proposto por Hirschman), a inovação de um agente (bem como a indústria motriz, conforme as ideias de Perroux) também exerce forte influência nos seus setores correlatos (podendo também ser entorno de uma atividade base de exportação, de acordo com North). As ideias de Joseph Schumpeter propõem métodos para o processo de inovação, bem como de modernização, que complementam as teorias anteriores.

Conforme a teoria de desenvolvimento econômico de Schumpeter (1982), a inovação pode ocorrer por meio de novas combinações: i) introdução de um produto ou adição de nova qualidade em um bem; ii) introdução de um novo método de produção ou uma nova maneira de apresentar o produto comercialmente; iii) atuação em um novo mercado; iv) negociação com um novo fornecedor de matérias-primas ou produtos semimanufaturados; v) criação de uma nova indústria, como a criação de um monopólio ou a quebra de um monopólio concorrente.

Schumpeter (1982) enfatiza que o agente inovador rompe com o fluxo circular e estacionário da vida econômica. Quando esse agente traz para o mercado novos produtos, seja por meio de novas combinações de produção ou de aplicação de alguma invenção ou tecnologia, os consumidores são estimulados a desejarem novas coisas (o que difere do hábito estacionário do passado). Além disso, é um processo que acontece a partir de uma ideia criativa, de criação ou alteração de uma atividade desenvolvida no passado, que pode resultar em melhorias tanto internas, como o aumento da eficiência, quanto externas, como a formação de um posicionamento de marca. Dessa forma, prescreve-se o processo de 'destruição criadora', em que antigos produtos, padrões e hábitos são substituídos por novos.

A inovação aplicada na agricultura pode ter diversos efeitos que beneficiam a região, a sociedade, a economia local e global e o mercado. Fischer (1989) exemplifica, analisando os séculos seguintes à Revolução Industrial, que cada nova

ideia provoca a geração de outras novas ideias. O autor descreve que a substituição da força humana e animal por fontes inanimadas resultaram em um ganho coletivo, pois houve maior produtividade e redução de custos de produção. Na agricultura, o autor exemplifica a contribuição da inovação para o aumento substancial da produtividade por meio do uso de tratores, sementes de maiores rendimentos e aplicação de fertilizantes, herbicidas e inseticidas.

Bono (2003) identifica dois elementos que ligam a inovação à economia: processo produtivo e inserção de valor agregado. O primeiro refere-se às operações realizadas de uma maneira nova, seja ela mais simples ou mais econômica. O segundo está relacionado à atribuição de valor agregado, podendo ser por meio de um novo produto, da modificação de um produto já existente, de uma nova operação de produção ou de uma nova forma de venda.

Vieira Filho e Silveira (2011) corroboram que a inovação na agricultura depende da acumulação do conhecimento. Segundo Vieira Filho (2009), ao longo do tempo, o processo de aprendizado do agricultor é responsável pelo aumento da produtividade e pela redução dos custos de produção. O sucesso desse processo depende da capacidade do produtor de interpretar e assimilar as novas informações, além da habilidade gerencial do uso do conhecimento tecnológico. Portanto, conforme os autores, a inovação é um elemento propulsor ao efeito de transbordamento, ou seja, efeito *spillover*.

De modo geral, o desenvolvimento econômico de uma região está intimamente relacionado com seus fatores locacionais. A agricultura influencia fortemente no desenvolvimento, sendo elencada por diversos autores clássicos. A inovação é de caráter determinante para o sucesso de uma região, pois uma indústria motriz (*a la* Perroux) funciona como um catalisador, em meio a um efeito de encadeamento (*a la* Hirschman), tornando a região um polo (*a la* Perroux) e/ou uma base de exportação de um determinado produto (*a la* North). O processo de inovação é motivado conforme as ideias de Schumpeter.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão da literatura concentra-se em contextualizar os principais estudos acerca dos principais fatores da função de produção. Dentre os fatores que exercem influência da produção agrícola, tem-se o trabalho, a terra e a tecnologia.

#### 3.1 A função de produção

A produção é o processo de transformação de insumos em produtos, por meio da utilização dos fatores de produção. A combinação destes fatores pode ocorrer de diversas maneiras, com diferentes resultados. A sua ótima utilização gera vantagem competitiva e/ou comparativa para o empreendimento com efeito *spillover* em uma região.

Schumpeter (2010) estabelece a seguinte regra geral: mudanças em estruturas sociais e econômicas ocorrem por meio de novas combinações dos fatores de produção existentes, incorporados em novas fábricas, que empregam novos métodos (ainda não experimentados), produzem novas mercadorias, atendendo um novo nicho de mercado ou comprando meios de produção em um novo mercado. Essas mudanças relacionam-se com a inovação e o progresso econômico. Nas palavras de Schumpeter (2010, p. 31), o “progresso econômico consiste, essencialmente, na alocação de recursos produtivos em usos até agora não experimentados na prática, e na sua retirada daqueles para os quais elas serviram até agora. É a isto que chamamos de inovação”.

A combinação acertada dos fatores de produção e introdução de inovações resultam a produção ótima e o progresso econômico. A análise econômica se preocupa em avaliar as condições básicas para alcançar a utilização máxima dos recursos, a fim de obter a maior quantidade possível de produção (HAYAMI; RUTTAN, 1988).

Na visão de Schiller (1943), a função de produção é definida como uma relação tecnológica que expressa a quantidade máxima atingida na produção de um bem por meio de diferentes combinações de fatores. O propósito da função de produção é indicar o quanto de *output* é possível produzir, com a variação do montante dos fatores *inputs*. O aumento da produtividade faz com que um

mesmo fator de produção produza mais, sem aumento em sua quantidade. Dessa forma, com o mesmo custo, pode-se obter maior produção, o que permite a venda do produto em um preço mais barato e/ou atendimento de uma nova parcela de mercado. Ou seja, conforme Schiller (1943), a função de produção indica a máxima eficiência técnica podendo ser estimada com base em diferentes fatores/variáveis.

Para Galves (1986), a produção nacional é resultado da articulação de quatro fatores: natureza, capital, empresário e o trabalho. A natureza é o primeiro fator de produção encontrado pelo ser humano na história. Este fator, do ponto de vista econômico, é fornecedora de meios de subsistência, matérias-primas, energias naturais. Compreende o solo, o subsolo, as massas líquidas, a atmosfera, a fauna e a flora. O capital é definido como elementos que são aplicados na produção de outros bens econômicos, e não no consumo. A luz das ideias de Smith (2007), o capital pode ser empregado de duas maneiras: i) para obter, fabricar ou comprar bens, e vendê-los novamente, com lucro; ii) no aprimoramento da terra, na compra de máquinas úteis ou instrumentos de trabalho, ou em coisas similares que geram uma renda ou lucro sem mudar de donos, ou seja, sem circularem ulteriormente. Galves (1986) descreve o empresário como ator capaz de combinar os fatores de produção para produzir algo, criador de atividades e responsável pelas tomadas de decisões. O autor cita Henry Ford para exemplificar um empresário de sucesso, que o produto de suas combinações de fatores influenciou no desenvolvimento de um novo estilo de vida, por meio da criação de um veículo popular, cujo preço era acessível aos seus trabalhadores, com custo de produção reduzido. Galves (1986) aponta o trabalho sendo como o fator mais importante, pois o uso da natureza o pressupõe, o capital resulta de sua ação e o empresário realiza uma outra forma de trabalho.

Riani (1998) classifica os fatores de produção em tradicionais e não tradicionais. Os fatores tradicionais estão relacionados historicamente ao início das atividades produtivas que tinham disponíveis como fatores o capital, a terra e o trabalho. Contudo, o desenvolvimento da economia, tecnologia e sociedade alterou o tipo e a quantidade dos fatores de produção disponível. Acrescentou-se aos fatores tradicionais elementos tais como a disponibilidade tecnológica, recursos financeiros e capacidade humana, ou seja, os fatores não tradicionais.

A fim de verificar as causas das diferenças de produtividade agrícola entre países desenvolvidos e menos desenvolvidos, Hayami (1969) identificou os fatores determinantes em 38 nações no período de 1957-1962, classificando-os em insumos convencionais (mão de obra, terra, fertilizantes e maquinário) e insumos não convencionais (educação e pesquisa). Por meio da função de produção agregada estimada, Hayami (1969) concluiu que: i) a diferença nos *inputs* de fatores modernos manufaturados é explicada mais pela diferença de produtividade do que diferenças nas dotações de fatores originais; ii) que a educação e a pesquisa são cruciais para determinar a diferença de produtividade. Hayami (1969) ainda relaciona tais resultados com a hipótese Schultziana, no qual os fatores estratégicos para a transformação de baixa produção da agricultura tradicional para a agricultura moderna altamente produtiva são os novos *inputs* lucrativos, como o fertilizante químico e as variedades melhoradas de sementes. Assim, os países menos desenvolvidos não podem fechar o *gap* de produtividade sem investir em educação e pesquisa para melhorar a qualidade do trabalho e criar melhores técnicas adequadas para seus ambientes locais, mas esse investimento pode não ser frutífero a menos que seja complementado pelos esforços que melhoraram as condições de fornecimento de *inputs* convencionais modernos, como fertilizantes e maquinários (HAYAMI, 1969).

Sasmal (2016) estudou o caso indiano de mudança tecnológica na agricultura. Conforme os resultados da função de produção estimada pelo autor (por meio do modelo econométrico generalizado estocástico), conclui-se que a taxa de adoção de uma nova tecnologia na agricultura está relacionada com o risco e incerteza na produção, tamanho do estabelecimento agrícola, preferência de risco, oferta e disponibilidade de crédito e educação. Os resultados mostram que a produtividade aumentou significativamente na agricultura indiana, como resultado da mudança tecnológica, marcado principalmente pelo uso de sistemas de irrigação com águas subterrâneas. Além disso, a taxa de adoção de tecnologia de variedades de alto rendimento foi mais alta em pequenas propriedades, sob algumas condições favoráveis (SASMAL, 2016).

Chen e Ding (2007) utilizaram o índice de Malmquist para examinar a Produtividade Total dos Fatores (PTF) da agricultura chinesa. Os autores consideraram o uso dos fatores de área plantada, mão de obra, sementes,

pesticidas, filme plástico agrícola, pesticidas, irrigação, maquinário, equipamentos, fertilizantes, força animal e outros insumos materiais. Embora as produtividades do milho, arroz e feijão decresceram 3%, 4,3% e 6%, respectivamente, a produtividade do trigo aumentou 6,7% no período entre 1985 a 2003. O principal resultado é que a infraestrutura tem associação positiva e estatisticamente significativa com o coeficiente estimado na produtividade total de fatores para arroz, trigo, milho e feijão (CHEN; DING, 2007).

Já Ball, Butault e Nehring (2002) afirmam que o crescimento da agricultura nos Estados Unidos é baseado no aumento da produtividade, embora tal comportamento tenha sido heterogêneo nos 48 estados contíguos, no período de 1960 a 1996. Essa disparidade entre as taxas de crescimento resultou em mudanças substanciais na ordem de classificação dos estados ao longo do tempo. Para cada ano, foi calculado o Coeficiente de Variação (CV) dos níveis de produtividade. Os estados que cresceram mais rapidamente foram aqueles com níveis iniciais mais baixos de produtividade. Esse resultado relaciona-se com a noção de Gerschenkron (1962) da vantagem do atraso relativo. Ou seja, nos estados que estavam atrasados, verificou-se uma maior difusão do conhecimento técnico, o que fizeram a agricultura crescer mais rapidamente. Ball, Butault e Nehring (2002) também observaram uma relação positiva entre a acumulação de capital e o crescimento da produtividade, implicando a incorporação de tecnologia no capital.

Alves, Souza e Marra (2017) estimaram um modelo econométrico para a produção agrícola brasileira por meio dos fatores de terra, trabalho e tecnologia para as cinco macrorregiões. As macrorregiões de tecnologia tradicional, principalmente o Norte, correspondem à dominância da terra e do trabalho na explicação do valor da produção. Este fenômeno pode ser justificado pela disponibilidade de terras baratas na região, o que causa um desestímulo no investimento de tecnologias poupa-terra. Em contrapartida, no Sul, dado o seu contexto histórico de colonização, o uso da tecnologia foi o fator que mais se destacou. Alves, Souza e Marra (2017) concluem que alianças entre lideranças rurais, prefeitos e governadores a fim de criarem políticas públicas favoráveis, diante das imperfeições de mercado, podem ter sido determinantes para que o Sul atingisse tal resultado, instrumentados por meio de cooperativas, associações e envolvimento da classe política.

Bragagnolo e Barros (2015) estimam a função de produção para a produção agrícola brasileira com base nos fatores de terra, capital e trabalho, bem como a Produtividade Total dos Fatores (PTF), cujos dados são anuais para o período de 1972 a 2009. Para variável terra, os autores utilizaram valores que correspondem à área colhida; já para a variável capital, uma *proxy* foi calculada com base no valor do estoque de tratores agrícolas; e para o trabalho, foi utilizado o número de horas trabalhadas na agricultura. Os autores concluíram que o aumento na PTF gera uma redução no trabalho agrícola, e aumento na área plantada e no emprego do capital. Isto significa que, com o aumento da produtividade, houve uma modernização da agricultura, cuja influência gerou uma expansão da fronteira agrícola.

Alcantara Filho, Scalco e Gomes (2008) analisaram a dinâmica da agricultura brasileira fazendo uma comparação com os dados do Censo Agropecuário de 1996 e 2006. O método de análise foi a econometria espacial e a AEDE (Análise Exploratória de Dados Espaciais) a fim de verificar a formação de *clusters* e as mudanças ocorridas no período analisado. Alcantara Filho, Scalco e Gomes (2008) perceberam a existência de dependência espacial nas microrregiões brasileiras, em que o uso de terra trabalho e tratores influenciaram positivamente suas regiões vizinhas. Os autores ainda verificaram uma relação inversa entre o número de trabalhadores com laço de parentesco e as variáveis de área e tratores.

Dias e Oliveira (2004) estimaram a função de produção do tipo Cobb-Douglas do estado de Goiás, no período de 1995/1996. As variáveis utilizadas (mão de obra, índice de mecanização e investimento juntamente com financiamento) foram estatisticamente significativas para explicar o comportamento do valor da produção. Dias e Oliveira (2004) concluíram que investimento e financiamento foi a variável que apresentou maior sensibilidade, ou seja, incentivos que estimulam o aumento do investimento resulta numa variação crescente da produção. O aumento de 1% em investimento e financiamento tende a provocar um acréscimo de 0,74% no valor da produção de Goiás, *coeteris paribus*. A mecanização também apresentou tal comportamento, porém de forma menos sensível. O aumento de 1% em máquinas e equipamentos tende a provocar um acréscimo de 0,14% no valor da produção de Goiás, *coeteris paribus*. Já o fator mão de obra apresenta

rendimentos decrescentes de escala. O aumento de 1% em mão de obra tende a provocar um decréscimo 0,02% no valor da produção de Goiás, *coeteris paribus*.

No Estado do Paraná, Strassburg *et al.* (2014) estimaram a função de produção da agricultura em 2006 utilizando os fatores: tecnologia (trator), capital (financiamento/investimento), área e mão de obra. Os três primeiros fatores mostraram-se determinantes na produção agrícola deste estado. O aumento de 1% em tecnologia, capital, área e mão de obra tende a provocar um acréscimo de 0,59%, 0,27%, 0,13% e 0,03% no valor da produção, respectivamente.

O Quadro 1 apresenta uma síntese dos estudos abordados, bem como as principais conclusões acerca do modo de análise dos fatores de produção agrícola.

Quadro 1 – Quadro-resumo do estudo dos fatores de produção agrícola

<b>Autores</b>	<b>Caso</b>	<b>Fatores de produção</b>	<b>Principais conclusões</b>
Hayami (1969)	Mundo	Mão de obra, terra, fertilizantes, maquinário, educação, pesquisa	Análise comparativa entre 38 nações. Fatores classificados em insumos convencionais e não convencionais. A produtividade dos fatores determina a produção agregada, sendo a educação e pesquisa os fatores mais importantes.
Chen e Ding (2007)	China	Área plantada, mão de obra, sementes, pesticidas, filme plástico agrícola, pesticidas, irrigação, maquinário, equipamentos, fertilizantes, força animal e outros insumos materiais	A produtividade foi crescente para a cultura do trigo e a é que a infraestrutura tem associação positiva com a PTF para arroz, trigo, milho e feijão
Ball, Butault e Nehring (2002)	Estados Unidos	Terra, trabalho e capital	Relação positiva entre a acumulação de capital e o crescimento da produtividade, implicando a incorporação de tecnologia no capital.
Alves, Souza e Marra (2017)	Brasil	Trabalho, terra, tecnologia	Regiões de tecnologia tradicional correspondem à dominância da terra e do trabalho na explicação do valor da produção enquanto tecnologias modernas poupam terra e poupam trabalho.
Bragagnolo e Barros (2015)	Brasil	Terra, capital e trabalho	Com o aumento da produtividade total dos fatores, houve uma modernização da agricultura brasileira, cuja influência gerou uma expansão da fronteira agrícola.
Alcantara Filho, Scalco e Gomes (2008)	Brasil	Terra (área total), trabalho (pessoal – com e sem laços de parentesco), tratores, tamanho médio dos estabelecimentos	Existência de interdependência espacial entre para todas as variáveis analisadas, porém não se verificou a identificação de novos clusters durante o período, apenas uma expansão gradativa dos polígonos circunvizinhos.
Dias e Oliveira (2004)	Goiás (Brasil)	Mão de obra, índice de mecanização, investimento/financiamento	Investimento/financiamento tem maior sensibilidade na produção agrícola de Goiás, seguido da mecanização e mão de obra.
Strassburg <i>et al.</i> (2014)	Paraná (Brasil)	Tecnologia, capital, área e mão de obra	A tecnologia tem a maior sensibilidade na produção agrícola do Paraná, seguido do capital, área e mão de obra.

Fonte: elaborado pela autora.

Os fatores de produção se relacionam entre si, porém é estudado conforme diferentes abordagens e banco de dados. De modo geral, terra, trabalho e tecnologia são os fatores que estão relacionados com a produção agrícola. Os tópicos a seguir apresentam definições dos fatores de terra, trabalho e tecnologia.

### 3.1.1 Fator terra

A terra é um recurso natural indispensável no processo de produção agrícola. Para Marshall (2013, p. 115) “by Land is meant the material and the forces which Nature gives freely for man's aid, in land and water, in air and light and heat”. Aqui, o fator terra será tratado no sentido de solo - área dos estabelecimentos agropecuários. O seu valor e uso depende das características locais e disposição espacial.

O desafio da produtividade da terra é fazer com que o cultivar produza mais e também reduza o custo de produção por unidade de produto. A seleção de cultivares e a utilização de insumos modernos, diante da adversidade provocada por pragas e doenças, podem contribuir na produtividade da terra (ALVES, 2018). Quando não se considera o custo da terra, o modo de utilização deste fator tende a ser extensivo, e não intensivo, a fim de atingir maiores retornos de capital e trabalho (MARSHALL, 2013).

O modelo do uso da terra depende de circunstâncias locais. Contudo, existem três elementos que estão presentes nos padrões de todas as regiões, bem como: i) os valores da terra atingem o ponto mais alto no centro das cidades e decrescem, em quantidades variáveis, em direção à periferia da área urbana; ii) os valores da terra são mais altos ao longo das ‘artérias’ de tráfego de maior importância; iii) os picos locais de valor mais elevado do que o nível geral a uma distância determinada do centro da cidade ocorrem nas interseções das ‘artérias’ de tráfego mais importantes. A superposição desses componentes resulta em uma superfície geral do preço da terra (GARNER, 1975).

### 3.1.2 Fator trabalho

Um produto surge diante da aplicação do trabalho aos recursos fornecidos pela natureza, cuja utilização é voltada para atender as necessidades e desejos humanos. O trabalho é uma atividade humana que tem uma utilidade econômica. Nas palavras de Marshall (2013, p. 115), “by Labour is meant the economic work of man, whether with the hand or head”<sup>9</sup>. Aqui, o fator trabalho é interpretado como trabalhadores.

Para Marshall (2013), a primeira condição para que uma organização seja eficiente é que os empregados sejam alocados conforme suas habilidades e treinamentos que lhe permitam ter um bom desempenho da atividade, podendo ser auxiliado por máquinas e outros equipamentos. A produtividade do trabalho é medida pela área que cada trabalhador cultiva, influenciada pela tecnologia mecânica. A escassez do trabalho, insegurança jurídica na esfera trabalhista e outras complicações em relação à administração de recursos humanos influencia na demanda dessa tecnologia (ALVES, 2018).

Smith (1983) estuda os fatores que compõem o preço das mercadorias, dentre eles, o trabalho. A compensação do trabalho corresponde à quantidade de trabalho empregado, dureza, destreza, engenho e talentos do indivíduo (naturais e adquiridos pela experiência). No momento em que o fator capital se acumulou nas mãos do empresário, este tende a empregá-lo na contratação de pessoas laboriosas (trabalho), fornecendo-lhes matéria-prima e subsistência a fim de auferir lucro com a venda do produto. Ou seja, o valor que os trabalhadores acrescentam em um insumo desdobra-se em duas partes: i) a quantidade recebida em forma de salários e ii) o lucro do empresário, por todo capital e salário que fora financiado por ele anteriormente, mais o risco do negócio.

---

<sup>9</sup> O trabalho com a ‘cabeça’ (*head*) significa a atividade intelectual de controle da produção, no qual não tende diretamente a promover produção material, já o trabalho braçal (*hand*) relaciona-se com a atividade direta no processo produtivo.

### 3.1.3 Fator tecnologia

O capital, conforme Marshall (2013, p. 115), pode ser definido como “the main stock of wealth regarded as an agent of production rather than as a direct source of gratification”. Consiste em grande parte do conhecimento e da organização, podendo ser uma parte de propriedade privada e outra parte não. O conhecimento é o mais poderoso mecanismo de produção e permite subjugar a natureza e moldá-la a fim de satisfazer as necessidades desejos. A organização auxilia o conhecimento (MARSHALL, 2013).

A utilização ótima dos recursos depende do conhecimento acumulado e da capacidade de absorção de novos conhecimentos (VIEIRA FILHO; SILVEIRA, 2011). De modo geral, Alves, Souza e Marra (2017) resumizam que o conhecimento gerado por meio das instituições de pesquisa abrange muitos ramos de análises básicas e aplicadas. Os agricultores acumulam os conhecimentos disponíveis em sistemas de produção, avaliam sua rentabilidade, compram os insumos e realizam a produção. Os conhecimentos transformam-se em tecnologias e insumos refletem tal conhecimento (VIEIRA FILHO; SILVEIRA, 2011), sendo determinante para orientar a produção e possuindo caráter físico ou não (DUARTE; ALVES, 2016). O objetivo geral é reduzir o custo relativo ao total produzido (ALVES; SOUZA; MARRA, 2017). Aqui, a abordagem do fator capital será voltada para o uso de tecnologia, considerado um fator de produção.

Duarte e Alves (2016) classificam a tecnologia em duas tipologias: i) física, que se refere à um atributo qualquer com características materiais, sendo a inovação incorporada (por exemplo, maquinários agrícolas, fertilizantes e defensivos, sementes adaptadas, raças melhoradas); e ii) não física (por exemplo, como cuidados com a terra, gerenciamento da produção e épocas de plantação e colheita). Portanto, os efeitos da tecnologia superam o simples aumento da produtividade, suas implicações também geram efeitos na viabilidade financeira e técnica, efeitos ecológicos e sociais pela redução do custo social.

O uso de tecnologia moderna pode ter três efeitos: i) fornecer ganhos de produtividade sem redução no custo marginal; ii) aumentar da capacidade produtiva e diminuir os custos marginais; iii) proporcionar maior retorno por meio

da redução do custo marginal e/ou aumento da produtividade, sem exigir maiores custos adicionais (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017). A mudança técnica na agricultura pode ser analisada por meio da curva de possibilidade de inovação, utilizando um envoltório de isoquantas unitárias correspondentes à um determinado estado de tecnologia (como diferentes tipos de máquinas para colheita). Um modelo de desenvolvimento de tecnologia mecânica pode ser representado pelas variáveis terra, trabalho e potência, onde diferentes combinações de produção podem ser mensuradas diante da quantidade de recursos utilizados em cada variável (HAYAMI; RUTTAN, 1988).

As pesquisas da área biológica e afins buscam robustecer o poder das máquinas, bem como os cultivares e herbicidas que facilitam a colheita mecânica. Em relação à maquinários e equipamentos, a tradição americana e europeu apontam a forte participação da pesquisa particular (ALVES, 2018).

Os produtores adotam elementos tecnológicos a fim de aumentar a produtividade e reduzir custo. Entretanto, há situações em que o retorno esperado de uso de uma determinada tecnologia pode não compensar o seu custo de implantação, resultando no desestímulo do agricultor em realizar a adoção de novas técnicas e conhecimentos. Portanto, “quanto melhor o ambiente organizacional em que a produção se insere, o que pode estimular o processo de difusão tecnológica, maior será o conhecimento acumulado dos agentes e melhor será a absorção de tecnologia externa” (VIEIRA FILHO, 2013, p. 178), diante da redução dos custos por meio do compartilhamento de informações e tecnologia.

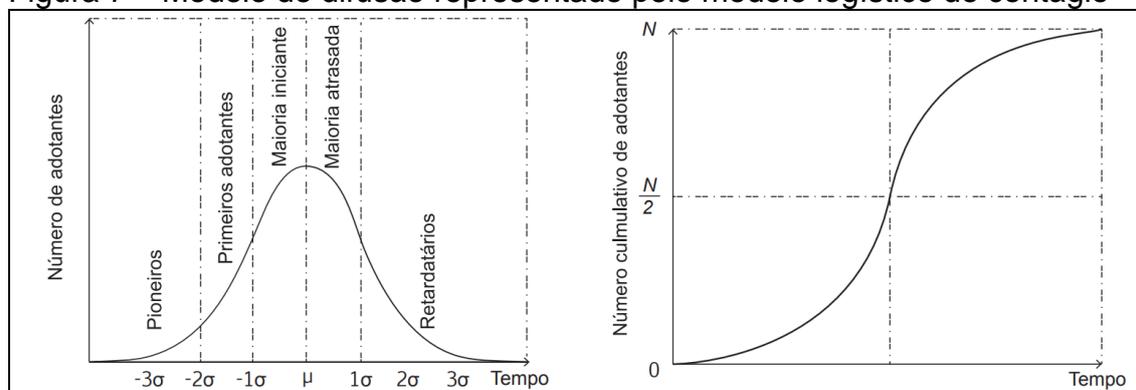
Existem diversos elementos que influenciam na modernização agrícola nos quais, conforme exemplificado por Vieira Filho (2013), citam-se a discrepância entre os atores que absorvem e incorporam um conteúdo tecnológico e os que se mantêm estagnados caracterizam uma desigualdade regional e produtiva; políticas públicas equivocadas que desestimulam a corrida tecnológica dos produtores; os produtores menos inovadores que ficam vulneráveis às condições locais, climáticas e geográficas; dentre outros. Para Vieira Filho (2009), a inovação baseada em tecnologia depende do tamanho e da estrutura de uma unidade de produção e da forma em que a tecnologia é empregada em tal estrutura.

Alves (2018) elenca a tecnologia como fator de poupa terra e poupa trabalho. A absorção da tecnologia em setores agrícolas é verificada na literatura conforme diferentes abordagens, dentre elas pode-se citar o efeito da esteira agrícola (COCHRANE, 1958), modelo de difusão da mudança tecnológica (GRILICHES, 1957) e o dualismo econômico (PAIVA, 1971).

Cochrane (1958) descreve o efeito da esteira agrícola (*treadmill effect*), afirmando que para os agricultores permanecerem na mesma situação econômica, necessitam adotar novas tecnologias. O autor estudou a economia agrícola dos Estados Unidos e percebeu os produtores caminhando em uma espécie de esteira trazida por superávits decorrentes dos modernos avanços tecnológicos que contribuem para melhoria da eficiência da agricultura. Os ganhos tecnológicos, por meio da redução dos preços, são rapidamente passados para os consumidores e transformam-se no dínamo do progresso econômico. Ou seja, neste contexto, os consumidores são os únicos favorecidos com o progresso tecnológico e os produtores incapazes de manter-se na esteira tecnológica são eliminados do mercado.

Griliches (1957) concentrou-se em explicar os aspectos de longo prazo da mudança tecnológica, interpretando as diferenças no padrão de desenvolvimento do milho híbrido com base nas características de longo prazo de várias áreas ignorando o impacto das flutuações de curto prazo nos preços e na renda. À luz das ideias de Griliches (1957), Vieira Filho e Fishlow (2017) descrevem o modelo de difusão da mudança tecnológica por meio de um modelo logístico de contágio, cuja interpretação pode ser feita com apoio da Figura 7.

Figura 7 – Modelo de difusão representado pelo modelo logístico de contágio



Fonte: Vieira Filho e Fishlow (2017, p. 38).

O modelo aponta a propagação de novos conhecimentos ao longo do tempo. O tempo é segmentado em desvios padrão, partindo dos pioneiros na utilização de determinada técnica e/ou tecnologia (inovadores), passando pelos primeiros adotantes, maioria iniciante e atrasada, até chegar nos retardatários.

O modelo de difusão segue uma curva em forma de S, cujo comportamento é exponencial no início e uma trajetória marginal decrescente no final. A difusão acontece de forma rápida quando o conhecimento é novo e, posteriormente, os retardatários são menos propensos a inovar em relação aos iniciantes. Além disso, o tempo serve como *proxy* para os custos (que se reduzem ao longo do tempo, estimulando a entrada de novos adotantes), por meio de um processo de aprendizagem e acumulação de conhecimento, taxa de depreciação de capital, e disseminação de conhecimento (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

A modernização da agricultura, por um lado, se processa pela difusão de novas técnicas de produção, o que permite maior produtividade em termos físicos e, por outro lado, é mais intensiva em capital em comparação com os outros fatores tradicionais (terra e trabalho). Partindo das ideias da dualidade intersetorial, Paiva (1971; 1975) avalia a diversidade interna do setor agrícola, bem como a análise do comportamento agrícola no contexto tradicional e moderno. A coexistência de setores modernos e atrasados pode ser melhor compreendido com o apoio da literatura de Lewis (1954).

À luz das ideias de Paiva (1971), Vieira Filho e Fishlow (2017) investigam o dualismo econômico a partir de duas abordagens: adoção e difusão tecnológica. A primeira abordagem está relacionada com as decisões microeconômica dos agentes, enquanto a segunda é um processo mais amplo que pressupõe os aspectos agregados de adoção em um ponto de vista macroeconômico. O processo de adoção tecnológica depende da vantagem das operações modernas em relação a produtividade por insumo em comparação à técnica tradicional, preços relativos dos insumos modernos e tradicionais e a relação preço do produto frente ao preço dos insumos. Os custos de transação também podem influenciar no processo de adoção tecnológica, no qual varia conforme a qualificação, características locais e cultura inovativa [ver Farina, Azevedo e Saes (1997)]. Todavia, a difusão tecnológica está associada com alguns fatores reguladores de crescimento e desenvolvimento do setor agrícola,

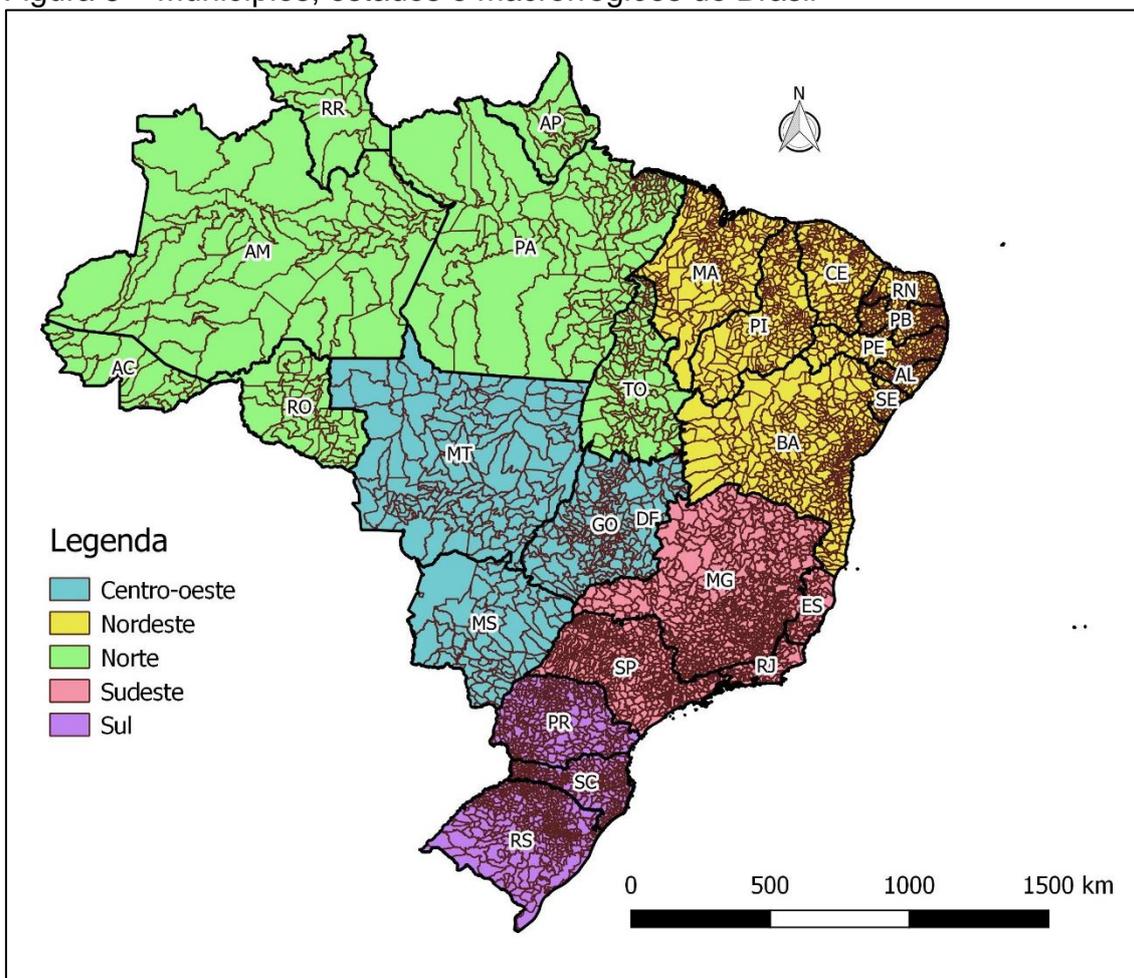
podendo ser associados à mecanismos de autocontrole (na presença de elementos de desestímulo).

Portanto, o estudo da função de produção busca analisar a forma como os diferentes fatores são empregados produtivamente. A combinação ótima desses fatores determina a produtividade e a vantagem competitiva/comparativa do setor no mercado. Na agricultura, a articulação adequada dos fatores de produção pode gerar um efeito *spillover* no desenvolvimento econômico regional e na geração e consolidação de cadeias produtivas.

#### 4 METODOLOGIA

Com a finalidade de atender o objetivo geral proposto, que é analisar o uso dos fatores de produção na agricultura dos municípios brasileiros, bem como a sua espacialidade regional em 2006 e 2017, a metodologia apresenta, primeiramente, as características gerais desta dissertação e, em seguida, divide-se em duas partes. A primeira parte apresenta os principais procedimentos necessários para a realização da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). A segunda parte especifica a construção do modelo econométrico partindo do convencional ao espacial. A Figura 8 ilustra a regionalização do Brasil por municípios, estados e macrorregiões. O objeto de estudo deste estudo é a agricultura brasileira.

Figura 8 – Municípios, estados e macrorregiões do Brasil

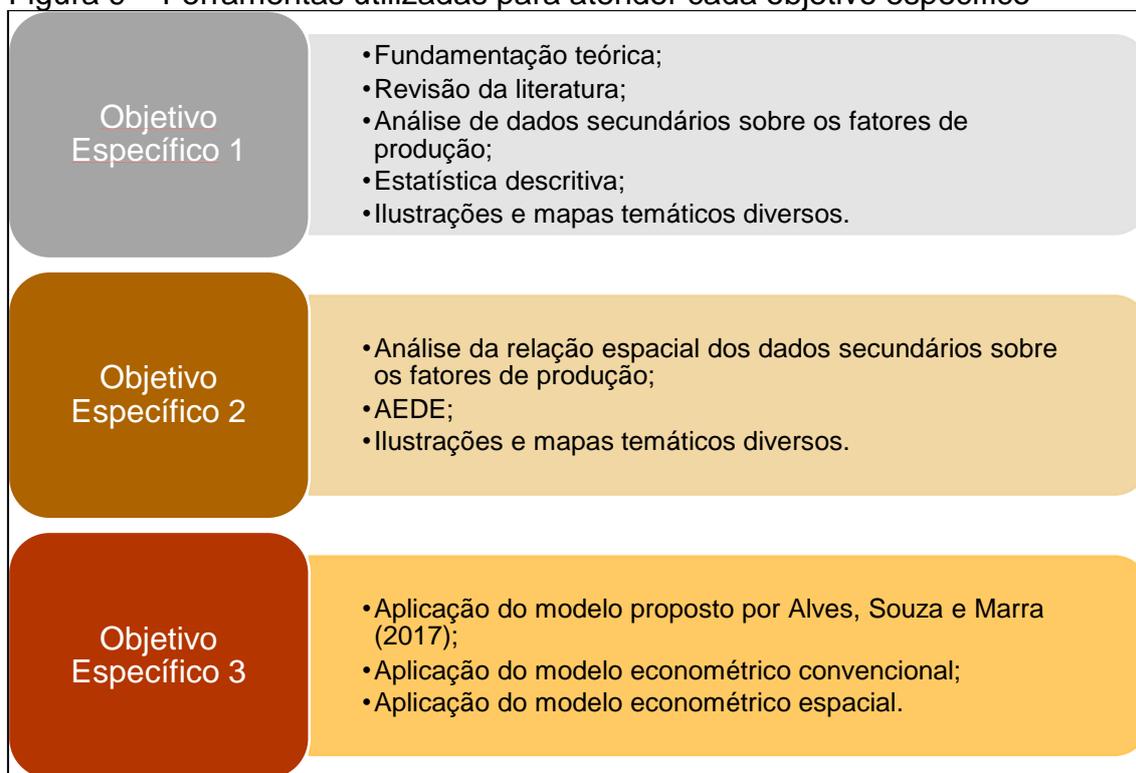


Fonte: elaborado pela autora.

Este trabalho é uma pesquisa aplicada, de natureza quantitativa e cunho explicativo. Silva e Menezes (2005) definem a pesquisa aplicada como uma aplicação prática dirigida a problemas específicos. Já a abordagem quantitativa requer uso de técnicas estatísticas, a fim de classificar e analisar os dados. O ponto de vista de pesquisas explicativas busca identificar os fatores que contribuem para a ocorrência de determinado fenômeno, ou seja, aprofunda o conhecimento da realidade ao buscar o porquê das coisas.

Quanto aos procedimentos técnicos, este trabalho é bibliográfico e documental, o qual, segundo Silva e Menezes (2005), é elaborado a partir de materiais já publicados, como a fundamentação teórica e literária, e produzido a partir de materiais que não receberam tratamento analítico, como os dados secundários que foram necessários para analisar os fatores de produção agrícola (terra, trabalho e tecnologia). A Figura 9 ilustra as principais ferramentas utilizadas para atender cada objetivo específico proposto.

Figura 9 – Ferramentas utilizadas para atender cada objetivo específico



Fonte: elaborado pela autora.

Para entender o presente e pensar no futuro, é necessário conhecer o passado. Entender a conjuntura da agricultura brasileira é essencial para

analisar o uso dos fatores de produção. Assim, o primeiro objetivo específico consiste em identificar o contexto em que a agricultura se insere no desenvolvimento econômico do Brasil. Por meio da fundamentação teórica, verificam-se os principais pensamentos clássicos acerca do desenvolvimento econômico, dos efeitos da agricultura no desenvolvimento regional, da localização das atividades competitivas, dos encadeamentos e da inovação na cadeia produtiva. A revisão da literatura contextualiza os principais estudos acerca da função de produção agrícola e identificação dos fatores (terra, trabalho e tecnologia). O Capítulo 5 apresenta a trajetória da agricultura e sua importância econômica para o Brasil, fazendo análises de estatísticas descritivas, ilustrações e mapas temáticos diversos, que permitem verificar a disposição espacial dos elementos e a evolução do fenômeno ao longo do tempo.

A partir do modelo proposto por Alves, Souza e Marra (2017)<sup>10</sup> acerca da função de produção agrícola, foram selecionadas *proxies* para descrever os fatores de terra, trabalho e tecnologia, cujas observações são para todos os municípios do Brasil para os anos de 2006 e 2017. A tecnologia, conforme Duarte e Alves (2016), pode ser de caráter físico e não físico. Portanto, aqui, a tecnologia de caráter físico é retratada por meio da *proxy* número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários<sup>11</sup> e a de caráter não físico, por meio da *proxy* de percentual de estabelecimentos cujo produtor possui escolaridade de nível superior. Essas variáveis podem ser melhores entendidas com apoio do Quadro 2. Foram utilizados dados secundários de todos os municípios do Brasil dos anos de 2006 e 2017, cuja fonte foram os Censos Agropecuários (IBGE, 2006a; 2017a) e a Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2006b; 2017b).

---

<sup>10</sup> Para a variável terra, Alves, Souza e Marra (2017) utilizaram o valor da área explorada, em termos de aluguel. Para trabalho, utilizaram o dispêndio neste fator de produção. E, para tecnologia, o valor dos insumos que ora poupam terra e ora poupam trabalho. Os autores utilizaram a econometria convencional, cujo modelo foi logaritimizado e os resultados apresentados para as macrorregiões e os estados brasileiros.

<sup>11</sup> Hoffmann (1992) elenca várias variáveis que definem a modernização dos estabelecimentos agropecuários. Dentre elas, verifica-se o número de tratores como um insumo moderno.

Quadro 2 – Variáveis

Variável	Tipo da variável	Descrição	Fonte de dados
<b>VPA</b>	Dependente ( $y$ )	Valor da produção agrícola (Mil reais)	Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2006b; 2017b)
<b>TER</b>	Independente ( $x_1$ )	Área dos estabelecimentos agropecuários (hectares)	Censo Agropecuário (IBGE 2006a; 2017a)
<b>TRA</b>	Independente ( $x_2$ )	Número de pessoas ocupadas em estabelecimentos agropecuários (pessoas)	Censo Agropecuário (IBGE, 2006a; 2017a)
<b>TECNF</b>	Independente ( $x_3$ )	Percentual de estabelecimentos cujo produtor possui escolaridade de nível superior (estabelecimentos)	Censo Agropecuário (IBGE, 2006a; 2017a)
<b>TECF</b>	Independente ( $x_4$ )	Número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários (unidades)	Censo Agropecuário (IBGE, 2006a; 2017)

Fonte: elaborado pela autora.

Para atender ao segundo objetivo específico, foi necessário verificar a presença de padrão de associação espacial de cada fator de produção utilizando uma matriz de ponderação espacial (contiguidade), tendo como base os resultados da Estatística  $I$  de Moran e, posteriormente, a aplicação da AEDE (Análise Exploratória de Dados Espaciais). O tópico 4.1 faz uma apresentação dos procedimentos imprescindíveis para a realização da AEDE. Os resultados foram apresentados no Capítulo 6, tópico 6.1, auxiliados por mapas temáticos que permitem a verificação da transformação do espaço ao longo do tempo e da formação de *clusters*.

Quanto ao terceiro objetivo, o tópico 4.2 apresenta os procedimentos necessários para o tratamento de dados econométricos espaciais e a realização do método. O Capítulo 6, tópico 6.2, apresenta os resultados obtidos na aplicação do modelo econométrico espacial para os anos de 2006 e 2017.

#### 4.1 Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)

A AEDE é um método capaz de auxiliar no processo de especificação dos modelos, diante da heterogeneidade e dependência espacial. Esse processo depende da variação das interações através do espaço. Por meio deste método, é possível verificar padrões de associações espaciais no contexto de autocorrelação global ou local, univariada ou multivariada, estimada pela

Estatística  $I$  de Moran, utilizando-se de uma matriz de ponderação espacial ( $W$ ). A autocorrelação espacial global identifica a existência de padrões de associações para a variável, considerando todo o território. Já a análise de autocorrelação espacial local é mais adequada quando o pesquisador está interessado em informações específicas de uma localidade, como padrão de aglomeração ou formação de *clusters*.

O primeiro passo em um estudo de AEDE é verificar a hipótese de que os dados espaciais são distribuídos aleatoriamente. A aleatoriedade espacial dos valores de um atributo de uma região indica a não correlação desse atributo com as regiões vizinhas. A autocorrelação espacial refere-se a um conjunto de dados ordenados conforme uma sequência espacial. Tais informações podem ser apresentadas em um mapa, cuja função é indicar os atributos de uma variável e fornecer informações de arranjos e aglomerações desses atributos no espaço (ALMEIDA, 2012).

O coeficiente de autocorrelação espacial,  $I$  de Moran, foi proposto pioneiramente por Moran (1948), o qual utilizou-se da medida de autocovariância na forma de produto cruzado. Ou seja, esse indicador mede a autocorrelação espacial a partir do produto dos desvios em relação à média. Algebricamente, essa estatística é apresentada conforme a Equação 1.

$$I = \frac{n}{\sum \sum w_{ij}} \left( \frac{\sum \sum w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \right) \quad (1)$$

Em que  $n$  é o número de regiões (unidades espaciais);  $\sum \sum w_{ij}$  é a soma de todos os elementos ponderadores da matriz para o par de unidades espaciais  $i$  e  $j$ ;  $(y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})$  são os desvios em relação à média, no qual  $y_i$  é a variável de interesse. Esse cálculo permite estimar a função de autocorrelação para cada ordem de vizinhança, cuja hipótese nula ( $H_0$ ) é a da independência espacial, sendo necessário estabelecer a significância estatística. O resultado do  $I$  de Moran varia em um intervalo de -1 a +1, sendo 0 (zero) o valor que indica aleatoriedade espacial. Já os valores mais próximos a -1 indicam autocorrelação espacial negativa (inversa) devido à existência de uma dissimilaridade entre os valores dos atributos e da localização espacial desse atributo. A autocorrelação espacial positiva indica uma similaridade entre os valores do atributo e da

localização espacial desse atributo, cujo valores de  $I$  de Moran são próximos a +1 (FOTHERINGHAM; BRUNSDON; CHARLTON, 2002).

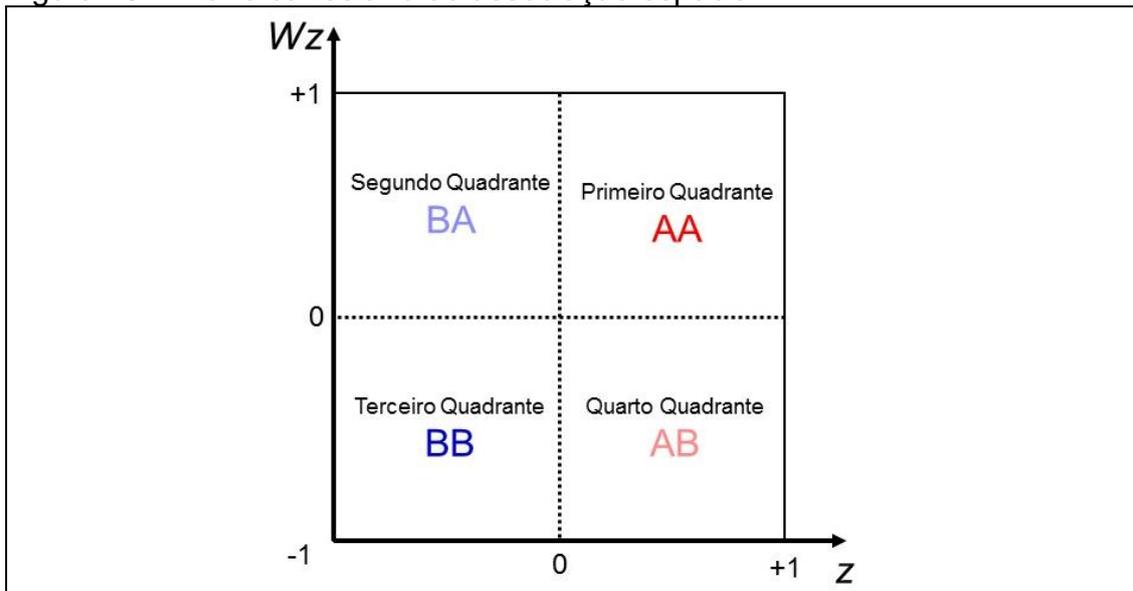
Em suma, a estatística  $I$  de Moran fornece três tipos de informações: i) o nível significância provê a informação sobre a distribuição aleatória ou padronizada dos dados; ii) o sinal (positivo ou negativo) indica o tipo de relação dos atributos entre as unidades espaciais (direta ou indireta); iii) a magnitude da estatística fornece a força da autocorrelação espacial, ou seja, quanto mais próximo de +1, mais forte é a concentração; quanto mais próximo de -1, mais dispersos são os dados; e zero indica aleatoriedade espacial (ALMEIDA, 2012).

Outra maneira de visualizar a autocorrelação espacial é por meio do diagrama de dispersão de Moran, o qual consiste em um plano cartesiano em que a variável de interesse ( $y$ ) encontra-se no eixo horizontal e a variável de interesse defasada ( $Wy$ ) encontra-se no eixo vertical. Ambas as variáveis ( $y$  e  $Wy$ ) são padronizadas de modo que a média seja zero e a variância transformase em  $z$  e  $Wz$  quando apresentada no diagrama. Cada ponto representa uma região, o que torna possível detectar a presença de *outliers* e pontos de alavancagem. Assim, é possível estimar uma reta de regressão, cuja declividade é calculada por meio de uma regressão linear simples por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), conforme a Equação 2, em que  $\alpha$  é a constante da regressão,  $\beta$  é o coeficiente angular e  $\varepsilon$  é o termo de erro aleatório.

$$Wz = \alpha + \beta z + \varepsilon \quad (2)$$

O coeficiente  $I$  de Moran é interpretado como o coeficiente angular da reta de regressão da defasagem espacial ( $Wz$ ) contra a variável de interesse ( $z$ ), cujo sinal indica se a autocorrelação espacial é positiva ou negativa. Os quadrantes desse plano cartesiano indicam quatro tipos de associação linear espacial: alto-alto (AA), alto-baixo (AB), baixo-baixo (BB) e baixo-alto (BA). A Figura 10 apresenta um plano cartesiano que indica a localização dos pontos conforme a sua respectiva associação espacial.

Figura 10 – Plano cartesiano de associação espacial



Fonte: elaborado pela autora.

Pontos localizados no primeiro quadrante, AA, indicam as regiões que apresentam alto valor para a variável de interesse, ou seja, acima da média, que estão rodeadas por regiões com essa mesma característica. O segundo quadrante, o agrupamento BA, concerne às regiões que possuem baixo valor para variável de interesse, cuja vizinhança possui alto valor. O terceiro quadrante, BB, refere-se ao agrupamento de regiões que possuem baixo valor da variável de interesse, cuja vizinhança apresenta comportamento semelhante (valor abaixo da média). O quarto quadrante, AB, aponta as regiões que apresentam alto valor da variável de interesse, enquanto a sua vizinhança apresenta comportamento contrário (valor abaixo da média).

A matriz de ponderação espacial ( $W$ ) busca refletir um determinado arranjo espacial das interações resultantes de um determinado fenômeno. A partir do pressuposto de Tobler, regiões conectadas entre si têm maior interação do que regiões menos conectadas. A matriz de ponderação espacial é uma matriz quadrada de dimensão  $n \times n$ . Cada conexão entre regiões é representada por uma célula desta matriz, sendo denominada como peso espacial. Ou seja, os pesos espaciais  $w_{ij}$  representam o grau de conexão da região  $j$  sobre a região  $i$  (ALMEIDA, 2012).

Existem diversas tipologias de matrizes de ponderação espacial, dentre elas, citam-se a de proximidade geográfica e a de proximidade socioeconômica.

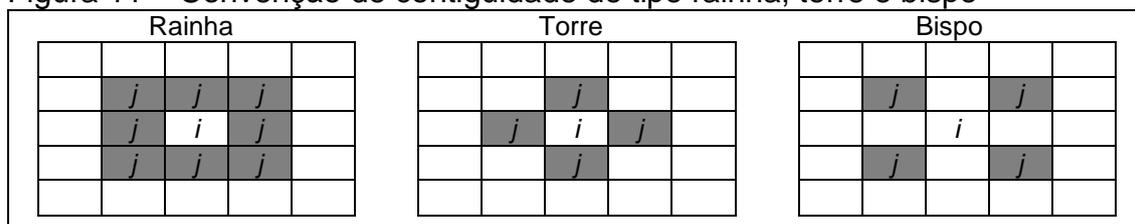
A matriz de proximidade geográfica pode ser por contiguidade ou distância geográfica. Já as matrizes de proximidade socioeconômica são baseadas nos conceitos de similaridade, dissimilaridade e fluxos. Este trabalho foca em descrever as características da matriz de proximidade geográfica.

As matrizes de ponderação espacial foram construídas baseadas na ideia de contiguidade, ou seja, em que duas regiões vizinhas possuem uma linha de fronteira comum. Dessa forma, os pesos espaciais são atribuídos na matriz  $W$  em uma sequência binária, em que:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se } i \text{ e } j \text{ são contíguos} \\ 0 & \text{se } i \text{ e } j \text{ não são contíguos} \end{cases} \quad (3)$$

Por convenção,  $w_{ii} = 0$ , pois uma região não deve ser vizinha dela mesma. Logo, a diagonal dessa matriz é composta por valores nulos (zero). As tipologias de contiguidade, convencionalmente, fazem alusão aos movimentos das peças de um jogo de xadrez. A convenção de contiguidade do tipo “rainha” (*queen*) considera a relação de interação cujas unidades espaciais possuem arestas e vértices em comum. A convenção de contiguidade do tipo “torre” (*rook*) discorre a relação de vizinhança apenas em polígonos cujo contato se dá em suas arestas. A relação de contiguidade do tipo “bispo” (*bishop*) sopesa apenas a interação entre unidades espaciais cujo contato se dá em seus vértices. Anselin (2005) observa que o número de vizinhos para uma dada unidade espacial de acordo com a convenção rainha será igual ou maior do que utilizando a convenção torre. A diferença do número de vizinhança entre a relação do tipo rainha e torre corresponde ao número de interações contiguas do tipo bispo. Conforme Almeida (2012), as convenções do tipo rainha e torre são as mais utilizadas na literatura. A Figura 11 apresenta a relação de vizinhança dessas três convenções, na qual os vizinhos de um polígono  $i$  estão hachurados.

Figura 11 – Convenção de contiguidade do tipo rainha, torre e bispo



Fonte: Almeida (2012), adaptado.

Dentre as principais características dessas matrizes de peso espacial binário, pode-se citar:

- Multidirecionalidade: as interações ocorrem em todas as direções, conectividade não balanceada (existência de regiões com diferentes números de vizinhos);
- Possibilidade de definição de ordens espaciais com clareza: vizinhança de primeira ordem é polígonos que possuem contiguidade direta, os de segunda ordem possuem contiguidade indireta, pois consideram os vizinhos dos vizinhos, enquanto os de terceira ordem assumem relação de interação com os vizinhos dos vizinhos dos vizinhos, e assim por diante.

Outro critério para a definição da matriz de ponderação espacial é a de proximidade geográfica dos  $k$  vizinhos mais próximos,  $w_{ij}(k)$ . Ou seja, é uma matriz binária cuja convenção pode ser definida da seguinte forma:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se } d_{ij} \leq d_i(k) \\ 0 & \text{se } d_{ij} > d_i(k) \end{cases} \quad (4)$$

Em que  $d_i(k)$  é a menor distância para região  $i$  especificamente, a fim de que  $i$  tenha exatamente  $k$  vizinhos. Ou seja, todas as unidades espaciais terão o mesmo número de vizinhos, mas a distância entre tais vizinhos varia de região para região. Isso garante que não exista a formação de “ilhas” (regiões sem vizinhos). Além disso, os valores da diagonal na matriz também são nulos,  $w_{ij}(k) = 0$ .

Dessa forma, a partir da aplicação da AEDE, é possível constatar como as variáveis terra, trabalho e tecnologia se relacionam no espaço, quais municípios apresentam alto/baixo valor para cada variável e se esses estão rodeados por municípios com essa mesma característica ou o contrário. Estes resultados ajudarão a identificar quais regiões do Brasil possuem mais destaques para cada uma das variáveis, sendo passível de comparação, de forma que ter-se-á uma complementação dos resultados obtidos com a resposta ao objetivo específico 1.

A espacialidade verificada em uma AEDE contribui para a escolha entre um modelo econométrico convencional ou espacial. Nas palavras de Almeida

(2012, p. 102), “fazer uma AEDE precede uma apropriada modelagem econométrica-espacial”. A seguir, apresentam-se as etapas de desenvolvimento para responder ao terceiro objetivo específico.

#### 4.2 Da econometria convencional à econometria espacial

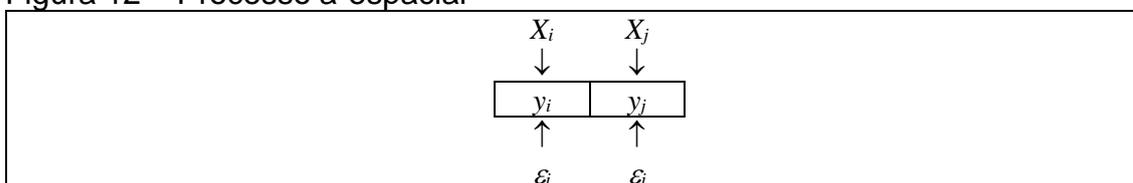
Em relação ao terceiro objetivo específico, o primeiro passo foi aplicar o modelo proposto por Alves, Souza e Marra (2017), ou seja, valor da produção como variável dependente; e terra, trabalho e tecnologia como variáveis independentes. O modelo econométrico estimado inicia-se de forma a-espacial, pelo modelo clássico de regressão linear, conforme a Equação 5.

$$VPA = \alpha + \beta_1 TER + \beta_2 TRA + \beta_3 TECNF + \beta_4 TECF + \varepsilon \quad (5)$$

Sendo  $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$ ;  $y$  é um vetor  $n$  por  $1$  de observações sobre a produção agrícola;  $\alpha$  é a constante; terra, trabalho e tecnologia são matrizes  $n$  por  $k$  de observações com um vetor associado  $k$  por  $1$  de coeficientes  $\beta$ ;  $\varepsilon$  é um vetor  $n$  por  $1$  de termos de erros aleatório.

Graficamente, este modelo pode ser representado conforme a Figura 12, na qual as regiões  $i$  e  $j$  são vizinhas, cujo polígonos são representados pelos retângulos contíguos; as setas indicam a interação entre as variáveis e o erro aleatório de suas respectivas regiões, não havendo interação entre as unidades espaciais, tampouco defasagem espacial.

Figura 12 – Processo a-espacial



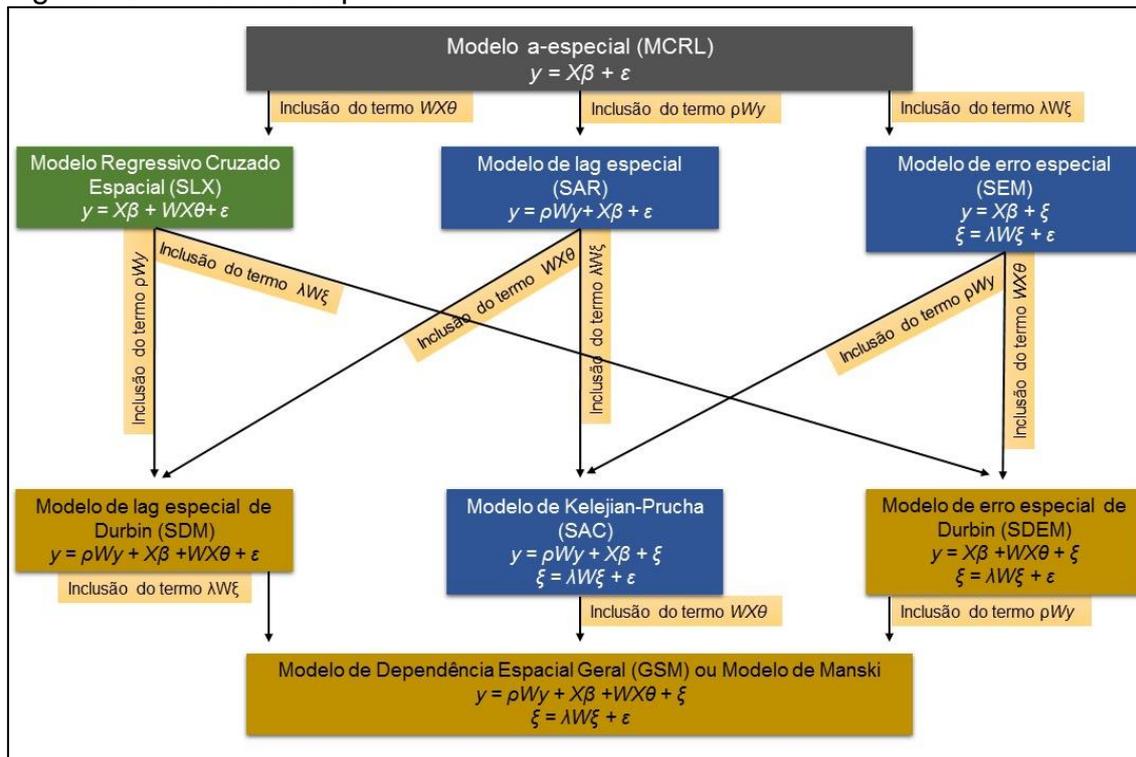
Fonte: Baller et al. (2001), Almeida (2012), adaptado.

Ressalta-se que, conforme Almeida (2012), existe uma diferenciação entre econometria convencional e espacial que está descrita no Apêndice A. Para verificar a presença de padrão de associação espacial no modelo, a

Estatística de  $I$  de Moran foi novamente utilizada. Os testes de Multiplicador de Lagrange (LM, do inglês, *Lagrange Multiplier*) e LM robustos foram usados para identificar o melhor modelo a ser estimado e o Critério de Informação de Akaike e Schwarz foi usado para verificar qualidade do modelo, detalhado no Apêndice B.

O modelo econométrico espacial depende dos aspectos teóricos e empíricos que envolvem o fenômeno. As defasagens espaciais são incorporadas no modelo com a finalidade de capturar esses aspectos subjacentes. Portanto, as defasagens, tais como os modelos de dependência espacial substantiva e os modelos de dependência espacial residual, são capazes de controlar a dependência espacial, sendo que  $X$  consiste nas variáveis explicativas exógenas,  $\varepsilon$  é o termo de erro e  $\xi$  é o termo de erro espacialmente defasado (ALMEIDA, 2012). Nas palavras de Baller et al. (2001, p. 566), “*spatial dependence*’ is used as a general term to refer to either a spatial ‘lag’ model (the spatial ‘effect’ model discussed above) or a spatial ‘error’ model (the spatial ‘disturbance’ model from above)”. A Figura 13 apresenta os modelos espaciais utilizados na análise empírica de dados *cross-section*, em que  $pWy$  é a variável dependente espacialmente defasada,  $WX\theta$  é a variável independente espacialmente defasada,  $\lambda W\xi$  é o erro espacialmente defasado.

Figura 13 – Modelos espaciais



Fonte: elaborado pela autora, baseado em Almeida (2012) e Golgher (2015).

Os modelos SAR, SEM e SAC são considerados como modelos de dependência espacial de alcance global, cujo alcance de transbordamento tem efeito global devido à inferência do multiplicador espacial refletido em todas as regiões da área em estudo. Já o modelo SLX tem dependência espacial de alcance local, ou seja, o alcance da dependência espacial é localizado, o impacto é observado em apenas determinadas regiões do estudo. Os modelos SDM, SDEM e GSM possuem dependência espacial de alcance global e local. Tais modelos estão melhores especificados no Apêndice C.

Os estimadores mais adotados em aplicações da econometria espacial são baseados nos princípios da Máxima Verossimilhança (MV), das Variáveis Instrumentais (VI), do Quase Máxima Verossimilhança (QMV), do Método Generalizados dos Momentos (MGM) e dos Mínimos Quadrados em Dois Estágio (MQ2E), conforme o modelo escolhido e a normalidade dos resíduos. O Quadro 3 resume os métodos de estimação dos modelos espaciais.

Quadro 3 – Resumo dos métodos de estimação dos modelos econométricos

<b>Modelo</b>	<b>Normalidade</b>	<b>Método</b>
<b>SAR</b>	Sim	MV
	Não	VI ou QMV
<b>SEM</b>	Sim	MV
	Não	MGM ou QMV
<b>SLX</b>	Sim	MQO ou MV
	Não	MQ2E
<b>SDM</b>	Sim	MV
	Não	VI ou QMV
<b>SDEM</b>	Sim	MV
	Não	MGM ou QMV
<b>SAC</b>	Sim	MQ2E especial ou QMV
	Não	MV

Fonte: Almeida (2012, p. 211), adaptado.

O que norteia a especificação econométrica-espacial é a teoria e a literatura relacionadas ao assunto. A econometria espacial considera a disposição geográfica das observações, possuindo a capacidade de capturar fatores endógenos e exógenos da região. Defasagens espaciais podem ser incorporadas no modelo para capturar aspectos subjacentes. Contudo, utilizando-se dados espaciais em uma regressão, algumas hipóteses de Gauss-Markov e do Modelo Clássico de Regressão Linear (MCRL) são violadas, fazendo com que o MQO deixe de ser o melhor estimador não viesado. Assim, na presença de dados espaciais, outros métodos são sugeridos conforme a normalidade dos resíduos e o modelo adotado. Os modelos espaciais variam em relação ao alcance, que pode ser local e global, e em relação ao uso de elementos espaciais, tais como  $\rho$ ,  $\lambda$  e  $\theta$ , pautados em uma matriz de contiguidade  $W$ . O uso desses elementos é importante para a estimação de coeficientes não viesados e é determinado pela forma de interação entre as variáveis dependentes, independentes e o erro.

## 5 TRAJETÓRIA DA AGRICULTURA E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA PARA O BRASIL

Esta seção explica as principais transformações ocorridas na agricultura brasileira a partir do século XX, considerando-se os aspectos internacionais, nacionais e regionais. O Brasil é o principal produtor e exportador de diversos produtos e *commodities*. Entretanto, este panorama não foi sempre assim. Até os anos 1980, o Brasil era um país importador líquido de alimentos. A história brasileira confunde-se com o desempenho das atividades agrícolas no País.

No Brasil, as transformações das atividades rurais estiveram relacionadas com os ciclos econômicos e com os acontecimentos históricos, por exemplo, a abolição da escravidão e a introdução de trabalhadores assalariados no mercado de trabalho. Nas palavras de Prado Júnior (1979), “a insuficiência de mão de obra sempre constituiu sério problema da grande exploração rural brasileira. Isso vem de longa data, [...] foi preciso suprir a falta de escravos com a imigração de trabalhadores livres”. Esses acontecimentos foram marcos no setor primário que afetaram profundamente toda a forma de produção, estrutura social, econômica e política brasileira (FERRERA DE LIMA; PIACENTI; ALVES, 2005).

Diante da importância das atividades agrícolas no Brasil, em 28 de julho de 1860, o imperador Dom Pedro II assinou o Decreto nº 1.067, o qual criou uma nova Secretaria de Estado cuja denominação era “*Secretaria de Estado dos Negocios da Agricultura, Commercio e Obras Publicas*”. Após a Proclamação da República e durante o século XX, tal secretaria tornou-se um ministério, sofrendo diversas alterações e reestruturações por meio de Decretos, Instruções Normativas e Portarias. Desde 2001, o denominado Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é o órgão do Poder Executivo que busca formular e implementar políticas para o desenvolvimento do agronegócio. Segundo Alveal (2003), desde a Era Vargas (1930-1945), o Ministério da Agricultura tornou-se um agente nacional de políticas públicas, estabelecendo uma gestão especializada da produção exportável e dos mais diversos produtos agrícolas.

No contexto mundial, os reais objetivos que motivaram a modernização da agricultura, conforme Andrades e Ganimi (2007), estão relacionados com o

final da Segunda Guerra Mundial no qual instituições privadas, como a *Rockefeller* e a *Ford*, vislumbraram a agricultura como uma boa oportunidade de reprodução de capital. Assim, tais instituições deram início a investimentos em técnicas para melhoramentos de sementes, conhecidas como VAP (Variedade de Alta Produtividade). Nas palavras de Del Grossi e Graziano da Silva (2002, p. 7), a modernização da agricultura foi um modelo de produção baseado no uso de “sementes melhoradas que respondiam rapidamente ao uso de adubos químicos, necessitavam de aplicação de agrotóxicos e com operações geralmente mecanizadas”.

As antigas indústrias químicas e bélicas, no período pós-guerra, direcionaram o seu negócio para a produção de fungicida, herbicida, inseticida e fertilizantes químicos e para a produção de maquinários pesados, tais como tratores e colheitadeiras. Conforme Zamberlan e Froncheti (2001, p. 17), “grandes empresários perceberam que um dos caminhos do lucro permanente eram os alimentos. Possuindo grandes sobras de material de guerra (indústria química e mecânica), direcionaram tais sobras para a agricultura”.

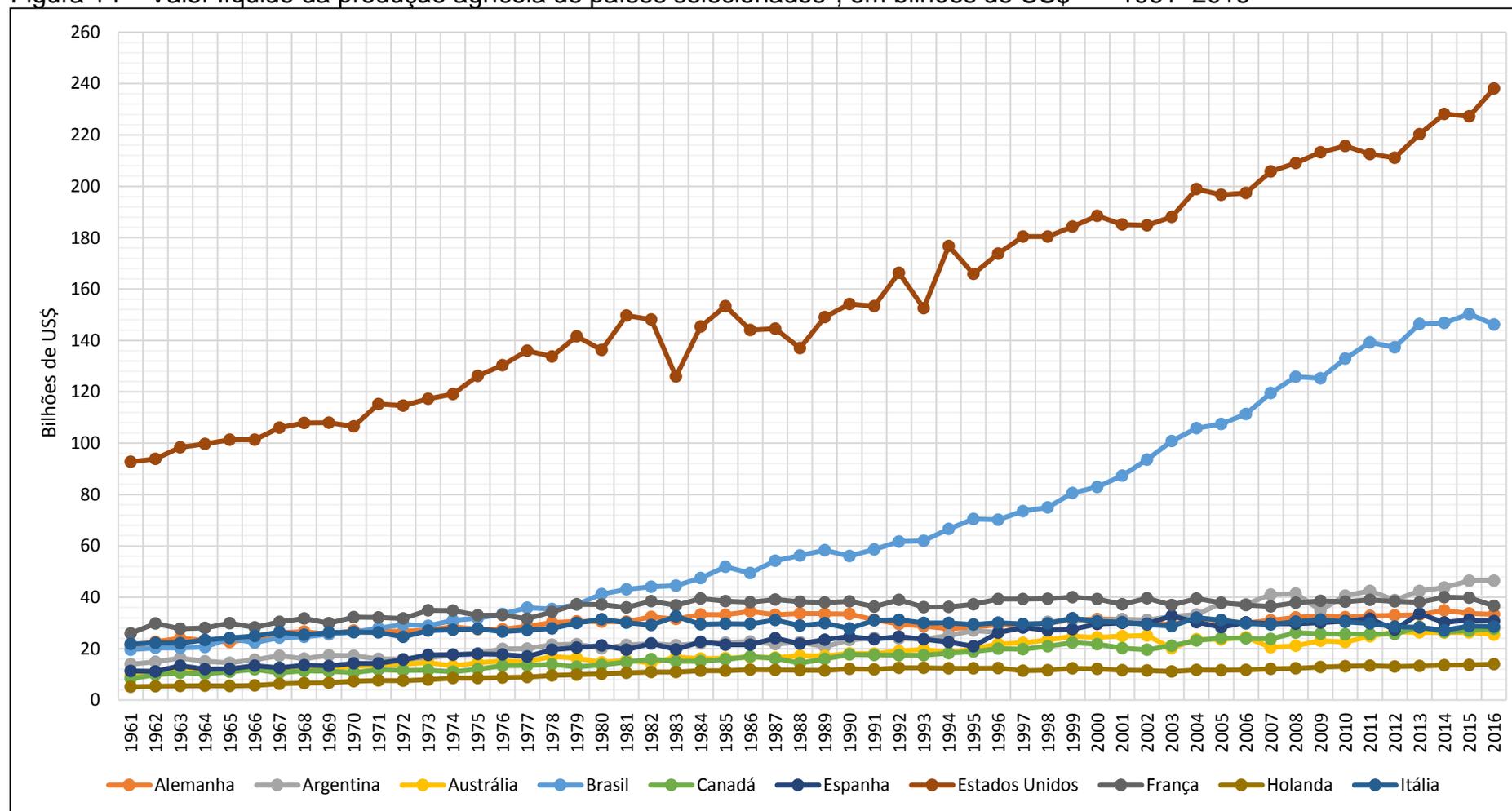
Contudo, a intensificação do conhecimento na agricultura gerou uma grande influência no contexto brasileiro. Mudanças institucionais foram essenciais para a incorporação de tecnologia voltada para a agricultura tropical, já que conhecimentos desenvolvidos em países desenvolvidos não poderiam ser facilmente adaptados ao ambiente brasileiro (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

A Figura 14 apresenta a evolução do valor líquido da produção agrícola entre o período de 1961 e 2016 dos 10 principais países agroexportadores<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> A escolha dos 10 principais países agroexportadores foi com base nos dados da Faostat (2019) para o ano 2016, que são: Estados Unidos, Brasil, Alemanha, Holanda, França, Espanha, Canadá, Itália, Argentina e Austrália. O valor das exportações agrícolas desses países, juntos, correspondeu a mais de 54% das exportações mundiais deste setor.

Figura 14 – Valor líquido da produção agrícola de países selecionados\*, em bilhões de US\$\*\* – 1961–2016



Fonte: elaborado pela autora, com base dos dados de Faostat (2019).

Nota: \*o critério utilizado para a seleção desses países foi o valor das exportações agrícolas em 2016 com base nos dados da Faostat (2019).

\*\* Constante 2004-2006. Valor em internacional US\$.

Percebe-se que, no início da década de 1961, a agricultura estadunidense já era uma potência no contexto mundial. O ritmo de crescimento agrícola dos Estados Unidos sofreu bastante oscilação ao longo do tempo, porém com uma tendência positiva. Entre 1917 e 1920 (Apêndice D), a produção agrícola atingiu nível de 200% (em relação a 1910); não obstante, os anos seguintes foram marcados por uma queda, podendo tal fenômeno estar relacionado com o contexto da Primeira Guerra Mundial e da Grande Depressão na década seguinte. Na década de 1940, uma grande alavancagem da agricultura estadunidense voltou a ser registrada. Em 1942, verificou-se um índice de 213% no valor adicionado da produção agrícola, passando para 338% em 1946 e 433% em 1948. Índices superiores a 500% foram verificados a partir da segunda metade da década de 1960. Em 1971, atingiu-se 651%; 1.401% em 1975; e 2.193% em 1981. O crescimento foi cada vez mais expressivo ao longo das últimas décadas, conforme também indicado na Figura 14 e no Apêndice D, finalizando 2016 com US\$ 238 bilhões de valor líquido da produção agrícola e um índice de 5.260% de crescimento (em relação a 1910).

Analisando-se a o valor da produção agrícola dos países selecionados entre 1961 e 2016, percebe-se que o Brasil apresentou o maior crescimento relativo. Contudo, o ritmo desse crescimento foi heterogêneo. Em 1961, o valor líquido da produção agrícola fazia com que o Brasil ocupasse a quinta posição no *ranking* dentre os países selecionados, ficando atrás dos Estados Unidos, França, Itália e Alemanha. No final da década de 1960, o valor líquido da produção agrícola do Brasil superou o Alemão e o Italiano, colocando o País na terceira posição. O valor líquido da produção agrícola francesa foi superior à brasileira até meados da década de 1970. As décadas seguintes foram marcadas por um rápido crescimento que colocou o Brasil no *podium* de segundo lugar a partir de 1980. Percebe-se que o valor líquido da produção agrícola brasileira apresenta uma tendência positiva de crescimento cujo ritmo de crescimento tem evoluído cada vez mais.

A Tabela 1 apresenta a taxa geométrica de crescimento da produtividade<sup>13</sup> agrícola em diferentes períodos de análise, de países selecionados.

Tabela 1 – Taxa geométrica do crescimento da produtividade agrícola\* de países selecionados\*\* – 1961–2017

Países selecionados	1961-2017	1961-1980	1981-2000	2001-2017
Alemanha	1,76%	2,23%	2,58%	0,76%
Argentina	1,10%	0,47%	1,64%	0,23%
Austrália	1,82%	2,31%	1,78%	0,30%
Brasil	3,19%	5,43%	2,42%	1,25%
Canadá	1,22%	1,93%	0,29%	2,07%
França	1,39%	0,22%	2,31%	-0,28%
Espanha	1,78%	0,43%	2,61%	1,27%
Estados Unidos	1,81%	1,98%	1,55%	1,55%
Holanda	1,50%	2,16%	1,34%	0,86%
Itália	1,04%	2,06%	0,74%	0,50%

Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados da Faostat (2019).

Notas: \*produtividade da produção primária de vegetais, conforme dados da Faostat (2019), em hg/ha; \*\*o critério utilizado para a seleção desses países foi o valor das exportações agrícolas em 2016 com base nos dados da Faostat (2019).

O crescimento da produtividade brasileira de 3,19% foi o mais expressivo dentre os principais países agroexportadores no período entre 1961 e 2017. Entre 1961 e 1980, foi o auge o crescimento da produtividade de diversos países, tais como Alemanha, Austrália, Brasil, Holanda e Itália. Nesse primeiro período, o crescimento da agricultura brasileira ultrapassou a marca de 5%, cuja maior variação foi registrada entre 1978 e 1979, especificamente. Já nos períodos posteriores, embora a taxa de crescimento tenha reduzido, o caso brasileiro ainda foi bastante expressivo, comparativamente, ficando na terceira e na quarta posições nos períodos 1981-2000 e 2001-2017, respectivamente.

Diversos fenômenos influenciaram esse desempenho, o qual ajudou o Brasil a melhorar a segurança alimentar doméstica e a impulsionar o comércio

<sup>13</sup> A produtividade ( $A$ ) foi calculada por  $A = \frac{P}{L}$ , em que  $P$  é a produção agrícola em toneladas e  $L$  é a área ocupada nessa atividade, em hectares. A taxa geométrica de crescimento ( $TGC$ ) pode ser expressa por  $TGC = (\beta - 1) * 100$ .  $\beta$  é o coeficiente da regressão  $\ln Y = \alpha + \beta x + \mu_t$  em que  $\ln Y$  é a variável dependente (produtividade) logaritmizada,  $\beta$  é a variável tempo, que assumiu valores {1, 2, 3...} e  $\mu_t$  é o termo de erro.

exterior. A seguir serão apresentados os principais elementos históricos no contexto interno.

O período entre o início do século XIX até 1929 foi marcado pela expansão da cafeicultura. Os interesses dos cafeicultores ditavam a formulação de políticas econômicas. As exportações de café foram a principal fonte de geração de divisas. Estimulado por tal expansão, o processo imigração estrangeira aumentou expressivamente nesse período, contribuindo para a oferta de mão de obra nas atividades urbanas e industriais. Conseqüentemente, o aumento do número de assalariados gerou um mercado consumidor para bens de consumo não duráveis. A industrialização concentrou-se na manufatura de tais bens, tendo como base a matéria-prima agrícola (caso da indústria têxtil, de alimentos, vestuário e mobiliário). A transferência de capital de forma indireta aconteceu através do Estado, por meio da tributação das exportações cafeeiras e de subsídio de investimentos em infraestrutura econômica e em outros setores. Já a transferência de capital de forma indireta ocorreu através dos cafeicultores que investiram em outras atividades econômicas (BACHA, 2004).

O período entre 1930 e 1945 foi marcado por dois fenômenos distintos que influenciaram profundamente o cenário econômico brasileiro: a quebra da Bolsa de Valores de Nova Iorque (1929) e a Segunda Guerra Mundial (1939-1945). No início da década de 30, a reação das principais nações afetadas pela crise econômica da Grande Depressão foi uma imposição de barreiras sobre as importações a fim de aumentar a demanda interna e criar novos empregos. Assim, o preço internacional do café despencou (BACHA, 2004). Em 1928, o preço da saca de café exportada pelo Brasil era de £\$ 5,02, passando para £\$ 1,91 em 1931 e £\$ 0,90 em 1939 (LIMA; COSTA; LUNA, 1983).

A queda das exportações e o ritmo acelerado de crescimento da produção cafeeira geraram a formação de estoques volumosos, ou seja, ocorreu uma crise de superprodução no Brasil. Em 1929, tais estoques correspondiam a 10% do PIB brasileiro. Assim, o Governo Federal optou pelas seguintes medidas: i) estabelecimentos de quotas de exportação (acesso imediato aos portos), retenção (retenção de produção no interior no País até a liberação para exportação) e sacrifício (venda do café ao governo a um preço abaixo do custo); ii) queima de estoque adquirido pelo governo; iii) imposto sobre novos plantios (em 1931) e proibição de novos plantios (entre 1932 e 1943). A transferência de

capital sofreu uma inversão. Ao comprar as sacas de café, o governo estava transferindo renda ao setor agropecuário e os cafeicultores estavam transferindo renda para fora do setor ao investir em atividades urbanas e industriais. A crise cafeeira liberou uma parcela considerável de mão de obra. O processo de imigração diminuiu e a migração interna se expandiu (BACHA, 2004).

Até meados do século XX, a agricultura brasileira era marcada pelo trabalho braçal, com escassez de tecnologia e de informação, pois menos de 2% das propriedades rurais contavam com máquinas agrícolas (EMBRAPA, 2018). Conforme o estudo de Schuh e Alves (1971), faltava conhecimento acerca da utilização adequada dos solos tropicais. Os autores ressaltam a necessidade, na época, de realização de pesquisas na área, a fim de encontrar respostas para a correta aplicação de fertilizantes, o uso de rações adequadas para o estímulo do crescimento de rebanhos, o combate a doenças tropicais dos rebanhos e das lavouras, o desenvolvimento de novas variedades de altos rendimentos e as combinações de atividades mais lucrativas nas fazendas.

Entre 1946 e 1964, conforme Bacha (2004), a agropecuária registrou uma expansão da área cultivada e do número de pessoas ocupadas, embora tenha sido discriminada pela política cambial. A taxa de câmbio valorizada implicava na perda de renda do segmento exportador (agropecuária) e ganho de renda pelo segmento importador (industrial). A produção de café ainda era predominante e correspondeu, em média, a 56% das exportações agrícolas nesse período. Um fluxo de 1,08 milhões de pessoas migraram do campo para as cidades. Para Furtado (2000), a redistribuição de renda no período pós-guerra é um fenômeno mais complexo, pois se realizou em detrimento aos consumidores em geral. Entre 1939 e 1954, o índice do volume físico da produção total do Brasil (índice ponderado da produção de bens e serviços, excluído o efeito das modificações na relação de preços do intercâmbio) aumentou mais de 100%, enquanto o volume real dos gastos em consumo do total da população aumentou mais de 130% para o mesmo período. Portanto, nas palavras de Furtado (2000, p. 233), “parece, portanto, evidente que a população logrou, nesse período, incrementar o seu consumo mais do que cresceu a sua produção [...]”.

O crescimento da agricultura era proporcional ao aumento do fator terra, cujo rendimento era baixo em relação ao hectare/produção. A produtividade no

setor da pecuária brasileiro era uma das mais baixas do mundo entre as décadas de 1950 e 1960. A produção não crescia no mesmo ritmo que a demanda. Os preços relativos da carne subiram, em um país em que a deficiência proteica na alimentação era predominante na população (SCHUH; ALVES, 1971). Tal produção era insuficiente para atender o mercado interno e as práticas inadequadas causaram grandes impactos ambientais. Ou seja, o cenário brasileiro era marcado por escassez de alimentos, forte industrialização, crescimento das cidades e aumento da população (EMBRAPA, 2018).

Entre as décadas de 1950 e 1970, a política econômica brasileira estimulou uma 'industrialização forçada', na qual a agricultura era fortemente discriminada. A concessão de empréstimos com taxas subsidiadas foi voltada para a indústria e os bens de capital e, posteriormente, para a importação de bens de consumo, investimentos em infraestrutura de energia e transporte. As terras férteis para culturas, como as do Paraná e as do Mato Grosso do Sul, já haviam sido conquistadas, restando terras de pouca fertilidade no Sul e a vasta extensão do Cerrado no Centro-Oeste, de pecuária extensiva, marginais para as culturas. Os sinais foram evidentes no meio rural: o poder da atração urbana acelerou o êxodo rural (ALVES; CONTINI; GASQUES, 2008). Para Furtado (2000), a baixa relativa dos preços de importação, em vez beneficiar igualmente todos os setores, concentrou-se no setor industrial, pois esse setor era o maior absorvedor de divisas.

O período entre o final dos anos de 1970 e a década de 1980 foi um momento de transição. A crise de financiamento externo da dívida pública, a incapacidade de financiamento interno estável e a hiperinflação limitaram a transferência de recursos do Estado para o setor agrícola. O contato agrícola frente ao mercado internacional sem proteção governamental produziu uma elevada transferência de riscos para os agricultores (ALVES; CONTINI; GASQUES, 2008; DIAS; AMARAL, 2001). Essa abertura trouxe maior competitividade aos produtores agrícolas que superaram o paradigma intervencionista e passaram a lidar com o paradigma tecnológico [ver Shikida, (2014)].

Conforme Ferrera de Lima, Piacenti e Alves (2005), o paradigma que descreve o processo de modernização da agricultura brasileira pode ser definido de três formas: i) renovações tecnológicas (substituição de técnicas tradicionais

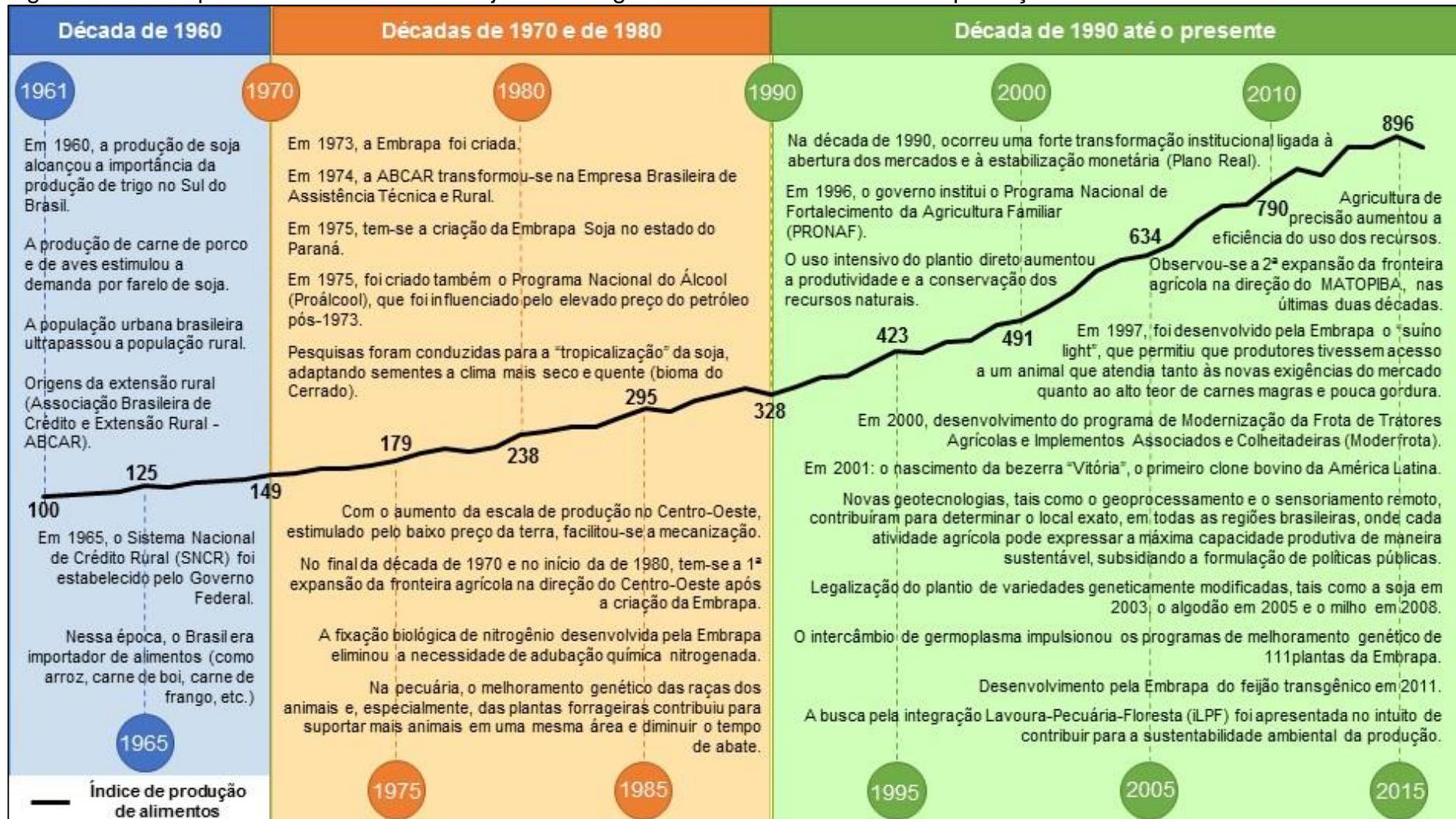
por técnicas baseadas em conhecimento científico); ii) processo de comercialização agrícola (passagem de uma agricultura de subsistência sem foco comercial e surgimento do trabalho assalariado); iii) processo de industrialização dos produtos agropecuários e urbanização de áreas rurais.

Esse era o início do processo de modernização que o setor experimentaria nas décadas seguintes. Tecnologias criadas em países desenvolvidos não poderiam ser facilmente adaptadas no Brasil. Portanto, mudanças institucionais foram essenciais para promover os processos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) voltados à agricultura tropical, pois funcionam como um catalisador de inovações, aumentando a capacidade de absorção dos agricultores (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017). O governo instituiu políticas específicas para aumentar a produção e a produtividade agrícolas, bem como investimentos públicos em P&D, extensão rural e crédito rural, cuja finalidade era garantir a segurança alimentar e reduzir os preços dos alimentos (CHADDAD, 2016). Nos anos de 1979 e 1980, o subsídio do crédito rural atingiu  $\frac{1}{4}$  do PIB da agropecuária (BACHA, 2004).

Sob apoio da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) - criada em 1973, considerada um caso de sucesso de inovação institucional induzida, cuja missão, visão e valores são norteados em prol da sustentabilidade da agricultura em benefício da sociedade brasileira - a agricultura passou a ser um setor baseado no conhecimento e na ciência (EMBRAPA, 2019a). Na década de 1990, o desenvolvimento do conhecimento agrícola e a sua utilização por produtores locais foram responsáveis por um expressivo ganho de produtividade, no qual, dentre as razões para tal sucesso, citam-se melhoria dos solos tropicais degradados, melhoramento genético de plantas e sistema de manejo integrado (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017). Assim, como resultado de esforços empreendidos pelos produtores rurais, pelo governo, por instituições de ciência e tecnologia e por outros agentes públicos e privados, expressivos ganhos de produtividade no setor agrícola foram observados. A produção de grão cresceu mais de seis vezes entre 1975 e 2017, enquanto a área plantada apenas dobrou (EMBRAPA, 2018).

A Figura 15 apresenta os principais acontecimentos históricos relacionados com a agricultura brasileira e o índice de produção de alimentos entre 1961 e 2016.

Figura 15 – Principais acontecimentos da trajetória da agricultura brasileira e índice de produção de alimentos no Brasil – 1961–2016



Fonte: Vieira Filho e Fishlow (2017, p. 66-67), adaptado. Dados atualizados do Word Bank (2019).

Contini et al. (2010) destacam três instrumentos de política agrícola que contribuíram para a evolução desse setor ao longo dos últimos anos, a saber: crédito subsidiado, ciência e tecnologia e extensão rural. Entre 1975 e 2010, a agricultura brasileira foi marcada por um forte aumento da produtividade (2,95% a.a.), sendo a cultura da soja o produto mais valorizado. Já a produtividade dos cinco principais grãos (arroz, milho, feijão, soja e trigo) aumentou a produção a taxas de 3,66% a.a. As exportações do agronegócio geraram um saldo comercial de US\$ 403 bilhões de 1997 a 2009, contribuindo para o equilíbrio das contas externas do País. As projeções indicam que a agricultura e o agronegócio brasileiro têm grande potencial de crescimento (CONTINI et al., 2010).

O destaque brasileiro no contexto internacional foi crescente ao longo dos últimos anos. O aumento da quantidade produzida e da produtividade contribuíram para que o Brasil atingisse picos cada vez mais altos no valor das exportações de produtos agrícolas [com base nos dados da Faostat (2019), de 1961 a 2015]. A Figura 16 apresenta a balança comercial do agronegócio do Brasil entre 1997 e julho de 2019.

Figura 16 – Balança comercial do agronegócio brasileiro – 1997–2019\*



Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados da Agrostat (2019).

Nota: \*dados até julho de 2019.

No período analisado, o saldo da balança comercial brasileira manteve-se positivo. Ao verificar o valor importado e exportado, percebe-se um

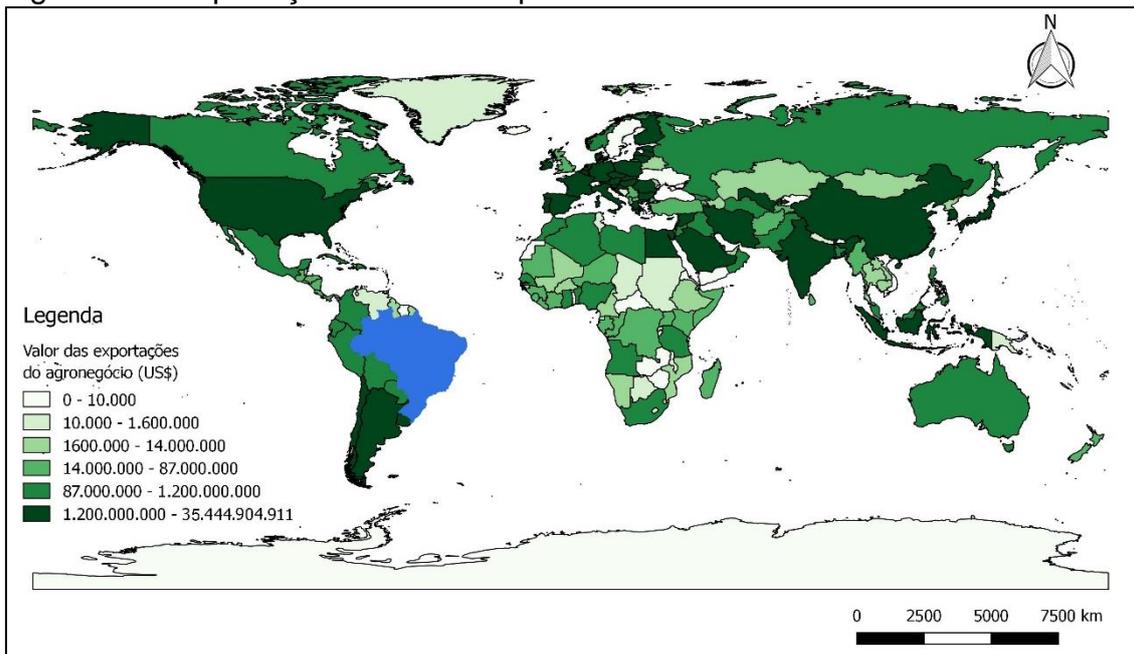
distanciamento cada vez maior devido ao aumento da variação. Em 1997, o saldo da balança comercial foi de US\$ 15,2 bilhões, enquanto em 2018 foi US\$ 87,2 bilhões. Ou seja, o valor das exportações cresceu consideravelmente ao longo do tempo, enquanto as importações mantiveram-se relativamente estáveis.

Até 2008, o bloco econômico da União Europeia apresentou uma crescente demanda dos produtos do agronegócio brasileiro, sendo o principal destino das exportações do agronegócio brasileiro até 2012. Em contrapartida, a demanda europeia sofreu oscilações consideráveis, com tendência negativa no decênio entre 2009 e 2018. A China passou a ser o foco das exportações do agronegócio brasileiro a partir de 2013 (Apêndice E).

Wei et al. (2019) estudam a relação comercial entre Brasil e China, na qual os autores assumem uma visão otimista dessa relação para os próximos anos. Nas palavras dos autores, “*with the recent imposition of restrictions between the USA and China we can expect positive consequences to the trade between Brazil and China*” (WEI et al., 2019, p. 3). Ademais, os autores ressaltam uma relação inversa entre Brasil e China, pois, por um lado, o Brasil exporta produtos básicos para a China e, por outro lado, a China exporta produtos manufaturados para o Brasil. Cerca de 97,8% das exportações chinesas para o Brasil são de bens manufaturados de vários segmentos.

A Figura 17 apresenta as exportações do agronegócio brasileiro por mercado, cujo valor total ultrapassou a marca dos US\$ 100 bilhões em 2018.

Figura 17 – Exportações brasileiras por mercados\* – 2018



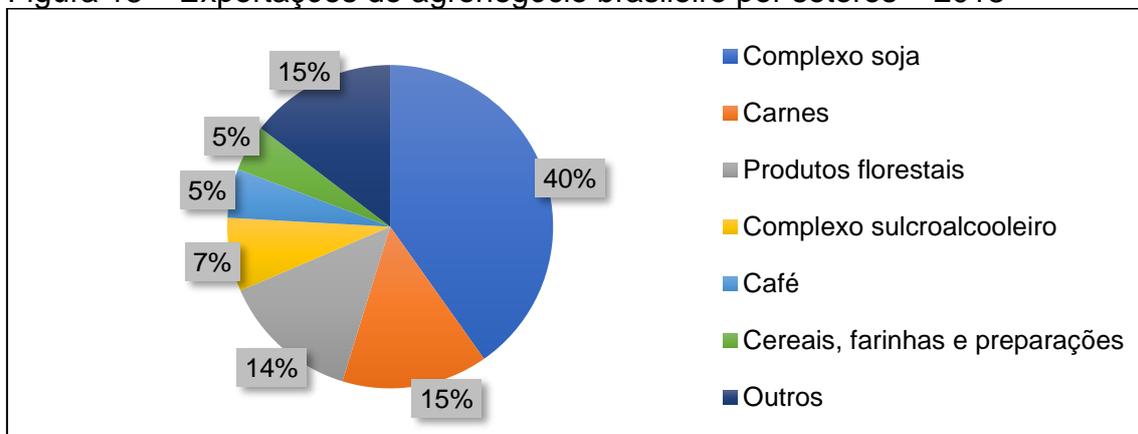
Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados da Agrostat (2019).

Nota: \*os dados do valor das exportações brasileiras para os 28 países pertencentes ao bloco econômico da União Europeia foram agrupados.

Os produtos do agronegócio brasileiro estão presentes em diversos países ao redor do globo. Os principais destinos de tais exportações foram a China cuja participação foi de mais de 35% do total do valor exportado, seguida do bloco econômico da União Europeia formado por 28 países (17,6%) e Estados Unidos (6,7%).

A Figura 18 apresenta as exportações do agronegócio brasileiro por setores, em 2018.

Figura 18 – Exportações do agronegócio brasileiro por setores – 2018

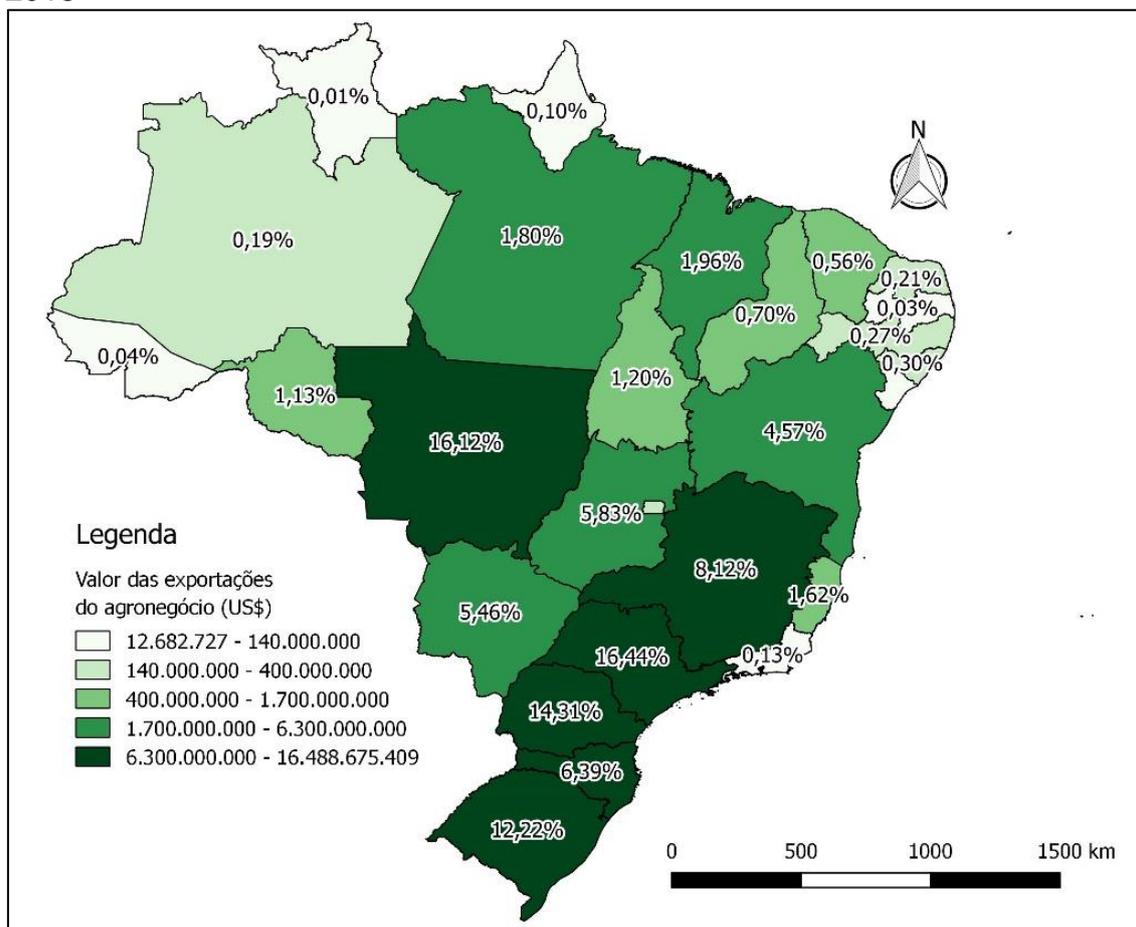


Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados da Agrostat (2019).

Em 2018, as exportações do complexo soja foram de US\$ 40,7 bilhões, valor esse que corresponde a 40% do total exportado no agronegócio, sendo 83,6 milhões de toneladas (US\$ 33,2 bilhões) exportados em forma de grão, 16,9 milhões de toneladas (US\$ 6,7 bilhões) em forma de farelo e 1,4 milhões de toneladas (US\$ 1,0 bilhão) em forma de óleo. O destino das exportações do complexo soja foi predominantemente a China, US\$ 27,4 bilhões, ou seja, 67,4% do total. Já as exportações de carnes foram de US\$ 14,7 bilhões, cujo destino principal, China, foi responsável por US\$ 2,6 bilhões e Hong Kong por US\$ 2,3 bilhões. As exportações de produtos florestais corresponderam a 14% do valor total, US\$ 14,0 bilhões, sendo a China responsável por US\$ 3,7 bilhões desse montante, seguida dos Estados Unidos (US\$ 2,6 bilhões). As exportações do complexo sulcralcooleiro foram de US\$ 7,4 bilhões em 2018 (7%), cujo principal destino foi os Estados Unidos (US\$ 691 milhões), seguido da Argélia (US\$ 678 milhões) e da Índia (US\$ 547 milhões). Quando considerado o valor das exportações do complexo sucroalcooleiro por blocos econômicos, a Organização para a Cooperação Islâmica foi o destino de 61% do valor total (US\$ 4,5 bilhões). O setor do café foi responsável por 5% das exportações, US\$ 5,0 bilhões, cujo destino principal foram os Estados Unidos (US\$ 871,8 milhões), seguidos da Alemanha (US\$ 759,2 milhões) e da Itália (US\$ 462,0 milhões).

A Figura 19 apresenta o valor e o percentual do total das exportações brasileiras do agronegócio por Unidade Federativa em 2018.

Figura 19 – Exportações brasileiras do agronegócio por unidade federativa – 2018



Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados da Agrostat (2019).

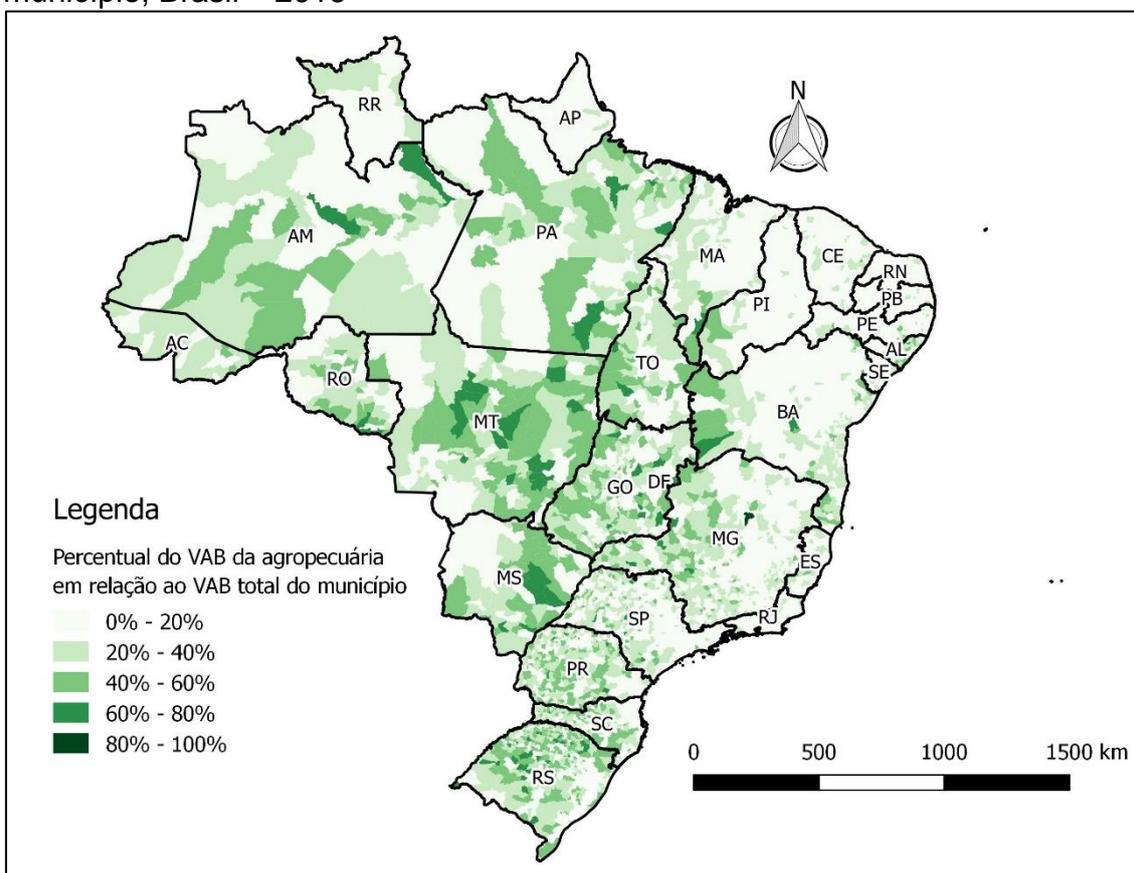
A maior parte das exportações do agronegócio brasileiro são oriundas da produção dos estados de São Paulo, Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul, os quais, juntos, representaram 59% do valor total em 2018. Já as regiões Norte e Nordeste apresentaram menor valor exportado no setor do agronegócio.

Frederico e Almeida (2017) estudaram as transformações produtivas e a dinâmica territorial brasileira no início do século XXI e justificaram tal disposição espacial de estados exportadores. Os autores analisaram a relação entre a expansão da fronteira agrícola moderna do Brasil e a centralização do comando produtivo especificamente na metrópole de São Paulo (forças centrífugas e centrípetas, respectivamente). A organização e o uso do território têm como foco possibilitar o aumento da produção agrícola e pecuária por meio da expansão da moderna fronteira agrícola e da intensificação da produção (FREDERICO; ALMEIDA, 2017).

Com a difusão gradual das redes de comunicações e transporte através do espaço, principalmente a partir da década de 1970, foi criada uma lógica que fortaleceu o movimento combinado da dispersão territorial das atividades modernas (agricultura, indústria e serviços), aliadas às possibilidades oferecidas pela tecnologia da informação e à concentração do comando político, principalmente na metrópole de São Paulo (SANTOS; SILVEIRA, 2001).

Destarte, a atividade de agropecuária é importante para muitos municípios do Brasil. A Figura 20 apresenta o percentual do Valor Adicionado Bruto (VAB) da agropecuária em relação ao VAB total do município.

Figura 20 – Percentual do VAB da agropecuária em relação ao VAB total do município, Brasil – 2016

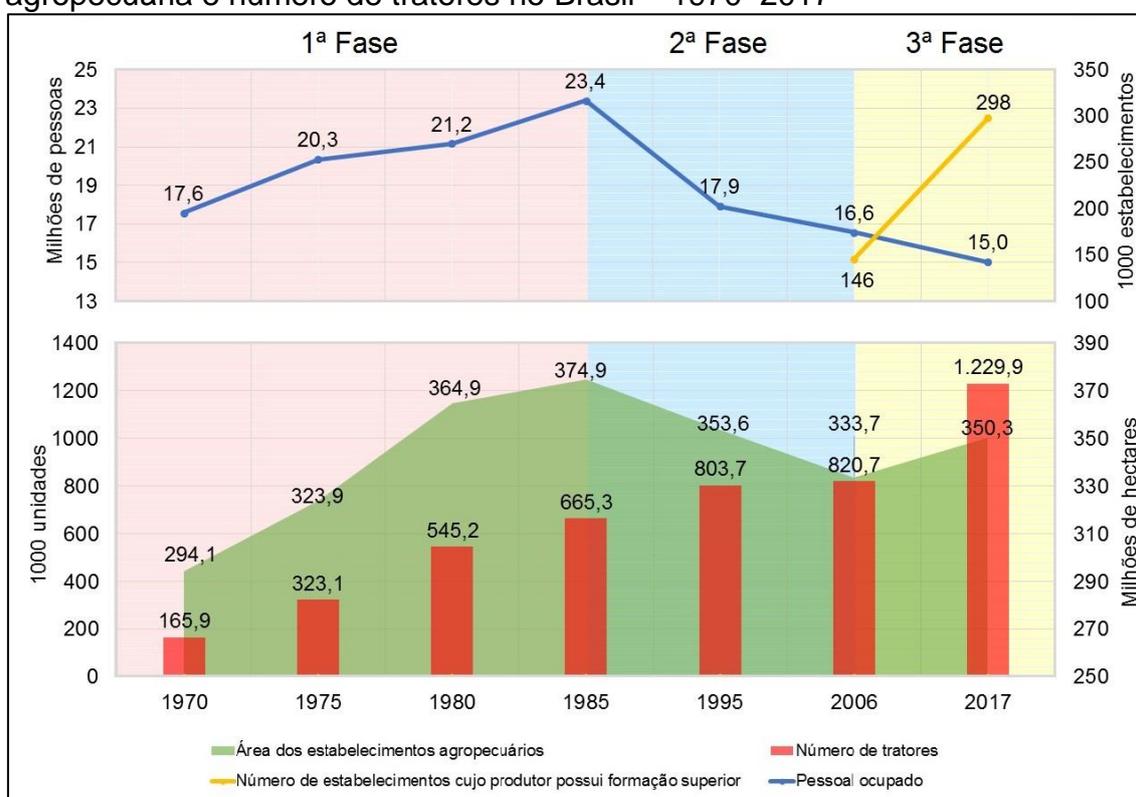


Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados do IBGE (2016).

Embora as economias municipais tenham um comportamento heterogêneo, constata-se a predominância da maior participação do VAB da agropecuária nos municípios da porção ocidental do País. O VAB de 23% dos municípios brasileiros corresponde a mais de 1/3 do VAB total.

No tocante ao uso dos fatores de produção agrícola, a Figura 21 apresenta uma relação da área dos estabelecimentos agropecuários em hectares (terra), do número de estabelecimentos agropecuários cujo produtor possui formação superior (tecnologia não física), o pessoal ocupado nas atividades agropecuárias (trabalho) e do número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários (tecnologia física) no Brasil no período de 1970 a 2017.

Figura 21 – Área ocupada (hectares), número de estabelecimentos agropecuários cujo produtor possui formação superior, pessoal ocupado na agropecuária e número de tratores no Brasil – 1970–2017



Fonte: elaborado pela autora, com base nos censos agropecuários do IBGE (2006a; 2017a).

A análise do uso dos fatores de produção na agropecuária brasileira pode ser segmentada em três fases: 1ª fase (de 1970 a 1985), 2ª fase (de 1985 a 2006) e 3ª fase (de 2006 a 2017).

A primeira fase é caracterizada pelo crescimento expansivo no uso dos fatores de produção de terra, trabalho e tecnologia (física). Ao longo de 1970 a 1985, foram incorporadas 5,8 milhões de pessoas em atividades de agropecuária, o uso da terra expandiu-se em 80,8 milhões de hectares (valor

esse que corresponde a 9,5% do território brasileiro) e o número de tratores aumentou quatro vezes. Em 1985, o número de pessoas ocupadas na agropecuária ultrapassava 23 milhões, distribuídos em uma área de 374,9 milhões de hectares, enquanto o número de tratores era de 665.280. O ano de 1985 registrou o maior uso dos fatores de terra e trabalho.

A partir de então, o número de pessoas ocupadas passou a ser inverso ao número de tratores (período entre 1985 e 2006). Enquanto o número de pessoas ocupadas reduziu 29%, o número de tratores aumentou 23%. Ou seja, o uso de máquinas agrícolas teve um efeito poupador de mão de obra. Diante do efeito do aumento da produtividade [ver Gasques et al. (2012)], o uso da terra também foi reduzido entre 1985 e 2006 (embora o valor da produção agrícola tenha aumentado expressivamente – ver Figura 14). Por conseguinte, a segunda fase foi caracterizada da seguinte forma: redução no uso dos fatores de terra e trabalho e aumento no uso de tecnologia (física).

Na terceira fase (de 2006 a 2017), o número de pessoas ocupadas em atividades agropecuárias sofreu uma redução de 1,6 milhões, enquanto o número de estabelecimentos cujo produtor possui formação superior mais que dobrou.

Entre 2006 e 2017, ainda na terceira fase, a quantidade do uso de tratores aumentou em 50%, indicando a maior mecanização do campo. Ou seja, de modo geral, houve uma redução do uso do fator trabalho e um crescimento do uso do fator tecnologia (física e não física).

A expansão do uso de tratores exigiu a capitalização da área rurais, o que viabilizou a aquisição de máquinas e equipamentos e o aumento do padrão técnico. Esse processo se deu devido à expansão da oferta de crédito e do uso de grãos de alta rentabilidade. Além disso, ocorreu o aumento das empresas agromercantis, tais como Cooperativas de Produção Agrícola (CPAa), as quais passaram a ter uma atuação ascendente na comercialização, na alocação dos recursos estatais e na difusão das novas tecnologias, das novas técnicas e dos métodos de produção (FERRERA DE LIMA; PIACENTI; ALVES, 2005).

Quanto à área ocupada pelos estabelecimentos agropecuários na terceira fase, essa sofreu uma expansão de 16,6 milhões de hectares. Esse fenômeno

pode estar relacionado com a expansão da fronteira agrícola para o MATOPIBA (parte da região dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia)<sup>14</sup>.

Em 1920, a área média dos estabelecimentos agropecuários no Brasil era 270 hectares. Contudo, esse panorama foi se transformando ao longo do tempo. Em 1950, esse valor passou para 104 hectares em 1940, 75 hectares em 1960 e 60 hectares em 1970. Nas décadas seguintes, foram registradas ligeiras oscilações nesse valor (IBGE, 2006a). No último Censo Agropecuário (IBGE, 2017a), registrou-se um valor de 69 hectares. Ou seja, as mudanças estruturais que marcaram a trajetória da agricultura brasileira são caracterizadas pela redução da área média, principalmente na primeira metade do século XX.

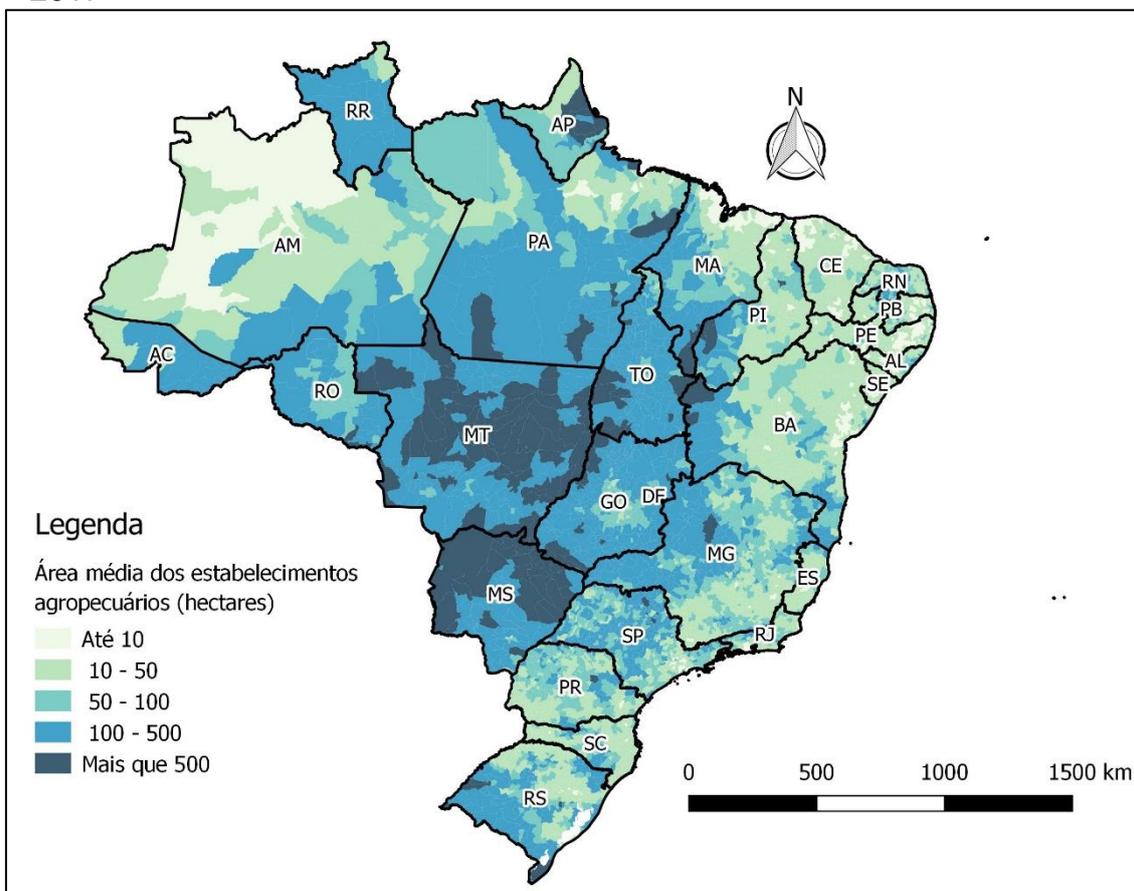
Desde o período colonial, conforme Assunção e Chiavari (2015), o uso de recursos naturais no Brasil é resultado de um conjunto de políticas, instituições e escolhas tecnológicas baseadas na abundância de terras e no acesso ao trabalho. Contudo, com o avanço da tecnologia e com a modernização das instituições e políticas no período pós-Segunda Guerra, a agricultura passou a se basear em um modelo de uso intensivo de terras.

Para uma melhor análise espacial, a área média dos estabelecimentos agropecuários por município é apresentada na Figura 22.

---

<sup>14</sup> Nas últimas décadas, o MATOPIBA tem sido visto como nova fronteira agrícola em função do seu elevado potencial de exploração econômica, embora possua restrições ecológicas e sociais para o desenvolvimento do capitalismo agrário moderno (MIRANDA, 2012; BUAINAIN; GARCIA; VIEIRA FILHO, 2018). Para Lopes (2014), a expansão da fronteira agrícola e as mudanças na ocupação das terras nessa região possuem características diferenciadas, com terras mecanizáveis, em uma região de transição entre os biomas do cerrado e do semiárido. A produção agrícola no MATOPIBA está entre os fatores de segurança alimentar do Nordeste, cuja relação pode ser cíclica e virtuosa. Conhecimento e tecnologia são os fatores que viabilizam a expansão agrícola nessa região (GARCIA; VIEIRA FILHO, 2017). A região que anteriormente era carente e marcada pela escassez de alimentos e dificuldades sociais, com a aceleração da agricultura, agora passa a ser o foco dos investimentos. O MATOPIBA passou a atrair novos profissionais a fim de encontrarem as melhores alternativas de produção sustentável (LOPES, 2014). Ou seja, com maior produção agrícola, a renda da região cresce, o que movimenta a economia como um todo.

Figura 22 – Área média dos estabelecimentos agropecuários (hectares), Brasil – 2017



Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2017a).

Percebe-se a predominância dos estabelecimentos agropecuários de maior porte localizada nos estados do Centro-Oeste. Esse fenômeno está relacionado com o processo de ocupação e desenvolvimento dessa região. Conforme Bezerra e Cleps Junior (2004), em um primeiro momento, a expansão da produção agrícola no Centro-Oeste se deu por meio da utilização de mão de obra e da incorporação de novas terras à área de fronteira (década de 1930). Em um segundo momento, após a década de 1960, o desenvolvimento dessa região se deu mediante a participação do Estado como um indutor desse processo. Somente a partir da década de 1990, o Centro-Oeste passou a se desenvolver com os seus próprios meios baseado na incorporação do progresso técnico na agricultura.

Gasques et al. (2012) afirmam que o desenvolvimento da agricultura brasileira é baseado principalmente no ganho de produtividade. A Produtividade Total dos Fatores (PTF) consiste na estimação da produtividade por meio da

construção de um indicador que envolve dados de produtos e insumos utilizados na produção. Gasques et al. (2012) analisaram a trajetória da agricultura brasileira no período de 1970 a 2006. Os autores perceberam um crescimento continuado que, de modo geral, apresentou uma variação expressiva de 124% ao longo desses 36 anos. Enquanto a produção cresceu 234%, o uso de insumos cresceu 53%, o que permite concluir que o crescimento da agricultura brasileira foi baseado principalmente no aumento da produtividade. Para quantificar tais ganhos, Martha Junior, Alves e Contini (2012) propõem um modelo quantitativo que permite mensurar a quantidade de terra (em unidades de área) poupada diante do aumento da produtividade em um determinado período de tempo. Tal modelo é conhecido como efeito poupa-terra. Conforme as pesquisas de Vieira Filho (2018) e Vieira Filho e Fishlow (2017), no período de 1990 a 2015, o efeito poupa-terra da agricultura e pecuária foi, respectivamente, de 41,4 e 324,7 milhões de hectares. Quando comparada a quantidade de terras poupadas de ambas as atividades nesse período com a extensão territorial total do Brasil, verifica-se uma economia de aproximadamente 43%. Ou seja, a agricultura e a pecuária brasileira têm produzido mais em cada hectare de terra, o que contribui para a preservação dos recursos naturais.

Raiher et al. (2016) estudam a produtividade da agropecuária dos três estados do Sul do Brasil. Após realizar uma análise econométrica espacial, os autores concluem que a produtividade da agropecuária implica diretamente na competitividade do setor, aprimorando, com isso, a produção de alimentos, a sua capacidade de inserção internacional, bem como, na geração de trabalho e renda no campo.

Para Vieira Filho (2009) e Vieira Filho e Fishlow (2017), a trajetória da agricultura brasileira é marcada por uma combinação de insumos tecnológicos, *clusters* de inovação em diferentes setores econômicos e capacidade de absorção e incorporação de conhecimento pelos agricultores. Investimentos em P&D contribuem substancialmente para o ganho de produtividade.

A inovação e a tecnologia têm auxiliado o Brasil no processo de desenvolvimento regional sustentável, sendo o caso da agricultura brasileira um exemplo para ilustrar tal processo. Em suma, a agricultura é um sistema complexo e dinâmico. A superação do desafio do desenvolvimento sustentável requer uma visão sistêmica e o abandono de abordagens tradicionais,

considerando a integração dos diferentes elementos da cadeia agroalimentar (GUEDES; TORRES; CAMPOS, 2014).

A agricultura brasileira é marcada por profundas transformações, as quais fizeram com que o Brasil deixasse de ser importador líquido de alimentos para ser um dos líderes mundiais em agroexportação. O País se tornou um dos principais *players* do agronegócio mundial. Diversos acontecimentos estimularam o avanço da ciência e da tecnologia, cujo efeito foi o ganho expressivo de produtividade. A Embrapa teve um papel crucial nesse processo, sendo considerado um caso de sucesso de inovação induzida. As atividades agrícolas são determinantes para o desempenho econômico de diversos municípios brasileiros estimulados pela exportação. O uso dos fatores terra, trabalho e tecnologia – física e não física – teve o comportamento analisado em três fases. O uso da tecnologia foi o único fator crescente nas três fases. A tecnologia não física mais que dobrou na terceira fase. O fator trabalho foi crescente apenas na primeira fase. Já o fator terra foi crescente na primeira fase, seguido de uma queda na segunda fase e novamente crescente na terceira fase, estando relacionado com a expansão da fronteira agrícola para o MATOPIBA. Em suma, a trajetória da agricultura contribui para entender a dinamização da economia e do espaço brasileiro.

## 6 ANÁLISE ESPACIAL E ECONOMETRICA

Existem diversas abordagens que definem a função de produção. Conforme o modelo proposto por Alves, Souza e Marra (2017), a função de produção agrícola é formada pelos fatores de terra, trabalho e tecnologia. Esta seção apresenta os resultados da análise do valor da produção agrícola (VPA) brasileira, estando dividida em duas partes: análise espacial (AEDE) e análise econométrica.

### 6.1 Análise espacial

A fim de atender ao segundo objetivo, nos passos seguintes, estão apresentados os resultados da AEDE do valor da produção agrícola e dos fatores terra, trabalho e tecnologia. A matriz de peso espacial escolhida foi a de 4 vizinhos (baseados na menor distância euclidiana), pois apresentou maior contiguidade, verificada por meio da estatística  $I$  de Moran (Apêndice F). Neste tópico, a análise espacial é iniciada pela variável dependente (valor da produção agrícola), seguida das variáveis independentes de terra, trabalho e tecnologia (física e não física).

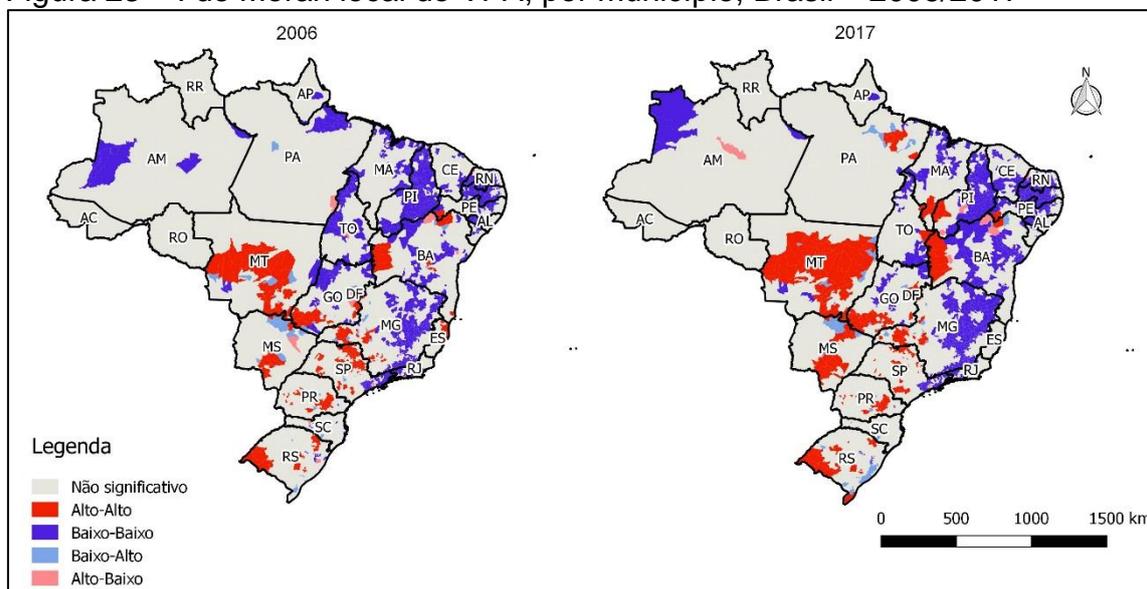
Em 2006, o valor da produção agrícola brasileira foi de R\$ 99 trilhões<sup>15</sup>. Esse valor experimentou um crescimento de 70% ao longo dos 11 anos posteriores, chegando a atingir R\$ 317 trilhões em 2017. Dadas as diferentes características regionais e locais dos municípios brasileiros, o valor da produção agrícola foi heterogêneo no espaço. A Figura 23 apresenta o resultado da aplicação do  $I$  de Moran local, os *clusters*, cujo coeficiente de autocorrelação espacial foi de 0,37 e 0,39 para os anos de 2006 e 2017, respectivamente, indicando a presença de dados autocorrelacionados no espaço de forma positiva (Apêndice F). A autocorrelação espacial positiva revela a presença de similaridade entre os valores e a localização espacial dos municípios. Ou seja, os municípios com elevado valor de produção agrícola estão rodeados por municípios com também elevado VPA, ao passo que municípios com baixos

---

<sup>15</sup> Valor corrigido pelo IPCA (IBGE) até dezembro de 2017: R\$ 185 trilhões.

valores tendem a estar rodeados por vizinhos que também apresentam baixos VPA. Este efeito de transbordamento intensificou-se ao longo de 2006 a 2017.

Figura 23 – I de Moran local do VPA, por município, Brasil – 2006/2017



Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados da Produção Agrícola Municipal do IBGE (2006b; 2017b).

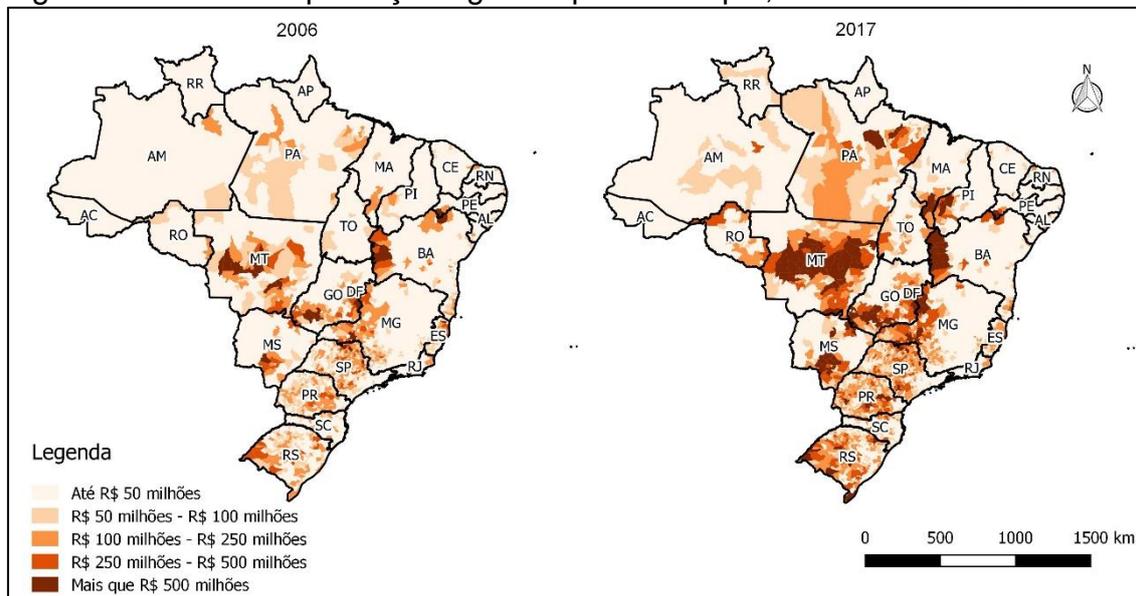
Nota-se que a distribuição espacial do VPA dos municípios brasileiros passou por certas transformações entre 2006 e 2017.

O *cluster* AA do sudoeste gaúcho, região conhecida pela produção de arroz, ampliou-se ao longo do período analisado. Em 2017, 31% do valor da produção de arroz do Brasil foi oriundo da mesorregião sudoeste rio-grandense.

Também foi verificada a expansão do *cluster* AA na porção central do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e do MATOPIBA. Em 2017, os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul foram responsáveis por 25% e 7%, respectivamente, do valor da produção da soja brasileira. De modo geral, a região do MATOPIBA sofreu um processo de inversão, embora o *cluster* AA tenha se perpetuado no extremo oeste baiano. A aglomeração dessa mesorregião da Bahia ampliou-se ao longo do período analisado. Ademais, percebe-se que certos *clusters* BB que existiam nos estados do Tocantins, Maranhão e Piauí desapareceram em 2017. Essa região tem chamado bastante atenção dos pesquisadores devido à produtividade cada vez mais crescente, cujas características geográficas são favoráveis para o cultivo de grãos e fibras (EMBRAPA, 2019b).

Os fenômenos verificados na análise do *I* de Moran local do VPA também podem ser comparados com a Figura 24 acerca das culturas temporárias e permanentes dos municípios brasileiros.

Figura 24 – Valor da produção agrícola por município, Brasil – 2006\*/2017



Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados da Produção Agrícola Municipal do IBGE (2006b; 2017b).

Nota: o valor da produção agrícola de 2006 para todos os municípios foi corrigido pelo IPCA (IBGE) de dezembro de 2006 a setembro de 2017.

O valor da produção agrícola cresceu, de modo geral, em diversos municípios dos estados da região Sul, São Paulo, Mato Grosso, Goiás, Pará, MATOPIBA, porção ocidental de Minas Gerais e em certas regiões sul-matogrossense, rondoniense, capixaba, amazonense e roraimense. Esse comportamento está relacionado com o tipo de cultura produzido na região. O Apêndice G apresenta a distribuição espacial das principais quatro culturas agrícolas do Brasil. Em 2017, 35% do valor da produção agrícola brasileira foi de soja, 17% de cana-de-açúcar, 10% de milho e 6% de café.

Dada a grande proporção do valor da produção de soja em relação ao VPA total, a disposição espacial do VPA dos municípios (Figura 26) assemelha-se com a figura que indica a disposição espacial dos municípios que praticam a sojicultura (Apêndice G). Os maiores valores da produção de soja, principal produto das agroexportações brasileiras, são predominantes em toda a região Centro-Oeste, Sul, MATOPIBA e porção ocidental do Sudeste (*a la North*). No contexto internacional, o Brasil é o segundo maior produtor de soja, ficando atrás

apenas dos Estados Unidos. Conforme Dall’Agnol e Marcelino-Guimarães (2019), a expectativa sinaliza que a safra de soja 2019/2020 seja de 123 milhões de toneladas, enquanto espera-se que a produção estadunidense seja de 113 milhões de toneladas. Se essa estimativa se concretizar, o Brasil se tornará o maior produtor de soja do mundo. A biotecnologia beneficiou consideravelmente a produção de soja no Brasil pois contribuiu para o aumento da produção sem a necessidade de demandas por mais áreas de cultivo e, dessa forma, evitando a pressão por mais desmatamento (DALL’AGNOL; MARCELINO-GUIMARÃES, 2019).

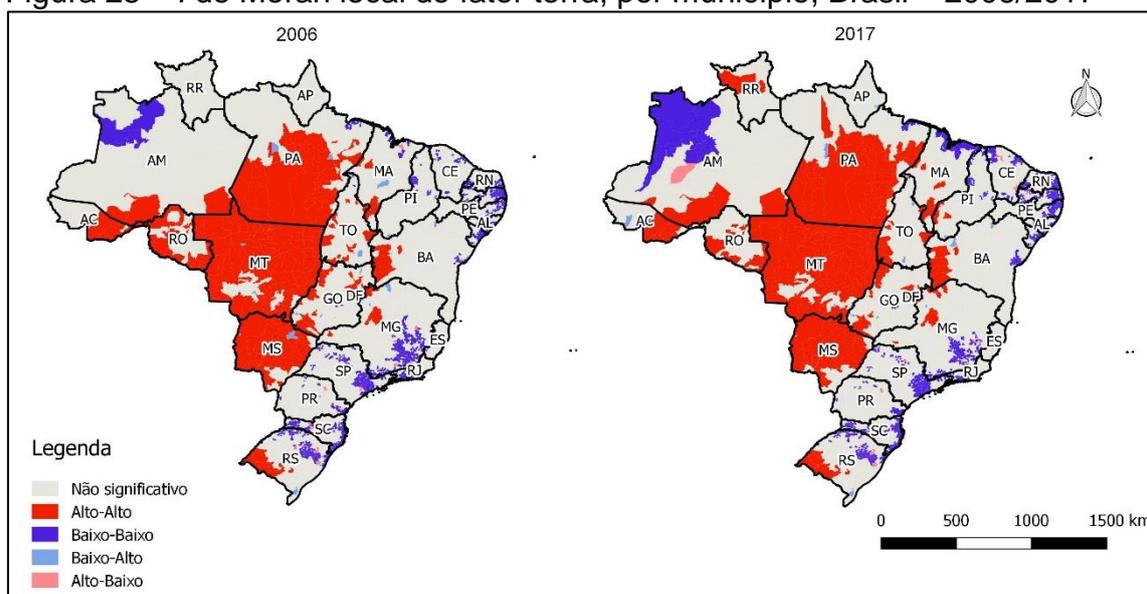
O valor da produção de milho apresentou uma disposição espacial distribuída em todo o País. A partir do início da década de 1980, foram verificadas no Estado do Paraná experiências pioneiras na produção de milho safrinha. Inicialmente, a segunda safra de milho foi praticada fora de épocas normais e em condições climáticas desfavoráveis. Com o passar o tempo, essa prática foi se difundindo pelos outros estados brasileiros, passando a ser um componente fundamental na cadeia produtiva agrícola brasileira. Assim, o milho safrinha passou a ser cultivado principalmente na região Centro-Sul brasileira, no período de janeiro a abril, geralmente depois da colheita da soja precoce (EMBRAPA, 2019c).

O maior valor da produção de cana-de-açúcar concentra-se no eixo São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, além disso o País também lidera a tecnologia da produção de etanol. Ou seja, a produção desse item está relacionada com a segurança energética brasileira. A cana-de-açúcar é matéria-prima para a produção de açúcar e álcool, cujo subprodutos são utilizados para cogeração de energia elétrica, fertilizantes para as lavouras e fabricação de ração animal (EMBRAPA, 2019c).

Em 2017, 58% do valor da produção de café foi oriundo do Estado de Minas Gerais. O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo e o segundo maior consumidor. No período de janeiro a julho de 2019, a exportação de cafés brasileiros gerou uma receita cambial de US\$ 2,93 bilhões. Dessas exportações, 9,9% – 2,33 milhões de sacas – foram de cafés industrializados (solúvel/torrado e moído) e 90,1% de cafés verdes (16,70 milhões de sacas) (EMBRAPA, 2019d).

Quando se analisam os fatores de produção, verifica-se, pelo resultado coeficiente de autocorrelação espacial para o fator terra, que houve uma maior padronização espacial positiva. Os coeficientes  $I$  de Moran foram de 0,38 para 2006 e 0,42 para 2017, para o fator terra (Apêndice F). A Figura 25 apresenta o mapa de *clusters* e o mapa da área dos estabelecimentos agropecuários em hectares em 2006 e 2017.

Figura 25 –  $I$  de Moran local do fator terra, por município, Brasil – 2006/2017

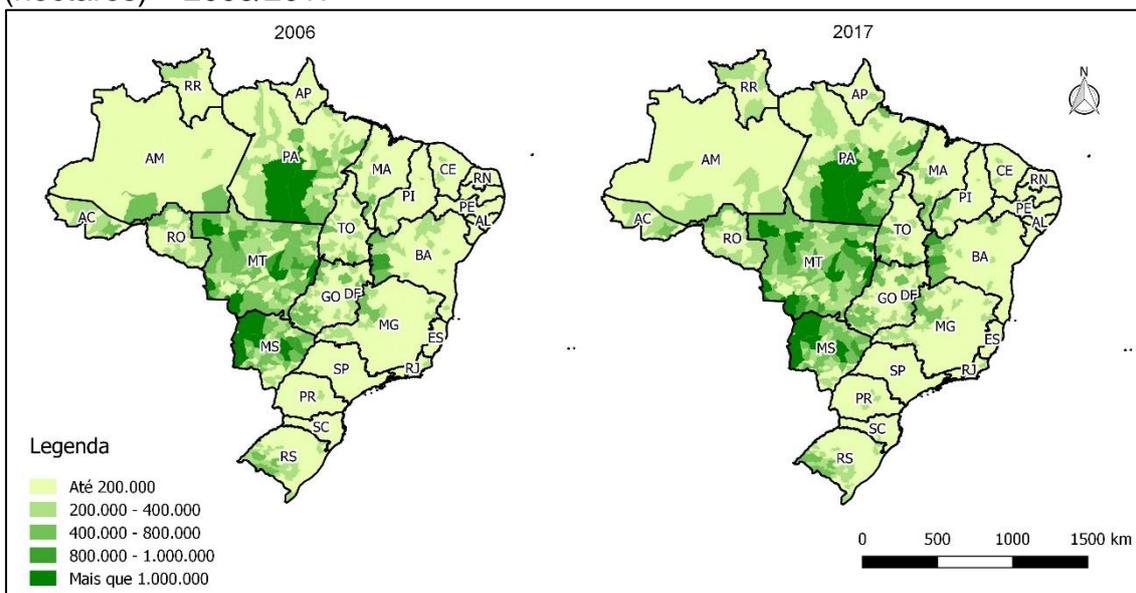


Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006a; 2017a).

Por um lado, observa-se a formação de um único *cluster* AA que abrange quase a totalidade dos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Rondônia, Acre, que se perpetuou de 2006 até 2017. Outros *clusters* AA isolados verificados no restante do espaço brasileiro mantiveram-se relativamente estáveis. Por outro lado, o *cluster* BB do norte e sudoeste do Amazonas aumentou ao longo do período analisado. Isso indica que os municípios com pequenas áreas de estabelecimentos agropecuários, que estão rodeados de vizinhos com essa mesma característica, aumentaram nessas mesorregiões amazonenses.

A Figura 26 apresenta a transformação da área dos estabelecimentos agropecuários, por municípios do Brasil entre 2006 e 2017.

Figura 26 – Área dos estabelecimentos agropecuários, por município, Brasil (hectares) – 2006/2017

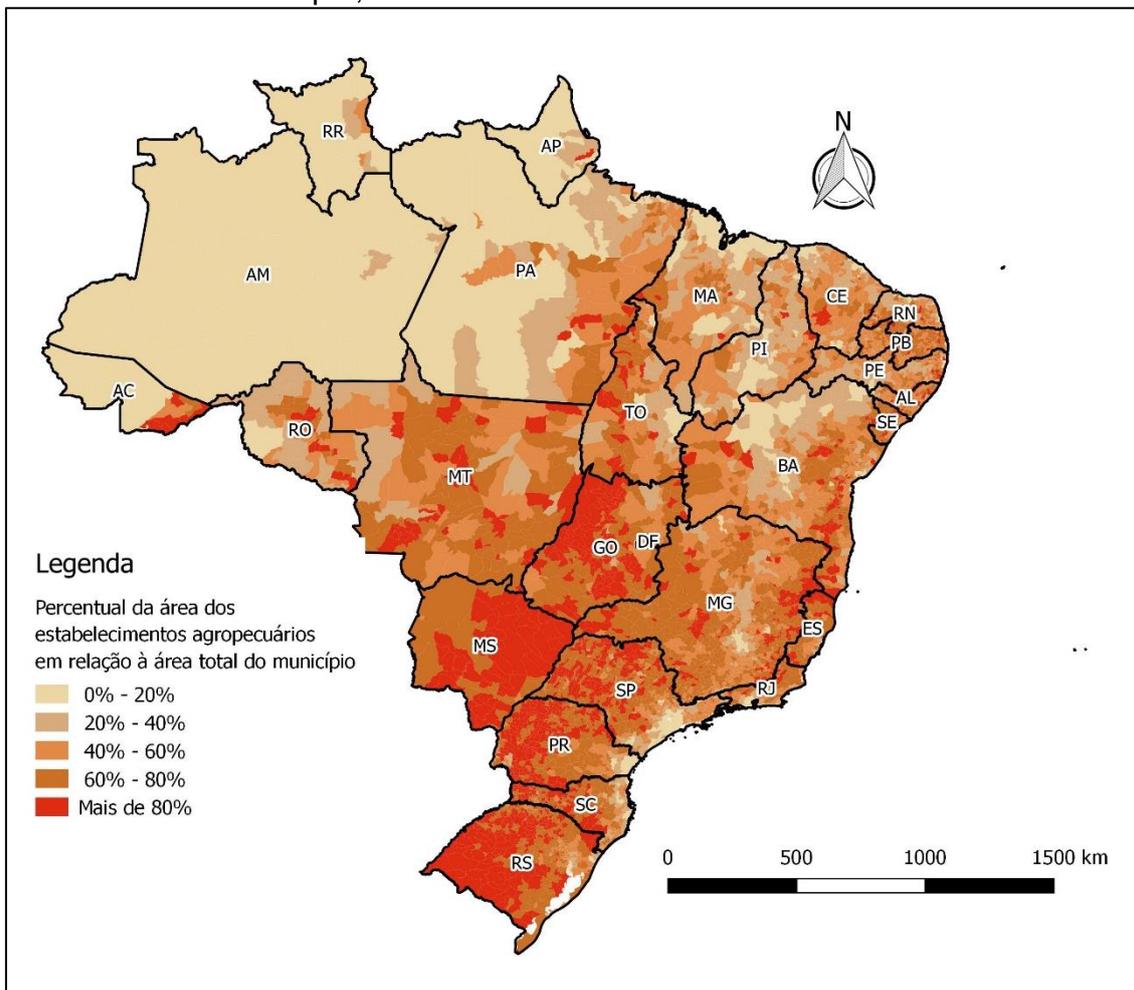


Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006a; 2017a).

Os municípios com as maiores áreas de estabelecimentos agropecuários estão localizados nos estados do Centro-Oeste, Pará e na região do MATOPIBA. A área dos estabelecimentos agropecuários está relacionada com o tipo de atividade que é praticada no espaço.

A Figura 27 apresenta o percentual da área dos estabelecimentos agropecuários em relação à área total do município.

Figura 27 – Percentual da área dos estabelecimentos agropecuários em relação à área total do município, Brasil – 2017



Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2017a).

Constata-se que os municípios cujos estabelecimentos agropecuários ocupam entre 60% e 80% da área total do município são predominantes no Brasil. Na região norte, os estabelecimentos agropecuários ocupam baixo percentual da área total do município, principalmente nos estados do Amazonas, Acre, Roraima, Amapá e sudoeste paraense e baixo Amazonas. Esse comportamento pode estar relacionado com as leis de preservação ambiental no bioma amazônico.

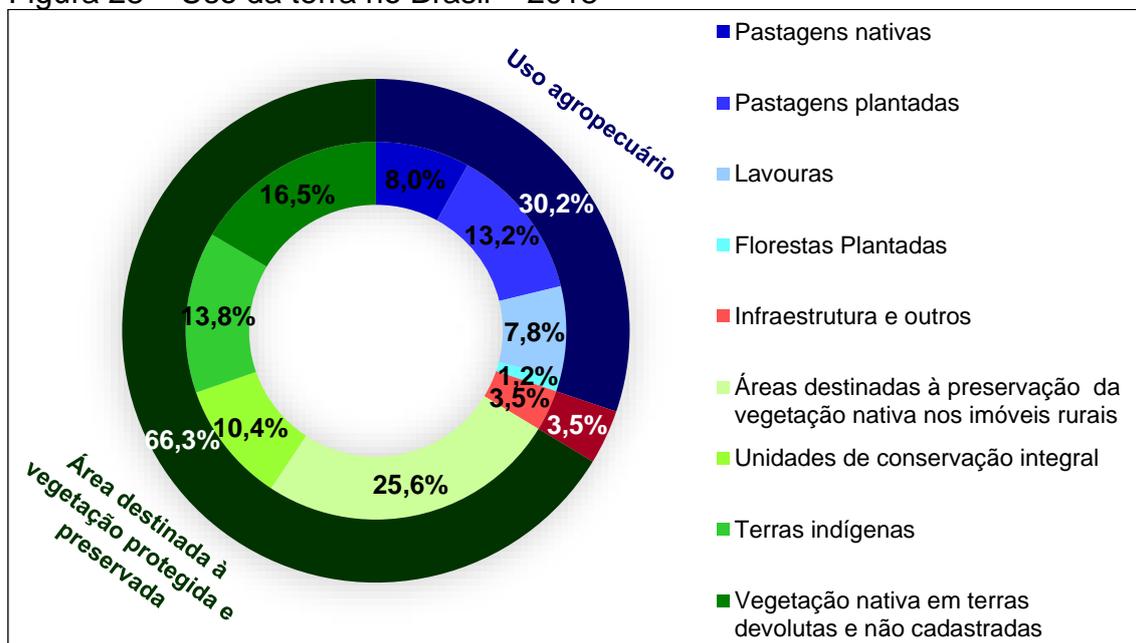
A utilização do fator terra passou por profundas modificações ao longo das últimas décadas no Brasil. Um mapeamento com imagens geocodificadas, gerado pelo Cadastro Ambiental Rural (CAR)<sup>16</sup>, permitiu a identificação do uso

<sup>16</sup> O Cadastro Ambiental Rural (CAR) é um registro obrigatório eletrônico, que reúne informações com base cartográfica geocodificada, por meio de imagens de satélite de alta definição. Assim,

da terra em todo o território nacional, segmentando-se em: área destinada à vegetação protegida e preservada, uso agropecuário e infraestrutura. A predominância relativa da ocupação dos estabelecimentos agropecuários obedece a um padrão de distribuição espacial relacionado com os aspectos ambientais da região e com a legislação de proteção ambiental.

No Brasil, existem duas realidades que coexistem em áreas agrícolas: áreas exploradas, onde a vegetação nativa foi substituída pelos sistemas agrossilvopastoris; e áreas não exploradas, onde a vegetação nativa é mantida em diversos níveis de conservação e proteção (MIRANDA, 2017). Até a Constituinte de 1988, 1,5% do território brasileiro (12.912.082 ha) correspondia a assentamentos agrários; 2,3% (19.859.861 ha) a unidades de conservação; e 1,9% (16.172.575 ha) a terras indígenas (MIRANDA, 2016). Contudo, esse cenário vem se modificando ao longo dos últimos anos. Com base nas informações do CAR, registradas até 31 de janeiro de 2018, a Figura 28 apresenta o uso da terra no Brasil.

Figura 28 – Uso da terra no Brasil – 2018



Fonte: Miranda (2018), adaptado.

a partir das imagens, cada produtor rural, ao fazer o cadastramento, preenche uma série de fichas e faz o mapeamento do uso e da ocupação de suas terras, bem como a delimitação das áreas de vegetação nativa remanescentes, das áreas de preservação permanente, de uso restrito, das consolidadas e da reserva legal. O CAR é uma importante ferramenta para o planejamento da agricultura, do meio ambiente e da economia, sendo essencial para a preservação da vegetação nativa, biodiversidade e agricultura. Esse cadastramento é fruto do novo Código Florestal, a Lei 12.651, de 25 de maio de 2012.

Os dados indicam que o uso da terra no setor agropecuário é de 30,2% do espaço territorial nacional, isto é, menos de um terço, sendo predominantemente formado por pastagens plantadas (13,2%), seguido das pastagens nativas (8%), lavouras (7,8%) e florestas plantadas (1,2%). Além disso, 66,3% do território do Brasil corresponde a áreas de vegetação protegida e preservada, subdividindo-se em áreas destinadas à preservação da vegetação nativa nos imóveis rurais (25,6%), vegetação nativa em terras devolutas e não cadastradas (16,5%), terras indígenas (10,4%) e unidades de conservação integral (10,4%).

De modo geral, os agricultores preservam a vegetação nativa em uma quantidade superior à exigida pelo Código Florestal<sup>17</sup> na maior parte do Brasil - que é de no mínimo 20%, em grande parte do Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste e Sul. A área de vegetação nativa preservada nos imóveis rurais corresponde a mais de um quarto do território brasileiro (25,6%) (MIRANDA, 2018).

A gestão do uso da terra colabora para a proteção de bacias hidrográficas, previne erosão e mitiga as alterações climáticas. A expansão agrícola mostrou-se desagregada ao desmatamento nas últimas décadas. Os estudos de Lapola et al. (2013) e Tollefson (2010) apontam que, desde os anos 2000, as taxas de desmatamento reduziram enquanto a produção agropecuária aumentou.

Antigamente, a principal preocupação do agronegócio do Brasil era apenas a expansão de fronteiras e monoculturas. Atualmente, pesquisadores agrícolas estão debatendo sobre intensificação, agricultura de plantio direto, rotação de culturas e agroflorestas, a fim de fornecer alimento para o mercado mundial, sem prejudicar o meio ambiente (TOLLEFSON, 2010). A agricultura brasileira tem se intensificado e orientado cada vez mais para a produção em larga escala de *commodities* (especialmente soja, cana-de-açúcar e milho).

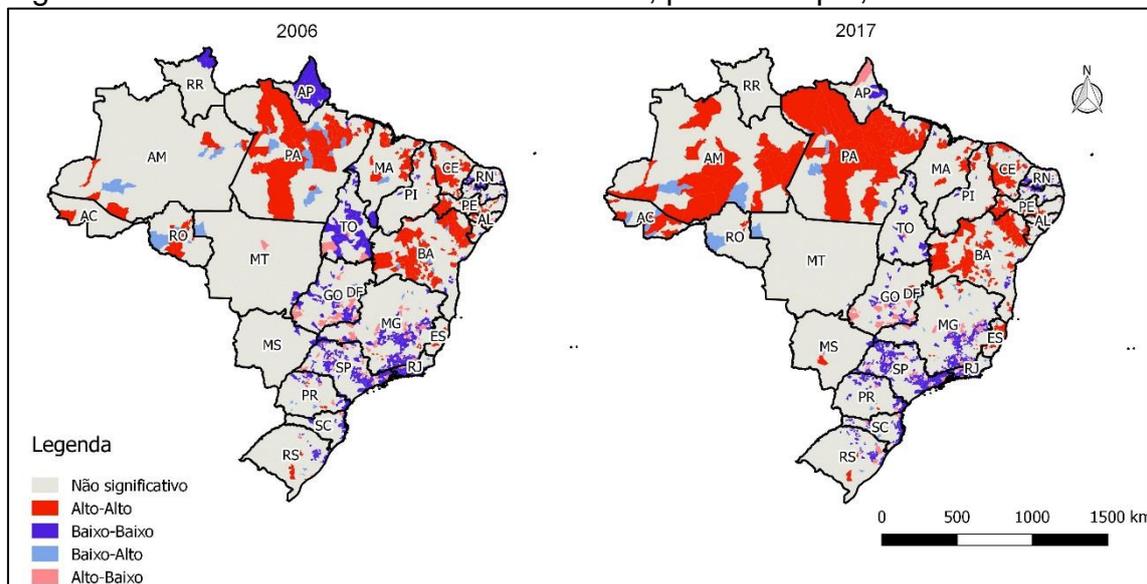
Em relação à contiguidade do fator trabalho, a Figura 29 apresenta o I de Moran local do número de pessoas ocupadas nas atividades agropecuárias, por municípios no Brasil para os anos de 2006 e 2017. O coeficiente de

---

<sup>17</sup> O Código Florestal é uma das mais importantes leis de preservação ambiental no Brasil, estabelecido pela Lei 12.651 de 2012, a qual determina o uso e a proteção da vegetação nativa em áreas públicas e privadas. Ou seja, designa uma percentagem territorial, relacionada com a localização do imóvel, que deve ser preservada a fim de garantir o uso sustentável dos recursos naturais, auxiliar nos processos de conservação e reabilitação ecológica e promover a conservação da biodiversidade (SANTIAGO, REZENDE, & BORGES, 2017).

autocorrelação foi de 0,35 e 0,38 para 2006 e 2017, respectivamente (Apêndice F).

Figura 29 – I de Moran local do fator trabalho, por município, Brasil – 2006/2017

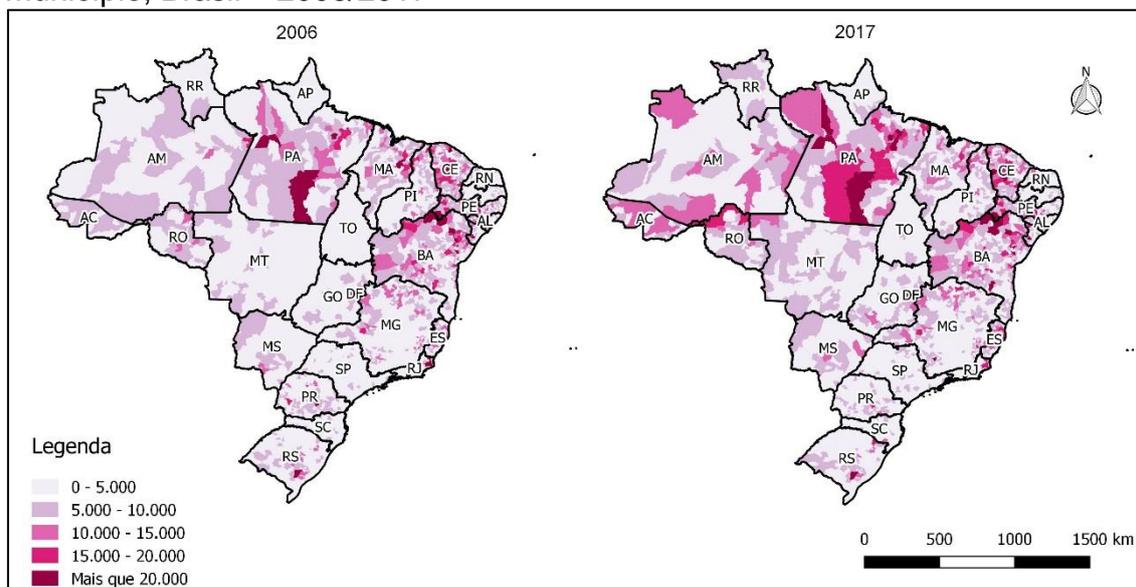


Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006a; 2017a).

Apesar de o número de trabalhadores nos estabelecimentos agropecuários ter reduzido 1,6 milhão de pessoas, no Brasil, percebe-se que houve a formação de uma aglomeração AA nas regiões Norte e Nordeste do País entre 2006 e 2017. A região do MATOPIBA possui tanto aglomerações AA quanto BB. Já a região Centro-Sul é predominantemente caracterizada por municípios cujos estabelecimentos possuem baixos números de trabalhadores e vizinhos com essa mesma característica, ou seja, BB. Em Goiás, percebe-se a presença de alguns municípios que possuem alta quantidade de pessoas ocupadas em atividades agropecuárias, cuja contiguidade é de municípios com característica contrária (AB), tanto em 2006 quanto em 2017.

A Figura 30 apresenta o número de pessoas ocupadas em atividades agropecuárias, por municípios do Brasil, para os anos de 2006 e 2017.

Figura 30 – Número de pessoas ocupadas em atividades agropecuárias, por município, Brasil – 2006/2017



Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006a; 2017a).

A expansão dos *clusters* AA no Norte e Nordeste também pode ser comparada ao aumento do número de pessoas ocupadas em atividades agropecuárias nessas regiões. Além disso, verificam-se poucas mudanças na região Centro-Sul.

Para Alves, Souza e Marra (2017), no que se refere à relação população rural/pessoal ocupado, estimou-se que em 1970 havia 2,4 moradores no campo para cada trabalhador rural no Brasil. Esse número sofreu uma redução chegando em 1,6 em 1985. Tal fenômeno pode ser explicado pela quantidade de pessoal ocupado, que cresceu expressivamente entre 1970 e 1985, o que contribuiu para a queda da proporção relativa morador/trabalhador rural. O crescimento do pessoal ocupado ocorre diante do crescimento do salário rural em relação ao urbano, induzindo moradores tanto do meio rural quanto urbano a buscarem emprego no campo.

Já em 1996, o decréscimo do pessoal ocupado fez com que a proporção de morador/trabalhador rural passasse para 2,0. Isso significa que moradores rurais aderiram mais a empregos urbanos, mesmo mantendo residência rural.

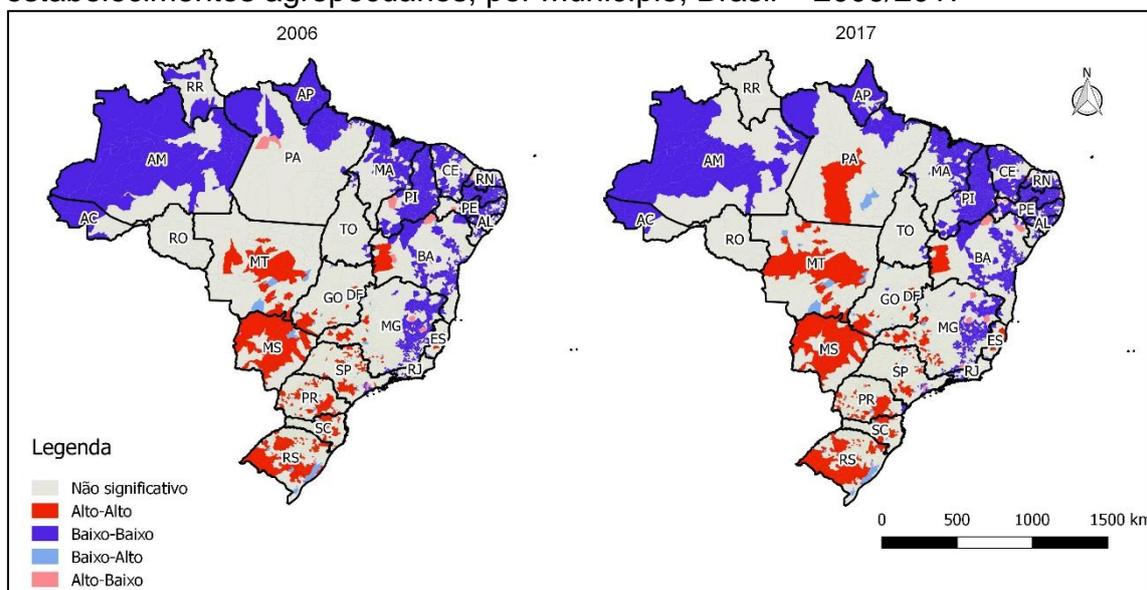
Contudo, em 2006, essa relação caiu para 1,8. Tal fenômeno pode ser explicado pelos salários rurais que atraíram mais trabalhadores urbanos, com

residência urbana, e também aqueles oriundos do meio rural, antes desocupados ou com emprego urbano (ALVES; SOUZA; MARRA, 2017).

Em relação à tecnologia, a literatura proposta por Duarte e Alves (2016) descreve que esse fator pode ter tipologia física e não física. Portanto, neste trabalho, o número de tratores é utilizado como *proxy* para o fator tecnologia de tipologia física e o percentual de estabelecimentos cujo produtor possui formação superior é utilizado como *proxy* para o fator tecnologia de tipologia não física.

A Figura 31 mostra o  $I$  de Moran local do número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários, por municípios do Brasil, em 2006 e 2017. O coeficiente de autocorrelação espacial foi de 0,42 para ambos os períodos, indicando um padrão de associação espacial positivo (Apêndice F). Isto indica que o padrão de concentração foi o mesmo no decorrer do período analisado.

Figura 31 –  $I$  de Moran local do número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários, por município, Brasil – 2006/2017



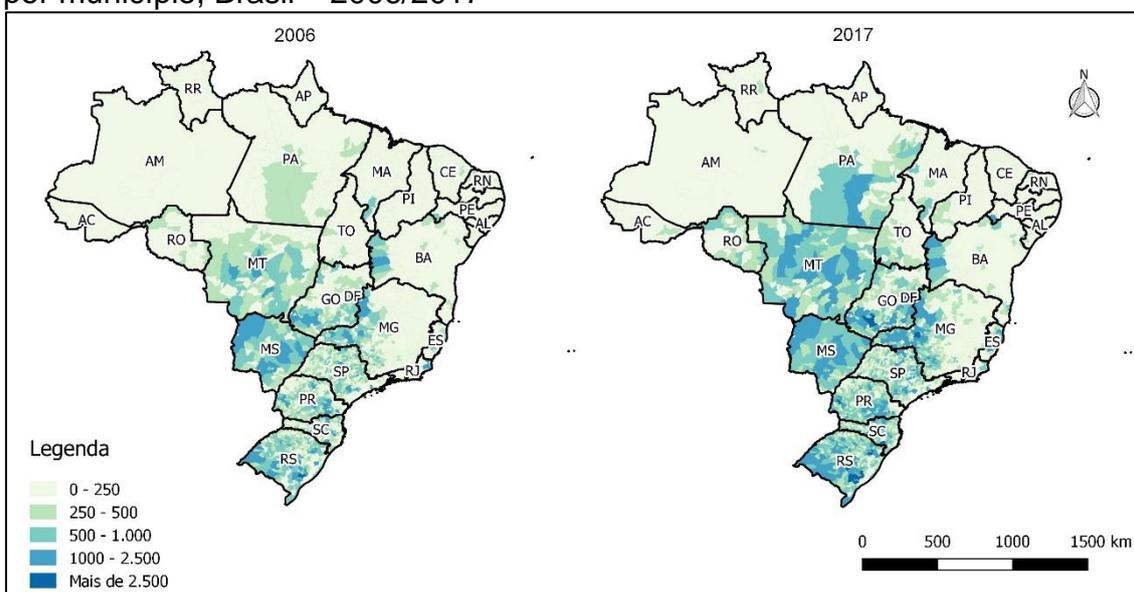
Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006a; 2017a).

Entre 2006 e 2017, nota-se uma transformação no espaço referente à formação de *clusters* de tecnologia física. A predominância dos *clusters* AA foi na região Centro-Sul em ambos os períodos analisados. Nos estados do Centro-Oeste houve uma expansão dos *clusters* AA, enquanto em certos pontos da região Norte e Nordeste houve uma redução dos *clusters* BB. Os estados de

Minas Gerais e Bahia apresentaram municípios com alto número de tratores circundados por vizinhos com a mesma característica (AA) na porção ocidental, e situação contrária (BB) na porção oriental.

O fenômeno verificado na análise local de associação espacial (*I* de Moran local) também é confirmado pela Figura 32, que mostra o número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários, por município do Brasil, em 2006 e 2017.

Figura 32 – Número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários, por município, Brasil – 2006/2017



Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006a; 2017a).

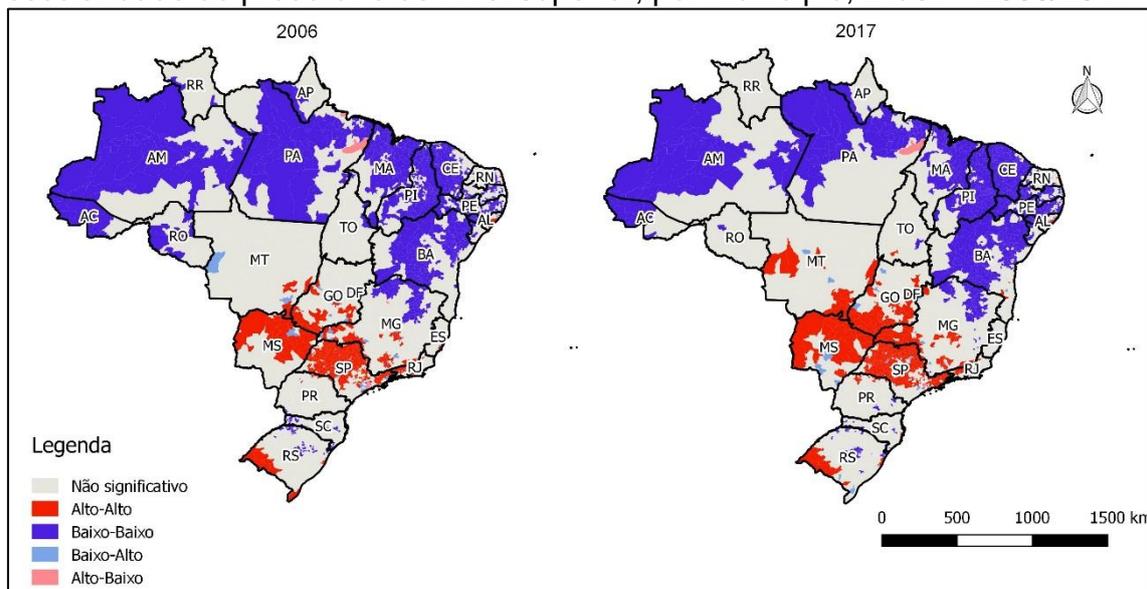
Entre 2006 e 2017, observa-se que o número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários aumentou expressivamente em diversos municípios brasileiros. Dos tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários, 42% estão localizados na região Sul (dos quais 47% estão no Rio Grande do Sul), 30% na região Sudeste, 16% na região Centro-Oeste e 12% nas regiões Nordeste e Norte.

Conforme os dados dos Censos Agropecuários do IBGE (2006a; 2017a), ao considerar o tamanho médio para cada unidade de trator, nota-se uma considerável redução ao longo do tempo, indicando que o espaço rural tem se tornado mais mecanizado. Em 2006, o tamanho médio dos estabelecimentos agropecuários por unidade de trator era 406,6 hectares. Em 2017, tal número

passou para 285,6 hectares. Ademais, a potência dos tratores também se elevou ao longo do tempo. Em 2006, existiam 250.068 tratores com mais de 100 cavalos-vapor nos estabelecimentos agropecuários. Em 2017, esse número passou para 328.865.

Em relação à tecnologia não física, a Figura 33 apresenta o  $I$  de Moran local, por municípios do Brasil em 2006 e 2017. Como *proxy*, utilizou-se o percentual de estabelecimentos agropecuários cuja escolaridade do produtor é de nível superior (graduação e pós-graduação). O coeficiente de autocorrelação espacial foi 0,61 para 2006 e 0,71 para 2017 (o maior verificado neste trabalho). Ou seja, o percentual de estabelecimentos agropecuários cuja escolaridade do produtor é de nível superior é ordenado conforme uma sequência espacial positiva.

Figura 33 –  $I$  de Moran local do percentual de estabelecimentos cuja escolaridade do produtor é de nível superior, por município, Brasil – 2006/2017



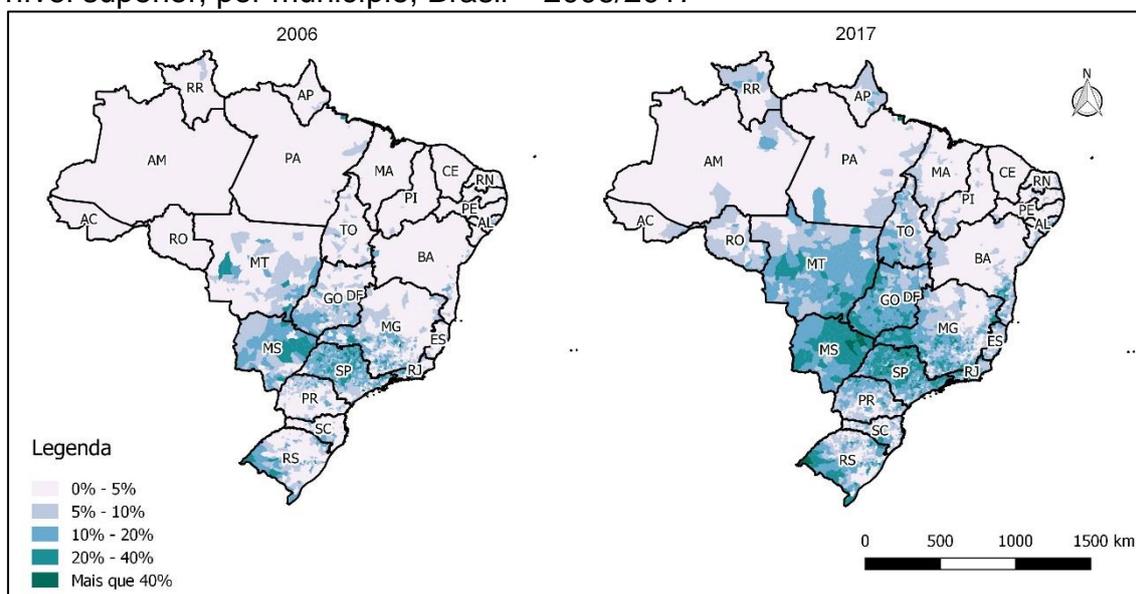
Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006a; 2017a).

Ao analisar o padrão de associação espacial local acerca do fator tecnologia não física, percebe-se que as regiões Norte e Nordeste possuem, predominantemente, *clusters* do tipo BB. Isso significa que tais municípios possuem baixa tecnologia não física cuja contiguidade é de municípios com a mesma característica.

Já na região Centro-Sul, observa-se predominantemente a formação de *clusters* AA. Ao longo do período analisado, esse tipo de *cluster* se expandiu no eixo entre os estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e São Paulo. Certa expansão também foi verificada no Sudoeste Rio-grandense.

A Figura 34 apresenta o percentual de estabelecimentos cuja escolaridade do produtor é de nível superior, por municípios do Brasil, para os anos de 2006 e 2017

Figura 34 – Percentual de estabelecimentos cuja escolaridade do produtor é de nível superior, por município, Brasil – 2006/2017

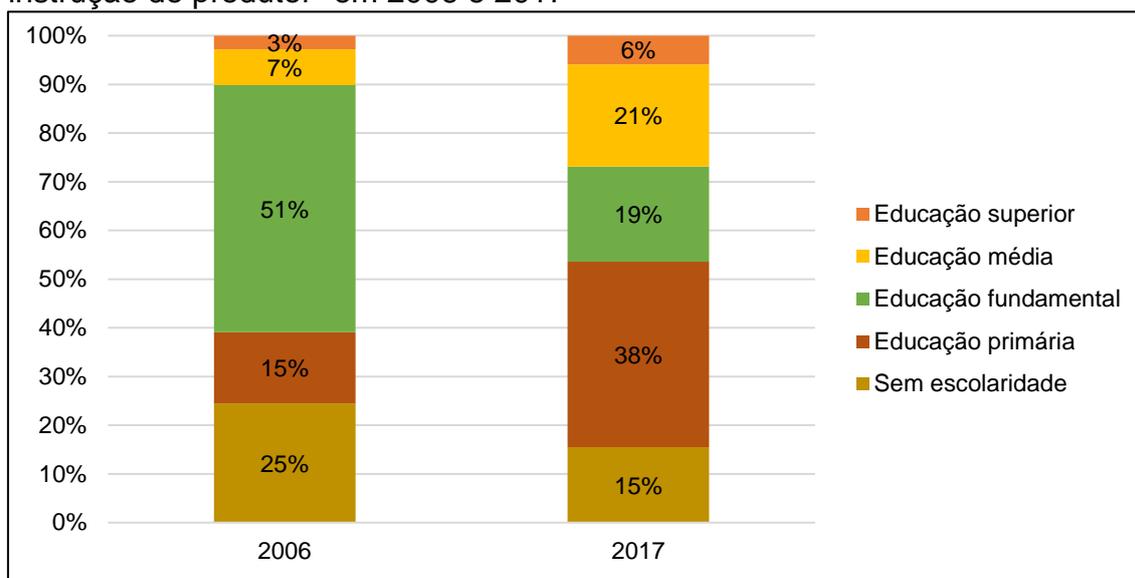


Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006a; 2017a).

Percebe-se que além do percentual de estabelecimentos agropecuários cuja escolaridade do produtor é de nível superior ter aumentado, também se difundiu no espaço entre 2006 e 2017. Em 2006, a predominância dos estabelecimentos agropecuários com a tecnologia não física era no eixo Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso Sul, e em certos pontos do Mato Grosso e Rio Grande do Sul. Já em 2017, a tecnologia não física se intensificou nas regiões citadas e passou a abranger todos os estados do Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Rondônia, Roraima, Tocantins, Amapá, e parte dos outros estados do Norte e do Nordeste.

A Figura 35 apresenta o número de estabelecimentos, conforme o nível de instrução dos produtores rurais de 2006 e 2017.

Figura 35 – Percentual de estabelecimentos agropecuários conforme o nível de instrução do produtor\* em 2006 e 2017



Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006a; 2017a).

Entre 2006 e 2017, o percentual de estabelecimentos agropecuários cujo produtor não possui escolaridade reduziu de 25% para 15%. Tal fenômeno pode estar relacionado com o avanço nos estudos do produtor, pois a educação primária aumentou de 15% para 38% ao longo desse mesmo período. Já o percentual de estabelecimentos agropecuários cujo produtor possui educação fundamental era predominante em 2006 (51%), passando para 19% em 2017. O percentual de estabelecimentos agropecuários cujo produtor possui educação média triplicou ao longo do período analisado, sendo o nível que apresentou maior crescimento, passando de 7% para 21%. O percentual de estabelecimentos agropecuários cujo produtor possui educação superior dobrou de 3% para 6% entre 2006 e 2017, sugerindo que o processo de sucessão familiar tem ocorrido juntamente com uma maior escolaridade dos proprietários dos estabelecimentos.

A família rural valoriza de forma acentuada a educação dos filhos, em especial, a educação superior. Nos últimos anos, a crescente mobilidade rural, o avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e o acesso dos filhos de agricultores no ensino superior estão dinamizando o meio rural e acenando novas perspectivas de ascensão social. Nessa perspectiva, as políticas educacionais, mesmo que acessadas ainda pela minoria de jovens rurais, aos poucos, têm provocado um processo de transformação social no meio rural brasileiro (REDIN, 2017, p. 250).

O conhecimento sobre a agricultura impacta mais a produção do que os insumos. ‘É escrevendo que se aumenta a produção de batatas’ diz certo escritor francês (DUARTE; ALVES, 2016). A tecnologia não física é determinante para o ganho de produtividade. Nas palavras de Vieira Filho e Fishlow (2017, p. 61), “não é a distribuição de terra que aumentará a produtividade, mas, sim, o uso de tecnologia, o qual depende da capacidade de absorção de novos conhecimentos”. No Brasil, o ganho de produtividade relaciona-se com o avanço da tecnologia não física.

Dessa forma, verifica-se que os fatores locacionais, bem como a disposição espacial associam-se com o desenvolvimento econômico dos municípios brasileiros. A prática das principais atividades agrícolas, indicado pelo VPA nesta pesquisa, relaciona-se com as exportações conforme proposto por North. Percebe-se que a formação de *clusters* verificada tanto no uso dos fatores de terra, trabalho e tecnologia – física e não física – quanto no valor da produção agrícola exerce uma figura polarizada no espaço brasileiro, assim como descrito por Perroux. Essa polarização e a formação de *clusters* expandiram-se em certos pontos ao longo do tempo, indicando a formação de novos encadeamentos com os municípios vizinhos (*a la* Hirschman). Esses efeitos estimulam a propagação do desenvolvimento econômico regional pelo espaço, a partir da relação de contiguidade.

## 6.2 Análise econométrica

Para atender ao terceiro objetivo, nos passos seguintes, estão apresentados os resultados da regressão, em que variáveis estão apresentadas no Quadro 2 (metodologia). A matriz de contiguidade escolhida permanece sendo a de 4 vizinhos (baseados na distância euclidiana), pois apresentou maior contiguidade, verificada por meio da estatística *I* de Moran (Apêndice F). Neste tópico, a análise econométrica é iniciada pela regressão a-espacial e espacial com as observações de 2006, seguida da regressão a-espacial e espacial de 2017. Ao final, é apresentada uma análise comparativa dos resultados entre os períodos.

A fim de ajustar os dados das variáveis (categóricas), o modelo que teve melhor ajuste foi do tipo *log-lin*, tendo como base o menor valor para o Critério

de Informação de Akaike (AIC) e o de Schwarz (SC). Portanto, a regressão a-espacial estimada pode ser representada conforme a Equação 6.

$$\log VPA = \alpha + \beta_1 TER + \beta_2 TRA + \beta_3 TECNF + \beta_4 TECF + \varepsilon \quad (6)$$

Foram realizados testes com modelos espaciais de alcance global. A Tabela 2 apresenta o resultado das regressões realizadas com auxílio dos softwares *GeoDa<sup>TM</sup>* e *GeoDaSpace version 1.0*.

Tabela 2 – Regressões

Coeficientes	2006		2017	
	(1) MQO	(2) SAR	(3) MQO	(4) SAR
$\alpha$	3,2445452 [0,000000]***	1,6664979 [0,000000]***	3,3278107 [0,000000]***	1,3450570 [0,000000]***
TER	-0,0000002 [0,0109484]	-0,0000001 [0,1107773]	0,0000000 [0,6881069]	-0,0000000 [0,9681291]
TRA	0,0000542 [0,000000]***	0,0000518 [0,000000]***	0,0000522 [0,000000]***	0,0000501 [0,000000]***
TECNF	1,2941637 [0,000000]***	0,6797017 [0,000000]***	1,9525668 [0,000000]***	0,9064637 [0,000000]***
TECF	0,0017158 [0,000000]***	0,0012191 [0,000000]***	0,0014425 [0,000000]***	0,0008660 [0,000000]***
$\rho W\_logVPA$		0,4565578 [0,000000]***		0,5594485 [0,000000]***
Diagnóstico da regressão				
R <sup>2</sup>	0,327343		0,339144	
Pseudo R <sup>2</sup>	0,6051		0,6689	
Pseudo R <sup>2</sup> espacial	0,3661		0,4055	
Akaike info criterion	11440,4		13899,7	
Schwarz criterion	11473,5		13932,8	
Jarque-Bera	16492,4337 [0,000000]***		6123,9630 [0,000000]***	
Diagnóstico de dependência espacial				
I de Moran	0,5389 [0,000000]***		0,5615 [0,000000]***	
LM <sub><math>\rho</math></sub>	3684,6736 [0,000000]***		4257,9692 [0,000000]***	
LM* <sub><math>\rho</math></sub>	303,8713 [0,000000]***		491,2438 [0,000000]***	
LM <sub><math>\lambda</math></sub>	3605,9049 [0,000000]***		3915,8506 [0,000000]***	
LM* <sub><math>\lambda</math></sub>	225,1026 [0,000000]***		149,1252 [0,000000]***	
I de Moran dos resíduos	0,538862 [0,00100]***	0,18102 [0,00100]***	0,561543 [0,00100]***	0,102035 [0,00100]***

Fonte: elaborado pela autora.

Nota: em colchetes, apresenta-se a probabilidade. \*\*\* Indica que o valor é significativo ao nível de certeza de 1%. \*\* Indica que o valor é significativo ao nível de certeza de 5%. \* Indica que o valor é significativo ao nível de certeza de 10%.

A significância do I de Moran dos resíduos foi testada com 999 permutações randomizadas.

A primeira regressão apresentada (1) foi do tipo a-espacial com observações para o ano de 2006, cujo método foi o dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Conforme o diagnóstico de dependência espacial, o  $I$  de Moran indica que o modelo possui autocorrelação espacial positiva. E sob efeitos espaciais, o MQO deixa de ser o melhor estimador não viesado, pois algumas hipóteses de Gauss-Markov e do MCRL (Modelo Clássico de Regressão Linear) são violadas. A estatística Multiplicador de Lagrange clássica ( $LM_\rho$  e  $LM_\lambda$ ) aponta a necessidade de inclusão de um termo de *lag* espacial no modelo e essa situação é confirmada pelos testes LM robustos ( $LM^*_\rho$  e  $LM^*_\lambda$ ). Além disso, levou-se em consideração o modelo que teve menor dependência espacial dos resíduos. Ou seja, o modelo de *lag* espacial (SAR) é o mais adequado. Em relação à normalidade dos resíduos, o teste Jarque-Bera foi significativo a 1% indicando que se deve rejeitar a hipótese nula de normalidade dos resíduos.

A segunda regressão, modelo SAR, foi realizada utilizando-se Variáveis Instrumentais, em que os instrumentos foram TECNF, TECF, TER, TRA com defasagem espacial de primeira ordem, e o instrumentado foi a variável dependente,  $\log VPA$ , também defasado espacialmente.

Situação semelhante aconteceu com as regressões 3 e 4, cujas observações são de 2017. O diagnóstico de dependência espacial e o teste de autocorrelação dos resíduos da regressão 3 também indicaram que SAR é o modelo mais adequado, utilizando-se Variáveis Instrumentais. A regressão 4 apresenta o resultado final do modelo para as observações de 2017.

Formalmente, a regressão econométrica espacial do tipo SAR, conforme as regressões 2 e 4, pode ser expressa conforme a Equação 7.

$$\log VPA = \alpha + \beta_1 TER + \beta_2 TRA + \beta_3 TECNF + \beta_4 TECF + \rho W \log VPA + \varepsilon \quad (7)$$

Os fatores trabalho e tecnologia física e não física contribuíram positivamente para o valor da produção agrícola do Brasil em 2006 e em 2017. O fator terra apresentou coeficiente negativo, porém não foi significativo em ambos os períodos analisados.

Tanto em 2006 quanto em 2017, as variáveis relacionadas com o fator tecnologia tiveram os maiores coeficientes no modelo. Isso significa que, dentre os fatores analisados, a tecnologia é o mais importante para o valor da produção

agrícola brasileira. Ao analisar as variáveis que indicam a tecnologia física (TECF) e não física (TECNF), percebe-se que a última é ainda mais expressiva. Este coeficiente positivo de TECNf retrata que o conhecimento em nível superior possui relação direta com o valor da produção agrícola brasileira. O coeficiente da tecnologia de tipologia física, que corresponde ao número de tratores existentes nos estabelecimentos agropecuários, também foi positivo tanto 2006 quanto em 2017, indicando uma relação direta com o VPA

O coeficiente positivo do fator trabalho (TRA) indica que o número de pessoas ocupadas nos estabelecimentos agropecuários possui uma relação direta com o valor da produção agrícola em ambos os períodos analisados.

Embora o fator terra (TER) tenha apresentado coeficiente negativo, essa variável não foi significativa ao nível de confiança de 10% em nenhum dos períodos analisados, o que impede uma análise consistente deste fator. Tal fenômeno pode estar relacionado com a coexistência de atividades intensivas, em que se utiliza menor quantidade de terra para produzir mais produtos agrícola, e de atividades extensivas. Ou seja, as técnicas modernas de produção podem fazer com que a quantidade de área disponível para os estabelecimentos agropecuários não seja determinante para o valor da produção agrícola.

A variável dependente defasada ( $\rho W_{\log VPA}$ ) foi significativa tanto na regressão 2 de 2006 quanto na 4 de 2017. Esse efeito de transbordamento indica que o valor da produção agrícola dos municípios vizinhos também é importante para determinar a produção agrícola de próprio município. Ou seja, a disposição espacial e a relação de contiguidade dos municípios influenciam no valor da produção agrícola.

Os fatores de produção agrícola são usados de forma heterogênea no Brasil. A tecnologia não física, relacionada com a formação superior dos produtores rurais, foi o fator mais importante tanto em 2006 quanto em 2017. Já a tecnologia física, relacionada com o uso de tratores, foi o segundo elemento mais importante para determinar o valor da produção agrícola. A importância do fator de trabalho pouco se alterou ao longo do tempo, enquanto o fator terra mostrou-se não significativo para o valor da produção agrícola. Além disso, percebe-se que a espacialidade e a relação de contiguidade também determinam o valor da produção agrícola de um município, dado o efeito de transbordamento.

## 7 CONCLUSÃO

Esta dissertação analisou o uso dos fatores de produção na agricultura brasileira, bem como a sua espacialidade em 2006 e 2017. O desenvolvimento econômico regional está relacionado com o uso dos fatores de produção, por isso identificar o uso e compreender a espacialidade dos fatores de produção da agricultura nos municípios brasileiros são fundamentais para o entendimento do próprio processo de desenvolvimento. Este trabalho analisou a combinação dos fatores de produção de terra, trabalho e tecnologia - física e não física - e seus efeitos no desenvolvimento econômico regional para os municípios brasileiros em 2006 e 2017.

Para atender aos objetivos específicos propostos, as teorias clássicas de desenvolvimento econômico e a abordagem de desenvolvimento regional foram estudadas e serviram como base teórica, visando responder aos objetivos específicos.

O primeiro objetivo específico foi analisar a trajetória da agricultura e sua importância econômica para o Brasil. A produção agrícola esteve intimamente relacionada com a história econômica brasileira. Profundas transformações no uso dos fatores de produção, como terra, trabalho e tecnologia, marcaram essa trajetória ao longo do tempo. A competitividade desse setor foi dinamizadora de crescimento e desenvolvimento econômico regional em diversas épocas históricas. O Brasil passou de importador líquido de alimentos para um dos líderes mundiais em exportações de *commodities*. O fenômeno da trajetória da agricultura brasileira vai de encontro às teorias de Ricardo e Malthus e vai ao encontro das teorias de Smith, Mill e Schumpeter.

Por um lado, a teoria de Smith destaca que os determinantes do crescimento econômico estão relacionados com a produtividade do trabalho, bem como a especialização e o aprimoramento das atividades produtivas. Esse modelo é voltado para a análise do trabalho humano, associado com o aperfeiçoamento da destreza dos trabalhadores. Os resultados obtidos acerca do uso dos fatores de produção na agricultura brasileira destacam a importância do trabalho, embora esse não seja o mais relevante. A teoria geral do progresso técnico proposto por Mill estabelece que o aperfeiçoamento produtivo proporciona novas oportunidade de geração de capital, rompendo com o

paradigma de estado estacionário. Pesquisas e inovações no setor da agricultura também foram determinantes nesse processo, assim como propôs Schumpeter.

Por outro lado, a teoria Malthusiana descreve que a insegurança alimentar seria um risco iminente, diante do modelo de crescimento da população em progressão geométrica e do crescimento da produção de alimentos em progressão aritmética. Contudo, tal risco foi superado diante do avanço da tecnologia, sendo a trajetória da agricultura brasileira um bom caso para exemplificar essa situação, em que a quantidade produzida vem cada vez mais batendo novos recordes. A teoria de Ricardo é voltada para o uso do fator terra, em que a produtividade agrícola era pautada no rendimento da terra, conforme as suas características físicas. Contudo, se isso fosse verdade, o cerrado brasileiro seria pouco produtivo. Mais uma vez, a trajetória da agricultura brasileira provou que a tecnologia pode transformar uma atividade econômica. Como exemplo, cita-se a “tropicalização” da soja, a fixação biológica de nitrogênio e a correção dos solos biodegradados que permitiram a expansão da fronteira agrícola em direção ao Centro-Oeste e ao MATOPIBA.

Quanto ao segundo objetivo específico desta pesquisa, relativo à análise da distribuição espacial do valor da produção agrícola dos fatores de terra, trabalho e tecnologia – física e não física –, contextualizou-se o padrão de associação dos municípios brasileiros e realizou-se uma comparação das transformações ocorridas entre 2006 e 2017. O padrão de associação espacial foi significativo em todos esses itens, com destaque para o fator tecnologia não física, que apresentou o maior coeficiente de autocorrelação espacial em ambos os períodos analisados.

O fenômeno da agricultura brasileira também se relaciona com a abordagem de desenvolvimento regional, conforme os pensamentos de North, Perroux e Hirschman. As regiões que apresentaram maior valor de produção agrícola coincidem com aquelas que possuem maior valor de agroexportações (*a la North*). O principal produto exportado é a soja e a China é o principal parceiro comercial do Brasil. O uso dos fatores terra, trabalho e tecnologia física e não física e o valor da produção agrícola dos municípios apresentaram certas aglomerações polarizadas (*clusters*), assim como Perroux propôs em sua teoria. As transformações dessas aglomerações, bem como o fenômeno de expansão

indicaram a formação de novos encadeamentos com municípios contíguos no espaço (*a la* Hirschman).

O terceiro objetivo específico consistiu em quantificar os efeitos dos fatores de terra, trabalho e tecnologia física e não física, bem como os efeitos de transbordamentos, no valor da produção agrícola, em 2006 e 2017. A análise econométrica confirmou a importância da tecnologia, principalmente a não física, para o valor da produção da agricultura brasileira em ambos os períodos analisados. Esse resultado também destaca que a importância desta tecnologia para a agricultura tem crescido ao longo do tempo. O fator terra não foi significativo tanto em 2006 quanto em 2017. Já o coeficiente do fator trabalho pouco se alterou, ou seja, a importância do número de pessoas ocupadas para o valor da produção agrícola manteve-se estável comparando os resultados de 2006 e 2017. Diante dos resultados do diagnóstico de dependência espacial, o efeito de transbordamento relacionado à localização dos municípios também foi incluído no modelo econométrico. Isso indica que a disposição espacial e a relação de contiguidade dos municípios também influenciam de forma positiva o valor da produção agrícola. Com isso confirma-se a hipótese deste trabalho.

Ao longo das últimas décadas, as leis de proteção ambiental e desenvolvimento urbano estabeleceram um limite territorial para a produção agrícola no Brasil. Em razão da intensificação da urbanização, do crescimento do setor de serviços e do uso cada vez mais intensivo de tecnologias, a oferta de trabalho tem diminuído nas áreas rurais. Com a finalidade de obter ganhos de produtividade e progresso sustentável, a incorporação de inovações tecnológicas na agricultura moderna tornou-se crucial. Inovação tecnológica exige conhecimento. A agricultura brasileira vem se tornando um setor baseado na ciência.

Esta análise tem o potencial de facilitar o planejamento participativo, sugere-se trazer os agricultores para a mesa de debates com planejadores, uma vez que a economia do conhecimento tem se tornado determinante para o bom desempenho do setor agrícola. Com base na discussão proposta, percebe-se que a partir da expansão do uso da tecnologia e diálogo entre instituições e produtores, espera-se que produtividade agrícola continue crescendo cada vez mais.

## REFERÊNCIAS

- AGROSTAT – Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. **Indicadores Gerais Agrostat**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2019. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/index.htm>. Acesso em: 01 set. 2019.
- ALCANTARA FILHO, J. L.; SCALCO, P. R. Transformações na agricultura brasileira: uma abordagem espacial dos censos agropecuários de 1996 e 2006, 2008. In: 46º Congresso Brasileiro de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008. **Anais...** Rio Branco: SOBER, 2008.
- ALMEIDA, E. **Econometria espacial aplicada**. Campinas: Alínea, 2012
- ALMEIDA, R. P.; MONTE-MÓR, R. L. Land rent and the urban space in contemporary capitalism. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 37, n. 2, p. 417-436, 2017. DOI: 10.1590/0101-31572017v37n02a09.
- ALVEAL, C. M. Estado, políticas agrícolas e representação de classes na Era Vargas: o Ministério da Agricultura. **Locus Revista de História**, v. 9, n. 3, p. 45-60, 2003.
- ALVES, E. Como os dados falam sobre o futuro? **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 16, n. 1, 2018.
- \_\_\_\_\_.; SOUZA, G. S.; MARRA, R. Uma viagem pelas regiões e estados guiada pelo Censo Agropecuário 2006. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 1, 113-150, 2017.
- \_\_\_\_\_.; CONTINI, E.; GASQUES, J. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In: ALBUQUERQUE, A.; SILVA, A. **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Vol. 1. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- ALVES, L. R. **Reestruturação produtiva e desenvolvimento local: o caso do município de Toledo**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia, especialidade em Planejamento Regional e Urbano) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.
- ANDRADES, T. O.; GANIMI, R. N. Revolução verde e apropriação capitalista. **CES Revista**, v. 21, n. 1, 43-56, 2007.
- ANSELIN, L. **Spatial econometrics: methods and models**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1988. DOI: 10.1007/978-94-015-7799-1.
- \_\_\_\_\_. Spatial econometrics. In: BALTAGI, B. H. **A Companion to theoretical econometrics**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 2003. DOI:10.1002/9780470996249.
- \_\_\_\_\_. **Exploring spatial data with GeoDaTM: a workbook**. Urbana-Champaign: Center for Spatially Integrated Social Science, 2005.
- ASSUNÇÃO, J.; CHIAVARI, J. Towards efficient land use in Brazil. **Climate Policy Initiative**. 2015. Disponível em: <https://climatepolicyinitiative.org/publication/towards-efficient-land-use-in-brazil/>. Acesso em: 01 set. 2019.

- BACHA, C. **Economia e política agrícola no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2004.
- BALL, V. E.; BUTAULT, J. P.; NEHRING, R. R. U.S. agriculture, 1960–96: a multilateral comparison of total factor productivity. In: BALL, V. E.; NORTON, G. W. **Agricultural productivity: measurement and sources of growth**. Vol. 2. Boston: Springer, 2002.
- BALLER, R. D. et al. Structural covariates of U.S. county homicide rates: incorporating spatial effects. **Criminology**, v. 39, n. 3, p. 561-588, 2001.
- BENKO, G. **A ciência regional**. Oieras: Celta, 1999.
- BEZERRA, L. C.; CLEPS JUNIOR, J. O desenvolvimento agrícola da região Centro-Oeste e as transformações no espaço agrário do estado de Goiás. **Caminhos de Geografia**, v. 2, n. 12, p. 29-49, 2004.
- BLOMMESTEIN, H. J. Specification and estimation of spatial econometric models. **Regional Science and Urban Economics**, v. 13, n. 2, p. 251-270, 1983.
- BONO, E. O modelo atual pede inovação. **HSM Management**, v. 7, n. 33, p. 1-5, 2003.
- BRAGAGNOLO, C.; BARROS, G. S. C. Impactos dinâmicos dos fatores de produção e da produtividade sobre a função de produção agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 1, p. 31-50, 2015. DOI: 10.1590/1234-56781806-9479005301002
- BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. A economia agropecuária do Matopiba. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 26, n. 2, p. 376-401, 2018.
- CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB Agronegócio de Cadeias - 2017**. 2019. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br>. Acesso em: 23 fev. 2019.
- CHADDAD, F. **The economics and organization of Brazilian agriculture: recent evolution and productivity gains**. Academic Press, 2016. DOI: 10.1016/C2014-0-00991-4.
- CHEN, W.; DING, Y. Total factor productivity in Chinese agriculture: the role of infrastructure. **Frontiers of Economics in China**, v. 2, n. 2, p. 212-223, 2007.
- CHRISTALLER, W. **Central places in Southern Germany**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1966.
- CINTRA, M. As funções da agricultura. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 05 Março 1978. Disponível em: <https://www.marcoscindra.org/single-post/1978/03/05/As-fun%C3%A7%C3%B5es-da-Agricultura>. Acesso em: 01 jul 2019.
- COCHRANE, W. **Farm prices: myth and reality**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1958.
- CONTINI, E.; GASQUES, J. G.; ALVES, E. R. de A.; BASTOS, E. T. Dinamismo da agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 19, Edição Especial de Aniversário do Mapa - 150 anos, p. 42-64, 2010.

DALLABRIDA, V. R. **Desenvolvimento regional**: por que algumas regiões se desenvolvem e outras não? Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2010.

DALL'AGNOL, A.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C. **Blog da Embrapa Soja**. Canal Rural. Disponível em: <https://blogs.canalrural.uol.com.br/embrapasoja/>. Acesso em: 15 dez. 2019.

DARMOFAL, D. **Spatial econometrics and political science**. Columbia: Department of Political Science - University of South Carolina, 2006.

DE JANVRY, A.; SADOULET, E. Agricultural growth and poverty reduction. **World Bank Research Observer**, v. 25, n. 1, p. 1-20, 2009. DOI: 10.1093/wbro/lkp015.

DEL GROSSI, M. E.; GRAZIANO DA SILVA, J. **Novo rural**: uma abordagem ilustrada. Vol. 1. Londrina, PR: Gráfica Editora do Norte Ltda, 2002.

DIAS, C.; OLIVEIRA, N. Estudo da função de produção agropecuária agregada do estado de Goiás, 2004 In: 42º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, **Anais...** Cuiabá: SOBER, 2004.

DIAS, G.; AMARAL, C. **Mudanças estruturais na agricultura brasileira, 1980-1998**. Série Desarrollo Productivo, Naciones Unidas / CEPAL, Unidad de Desarrollo Agrícola, División de Desarrollo Productivo y Empresarial, Santiago: CEPAL, 2001.

DI FILIPPO, A.; JADUE, S. La heterogeneidad estructural: concepto y dimensiones. **El Trimestre Económico**, v. 43, n. 169. p. 167-214, 1976.

DOS SANTOS, T. La teoría de la dependencia um balance histórico y teórico. In: SEGRERAS, F. L. **El reto de la globalización**: Ensayos em homenaje a Theotônio dos Santos. Caracas: CRESALC-UNESCO, 1998.

DRUCIAKI, F. P. Desenvolvimento territorial: conceitos e elementos. In: BIDARRA, B. S.; VOLL, F. A.; FERRERA DE LIMA, J. **Economia e desenvolvimento territorial**. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2017.

DUARTE, J.; ALVES, E. O elemento invisível no progresso tecnológico. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 122-124, 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

\_\_\_\_\_. **A Embrapa**. 2019a. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 15 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. **Matopiba**. Embrapa. 2019b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-matopiba/sobre-o-tema>. Acesso em: 14 dez. 2019.

\_\_\_\_\_. **Árvore do conhecimento**. Ageitec. 2019c. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fya0krse02wx5ok0pvo4k3mp7ztkf.html>. Acesso em: 15 dez. 2019.

\_\_\_\_\_. **Notícias**. Embrapa café. 2019d. Disponível em: <https://www.embrapa.br/noticias>. Acesso em: 15 dez. 2019.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of United Nations. **Food and agriculture data**. 2019 Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/> Acesso em: 8 ago. 2019.

FARINA, E.; AZEVEDO, P. F. de; SAES, M. S. M. **Competitividade: mercado, estado e organizações**. São Paulo: Singular, 1997.

FERRERA DE LIMA, J.; PIACENTI, C. A.; ALVES, L. R. Ciclos de produção extensiva e intensiva na agricultura brasileira e seus impactos na ocupação da mão-de-obra agrícola (1960–2000). **Canadian Journal of Latin American and Caribbean**, v. 30, n. 60, p. 93-116, 2005.

FISCHER, J. S. **Geography and development: a world regional approach**. 3. ed. Columbus: Merrill Publishing Company, 1989.

FOTHERINGHAM, A.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. **Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships**. Chichester, UK: Wiley, 2002.

FREDERICO, S.; ALMEIDA, M. C. The political economy of territory and agribusiness in Brazil. In: MELGAÇO, L.; PROUSE, C. **Milton Santos: a pioneer in critical geography from the global South**. v. 11, Springer, Cham, 2017. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-53826-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-53826-6_6)

FUJITA, M.; KRUGMAN, P.; VENABLES, A. J. **Economia espacial: urbanização, prosperidade econômica e desenvolvimento humano no mundo**. São Paulo: Futura, 2002.

FURTADO, C. **Formação Econômica no Brasil**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000.

GALVES, C. **Manual de Economia Política Atual**. 10. ed. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1986.

GARCIA, J. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. A questão ambiental e a expansão da fronteira agrícola na direção do Matopiba brasileiro. **Texto para Discussão**. Brasília: IPEA, 2017.

GARNER, B. J. Modelo de geografia urbana e localização das povoações. In: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. **Modelos sócio-econômicos em geografia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1975.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; VALDES, C.; BACCHI, M. R. P. Total factor productivity in Brazilian agriculture. In: FUGLIE, K. O.; WANGS, S. L.; BALL, V. E. **Productivity growth in agriculture: an international perspective**. Oxfordshire: CAB International, 2012.

GERSCHENKRON, A. **Economic backwardness in historical perspective**. Cambridge: Harvard University Press, 1962.

GOLGHER, A. B. **Introdução à econometria espacial**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015.

GOODCHILD, M. F. The validity and usefulness of laws in geographic information science and geography. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 94, n. 2, p. 300-303, 2004.

GRILICHES, Z. Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change. **Econometrica**, v. 25, n. 4, p. 501-522, 1957.

GUEDES, A. C.; TORRES, D. A.; CAMPOS, S. K. Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos e o papel do Brasil no contexto global. In: BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M.; NAVARRO, Z. **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília: Embrapa, 2014.

HAAS, E. **The uniting of Europe: political, social and economic forces, 1950-1957**. 3. ed. Notre Dame: University of Notre Dame Press, 2004.

HAYAMI, Y. Sources of agricultural productivity gap among selected countries. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 51, n. 3, p. 564-575, 1969.

\_\_\_\_\_.; RUTTAN, V. **Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais**. Brasília: EMBRAPA, 1988.

HIRSCHMAN, A. **The strategy of economic development**. New Haven: Yale University Press, 1958.

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

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Sidra - Sistema de Recuperação Automática. 2006a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006>. Acesso em: 01 jul. 2019

\_\_\_\_\_. **Produção Agrícola Municipal**. SIDRA - Sistema de Recuperação Automática. 2006b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 01 jul. 2019.

\_\_\_\_\_. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. SIDRA - Sistema de Recuperação Automática. 2016. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic>. Acesso em: 01 jul. 2019.

\_\_\_\_\_. **Censo Agropecuário 2017**. Sidra - Sistema de Recuperação Automática. 2017a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: 01 jul. 2019.

\_\_\_\_\_. **Produção Agrícola Municipal**. SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. 2017b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 01 jul. 2019.

KEEBLE, D. E. Modelos de desenvolvimento econômico. In: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. **Modelos sócio-econômicos em geografia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1975.

KELEJIAN, H. H.; PRUCHA, I. R. (1998). A generalized spatial two-stage least squares procedure for estimating a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances. **The Journal of Real Estate Finance and Economics**, v. 17, n. 1, p. 99-121, 1998.

LAPOLA, D.; MARTINELLI, L.; PERES, C.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. E.; NOBRE, C. A.; AGUIAR, A. P. D.; BUSTAMANTE, M. M. C.; CARDOSO, M. F.; COSTA, M. H.; JOLY, C. A.; LEITE, C. C.; MOUTINHO, P.; SAMPAIO, G.; STRASSBURG, B. B. N.; VIEIRA, I. C. G. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 27-35, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate2056>.

LESAGE, J. P. **The theory and practice of spatial econometrics**. Toledo, Espanha: Department of Economics - University of Toledo, 1999. Disponível em: <https://www.spatial-econometrics.com/html/sbook.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2019.

\_\_\_\_\_.; FISCHER, M. M. Spatial growth regressions: model specification, estimation and interpretation. **Spatial Economic Analysis**, v. 3, n. 3, p. 275-304, 2008. DOI:10.1080/17421770802353758

LEWIS, W. Economic development with unlimited supplies of labour. **The Manchester School**, v. 22, n. 2, p. 139-191, 1954.

LIMA, J. L.; COSTA, I. D.; LUNA, F. V. **Estatísticas básicas do setor agrícola no Brasil**. Vol. I. São Paulo: Instituto de Pesquisa Econômica, 1983.

LOPES, M. A. Matopiba, a nova ousadia da agricultura. **Jornal Correio Braziliense**. 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1028673/1/Matopibaanovaousadia.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2019.

LÖSCH, A. **The economics of location**. New Haven: Yale University, 1939.

\_\_\_\_\_. **Teoría económica espacial**. Buenos Aires: Ateneo, 1957.

MALTHUS, T. R. **Economia**. São Paulo: Ática, 1982.

\_\_\_\_\_. **Princípios de economia política e considerações sobre sua aplicação prática**: ensaio sobre a população. Série Os Economistas. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

MARSHALL, A. **Principles of economics**. 8. ed. New York: Palgrave Macmillan, 2013.

MARTHA JUNIOR, G.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, v. 110, p. 173-177, 2012.

MATOS, O. C. **Econometria básica**: teoria e aplicações. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MILL, J. **Princípios de economia política**. Vol. 1. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

MIRANDA, E. E. Uso, ocupação ou atribuição das terras? **Agro DBO**, v. 13, p. 48-49, 2016.

\_\_\_\_\_. Meio ambiente: a salvação pela lavoura. **Ciência e Cultura**, v. 69, n. 4, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602017000400013>.

\_\_\_\_\_. Agricultura lidera a preservação ambiental. **Plant Project**, v. 10, p. 42-43, 2018.

MIRANDA, H. Expansão da agricultura e sua vinculação com o processo de urbanização na região Nordeste/Brasil (1990-2010). **Revista EURE (Santiago)**, v. 38, n. 114, p. 173-201, 2012.

MORAN, P. The interpretation of statistical maps. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 10, n. 2, p. 243-251, 1948. DOI: <https://www.jstor.org/stable/2983777>.

NORTH, D. Location theory and regional economic growth. **Journal of Political Economy**, v. 63, n. 3, p. 243-258, 1955.

ORD, K. Estimation methods for models of spatial interaction. **Journal of the American Statistical Association**, v. 70, n. 349, p. 120-126, 1975. DOI:10.2307/2285387.

PAELINCK, J. A teoria do desenvolvimento regional polarizado. In: SCHWARTZMAN, J. **Economia regional**. Belo Horizonte: CEDEPLAR, 1977.

PAIVA, R. Modernização e dualismo tecnológico na agricultura. **Pesquisa e Planejamento**, v. 1, n. 2, p. 171-234, 1971.

\_\_\_\_\_. Modernização e dualismo tecnológico na agricultura: uma reformulação. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 5, n. 1, p. 117-161, 1975.

PERROUX, F. Note sur la notion des poles de croissance. **Economie Appliquee**, v. 8, p. 307-320, 1955.

PIACENTI, C. A.; FERRERA DE LIMA, J.; EBERHARDT, P. H. **Economia e desenvolvimento regional**. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2016.

PIFFER, M. A dinâmica da base econômica regional. In: PIACENTI, C. A.; FERRERA DE LIMA, J.; EBERHARDT, P. H. **Economia e desenvolvimento regional**. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2016.

PORTER, M. E. **A vantagem competitiva das nações**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

POSSAS, S. Valor, capital e riqueza nos primórdios da economia política. In: CARNEIRO, R. **Os clássicos da economia**. São Paulo: Atlas, 1997.

PRADO JÚNIOR, C. **A questão agrária**. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 1979.

RAIHER, A. P.; OLIVEIRA, R. A.; CARMOS, A. S. S.; STAGE, A. L. Convergência da Produtividade Agropecuária do Sul do Brasil: uma análise espacial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 3, p. 517-536, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790540307>.

REDIN, E. Políticas educacionais e juventude rural no ensino superior. **Educar em Revista**, n. 63, p. 237-252, 2017.

RIANI, F. **Economia: princípios básicos e introdução à microeconomia**. São Paulo: Pioneira, 1998.

RICARDO, D. **Princípios de economia política e tributação**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SANTIAGO, T.; REZENDE, J.; BORGES, L. The legal reserve: historical basis for the understanding and analysis of this instrument. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, 2017.

SANTOS, M. **Economia espacial: críticas e alternativas**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

\_\_\_\_\_.; SILVEIRA, M. L. **O Brasil: território e sociedade no início do século XXI**. São Paulo: Record, 2001.

SASMAL, J. Technological change and productivity growth in agriculture. In: SASMAL, J. **Resources, Technology and Sustainability: an analytical perspective on Indian agriculture**. India studies in business and economics. Singapore: Springer, 2016. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-0895-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-10-0895-5_2).

SCHILLER, B. **The micro economy today**. 4. ed. New York: Random House, 1943.

SCHUH, E.; ALVES, E. **O desenvolvimento da agricultura no Brasil**. Rio de Janeiro: APEC, 1971.

SCHULTZ, T. **Economic organization of agriculture**. New York: McGraw-Hill Book Company Inc., 1953.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, socialismo e demografia**. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961.

\_\_\_\_\_. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e ciclo econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

\_\_\_\_\_. A instabilidade do capitalismo. In: IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Clássicos de literatura econômica: textos selecionados de macroeconomia**. 3. ed. Brasília: IPEA, 2010.

SHIKIDA, P. F. A. Evolução e fases da agroindústria canavieira no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 23, n. 4, 2014.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SMITH, A. **A riqueza das nações: investigação sobre sua natureza e suas causas**. Vol. I. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

\_\_\_\_\_. **An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations**. New York: Metalibri, 2007.

SOUZA, N. **Desenvolvimento econômico**. 5. ed. São Pulo: Atlas, 2005.

STRASSBURG, U.; OLIVEIRA, N. M.; PIACENTI, C. A.; PIFFER, M. Notas sobre a função de produção agropecuária agregada do Paraná. **Revista de Política Agrícola**, v. 23, n. 3, 2014.

TOBLER, W. R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. **Economic Geography**, v. 46, p. 234-240, 1970. DOI: 10.2307/143141.

TOLLEFSON, J. Food: the global farm. **Nature**, v. 466, p. 554-556, 2010. DOI: 10.1038/466554a.

USDA - United States Department of Agriculture. Value added years by State. **Economic Research Service**. 2019. Disponível em: [https://data.ers.usda.gov/reports.aspx?ID=17830#P1ba0c6ce8d9b476c932cbb79f202799e\\_2\\_109iT0R0x0](https://data.ers.usda.gov/reports.aspx?ID=17830#P1ba0c6ce8d9b476c932cbb79f202799e_2_109iT0R0x0). Acesso em: 06 out. 2019.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Inovação tecnológica e aprendizado agrícola: uma abordagem schumpeteriana**. 2009. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) - Universidade Federal de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2009.

\_\_\_\_\_. Distribuição produtiva e tecnológica dos estabelecimentos agropecuários de menor porte e gestão familiar no Brasil. In CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **A pequena produção rural e as tendências do desenvolvimento agrário brasileiro: ganhar tempo é possível?** Brasília: CGEE, 2013.

\_\_\_\_\_. Efeito poupa-terra e ganhos de produção no setor agropecuário brasileiro. **Texto para discussão**. Brasília: IPEA, 2018.

\_\_\_\_\_.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade**. Brasília: IPEA, 2017.

\_\_\_\_\_.; SILVEIRA, J. M. Modelo evolucionário de aprendizado agrícola. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 10, n. 2, p. 265-300, 2011.

WEBER, A. **Theory of the location of industries**. Chicago: University of Chicago, 1929.

WEI, D.; RAFAEL, A. P.; MACHAVA, A. Z.; CIPRIANO, A. C. M.; ALMEIDA, D. F. **Food exports from Brazil to China**. SpringerBriefs in Law, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-19645-5>.

WHITTLE, P. On stationary processes in the plane. **Biometrika**, v. 41, n. 3/4, 434-449, 1954. DOI: <https://www.jstor.org/stable/2332724>.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

WORLD BANK. World Bank Open Data. **Indicators**. 2019. Disponível em: <https://data.worldbank.org/>. Acesso em: 02 out. 2019.

ZAMBERLAN, J.; FRONCHETI, A. **Preservação do pequeno agricultor e o meio ambiente**. Petrópolis: Vozes, 2001.

## APÊNDICE A

### **Análise espacial, econometria e econometria espacial**

“Podem os objetos geográficos desempenhar um papel instrumental, levando a efeito transformações na sociedade?” (SANTOS, 2003, p. 187). A fim de responder esse questionamento, Milton Santos utilizou-se do pensamento de Schumpeter acerca do surgimento e do funcionamento da máquina a vapor, que nada mais é do que um instrumento de evolução social, criado em um momento histórico de transformação socioeconômica, no qual criavam-se novos grupos e opiniões, novas funções e nova localização social, e sua interação supera o próprio quadro de referência.

A partir desse pressuposto, a economia espacial busca analisar os impactos geográficos, bem como a relação de contiguidade acerca de uma determinada variável. Tobler invocou a primeira lei da geografia ao afirmar que “*everything is related to everything else, but near things are more related than distant things*” (TOBLER, 1970, p. 236). Ou seja, a noção de proximidade dessa lei relaciona-se com a distância relativa entre as unidades espaciais e seus efeitos, não apenas geográficos, mas a distância relativa de renda, espaço de política, conforme a força de interação entre os polígonos.

Nos últimos vinte anos, houve um crescimento muito intenso de fontes de dados espaciais georreferenciados, podendo ser a partir de escaneamentos de mapas em papel e sensoriamento remoto via satélite em torno da Terra, para produzir mapas digitais, fotos aéreas digitalizadas e o *Global Positioning System* (GPS). A maioria das fontes de dados é proveniente de agências estatísticas públicas, bem como o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia Estatística). Na prática, uma planilha eletrônica combina os dados e a variação dos atributos de ‘quanto’ e ‘onde’ de determinada variável, formando o SIG (Sistema de Informação Georreferenciada). Os mapas digitais estão disponíveis em formatos *shapefile* e *mapinfo* (ALMEIDA, 2012).

Dados não espaciais (a-espacial) denotam a variação de algum fenômeno sem se preocupar com a localização de tal variação. Já os dados espaciais são compostos por dois componentes: a magnitude da variação dos atributos do fenômeno e a referência em termos de localização geográfica desses atributos,

de natureza espacial, transparecendo como esses dados estão arrançados no espaço. Ou seja, dados espaciais denotam quanto e onde ocorre a variação de um determinado fenômeno. Dentre as principais características dos dados espaciais, podem-se citar: necessidade de georreferenciamento (posição relativa ou absoluta dos dados no mapa); multidirecionalidade (os dados observados interagem em todas as direções, levando à endogeneidade da interação espacial); e multidimensionalidade (a dimensão da dependência espacial pode ser distinta conforme a direção em que ocorre) (ALMEIDA, 2012).

A econometria é um ramo da economia que trata da mensuração das relações econômicas. O termo é de origem grega das palavras 'economia' e 'medida'. É uma combinação de teoria com raciocínio matemático e estatístico, cujo objetivo é permitir uma análise empírica da teoria econômica. Para Wooldridge (2016), é baseada no desenvolvimento de métodos estatísticos para estimar as relações econômicas, testar teorias, avaliar e implementar políticas de negócios e governos. De modo específico, os objetivos da econometria são: i) mensuração de variáveis e agregados econômicos; ii) estimação de parâmetros de relações estabelecidas *a priori*; iii) formulação e teste de hipóteses de determinados fenômenos; iv) previsão de valores de variáveis econômicas (MATOS, 2000).

A análise econométrica começa com a premissa do modelo de regressão, em que se busca explicar  $y$  (variável dependente, explicada, de resposta, prevista ou regressando) em termos de  $x$  (variável independente, explicativa, de controle, previsora ou regressora). O modelo de regressão pode ser simples (composto por apenas uma variável explicativa) ou múltipla (composto por duas ou mais variáveis explicativas). A Equação 8 representa uma regressão múltipla, com três variáveis independentes.

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \varepsilon \quad (8)$$

Em que  $\alpha$  é o termo constante da regressão, também chamado de intercepto, o qual, segundo Wooldridge (2016), raramente é um elemento central para uma análise;  $\beta_1$  é o coeficiente de  $x_1$ ,  $\beta_2$  é o coeficiente de  $x_2$ , e assim por diante,  $\beta$  é o parâmetro de inclinação entre  $y$  e  $x$ , de interesse fundamental para

a economia aplicada;  $\varepsilon$  é o termo de erro, ou seja, representa os outros fatores, além de  $x$ , que afetam  $y$ .

A econometria espacial consiste em tratar o comportamento de uma determinada variável, em uma certa localização geográfica, de forma quantitativa considerando fatores endógenos e exógenos. Para Anselin (2003, p. 310), “*spatial econometrics is a subfield of econometrics that deals with spatial interaction (spatial autocorrelation) and spatial structure (spatial heterogeneity) in regression models for cross-sectional and panel data*”.

A econometria espacial diferencia-se da convencional em alguns aspectos, a saber: i) na econometria espacial, não apenas os modelos que são diferentes, mas também os dados, pois, para serem incorporados nos modelos, precisam ser espaciais; ii) na presença de espacialidade, as hipóteses de Gauss-Markov<sup>18</sup> são violadas, o que invalida tal teorema. Ou seja, o Modelo Clássico de Regressão Linear (MCRL) convencional tem a limitação de não controlar os efeitos espaciais. Os efeitos espaciais dizem respeito à dependência espacial, heterogeneidade espacial, imbricação dos efeitos espaciais (ALMEIDA, 2012).

Dependência espacial significa que o valor de uma variável de interesse de uma certa região  $i$ , digamos  $y_i$ , depende do valor dessa variável nas regiões próximas  $j$ ,  $y_j$ , além de um conjunto de variáveis exógenas. Com dados do tipo *cross-section*<sup>19</sup>, esse conceito pode ser representado de acordo com a Equação 9, em que  $i, j = 1, \dots, n$  e  $i \neq j$ ,

$$y_i = f(y_j, X) \quad (9)$$

Goodchild invocou a segunda lei da geografia ao afirmar o princípio da heterogeneidade espacial. Nas palavras do autor, “*spatial heterogeneity, or nonstationarity in the statistical meaning of that term, implies that geographic*

<sup>18</sup> A hipótese de Gauss-Markov garante que o estimador de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) é o melhor estimador não viesado (BLUE – *best linear unbiased estimator*). O efeito espacial invalida tal hipótese visto que o MQO é um método de regressão não espacial.

<sup>19</sup> A estrutura dos dados econômicos pode ser: *cross-section* (também conhecido como corte transversal, são dados tomados em determinado ponto no tempo), cortes transversais agrupados (combinação de períodos distintos de uma série *cross-section*), séries temporais (consiste em observações de uma variável ao longo do tempo), dados em painel (também conhecido como dados longitudinais, consiste em uma série temporal para cada registro do corte transversal do conjunto de dados) (WOOLDRIDGE, 2016).

*variables exhibit uncontrolled variance. There is no concept of an average place on the Earth's surface comparable*" (GOODCHILD, 2004, p. 302). Almeida (2012) corrobora que fenômenos que acontecem ao longo das regiões costumam não apresentar estabilidade estrutural nas suas relações comportamentais, seja em relação ao padrão do erro aleatório ou dos coeficientes. Além disso, a variância não constante vai contra a hipótese de homocedasticidade. Portanto, com uma série de dados transversais, a heterogeneidade espacial pode ser expressa conforme a Equação 10.

$$y_i = f_i(X_i, \beta_i, \xi_i) \quad (10)$$

Em que  $\xi_i \sim (0, \Omega)$ ,  $f_i$  é a forma matemática funcional,  $\xi_i$  é o termo de erro,  $\Omega$  representa a matriz de variância e covariância, cuja diagonal não é composta por constantes. Ou seja, a heterogeneidade acontece quando há instabilidade estrutural entre as regiões, ocasionando diferentes resultados, conforme a localidade ou escala espacial. As fontes de heterogeneidade espacial são as características da estrutura espacial, erro de medida dos dados e má especificação do modelo econométrico (ALMEIDA, 2012).

A imbricação da heterogeneidade espacial com a dependência espacial é um dos maiores obstáculos na especificação dos modelos econométricos. Nas palavras de Anselin (1988):

*[...] the complex interaction which results from spatial structure and spatial flows may generate dependence in combination with heterogeneity. In such a situation, the problem of distinguishing between spatial dependence and spatial heterogeneity is highly complex. In those instances, the tools provided by standard econometrics are inadequate and a specific spatial econometric approach is necessary. (ANSELIN, 1988, p. 10)*

A dependência espacial pode ser influenciada pelo erro de medida dos dados; pela heterogeneidade espacial causada por uma instabilidade estrutural<sup>20</sup>, que não foi modelada de forma apropriada (FOTHERINGHAM;

---

<sup>20</sup> A heterogeneidade estrutural, para Di Filippo e Jadue (1976, p. 167), consiste em "una cristalización de formas productivas, relaciones sociales y mecanismos de dominación correspondientes a diferentes fases y modalidades del desarrollo periférico pero coexistentes em el tempo e interdependientes em su dinámica dentro de sociedades nacionales politicamente unificadas".

BRUNSDON; CHARLTON, 2002); e pela má especificação da heterogeneidade dos parâmetros, no termo de erro ou na forma funcional<sup>21</sup> (DARMOFAL, 2006). LeSage (1999, p. 17) ainda corrobora que:

*[...] a homogeneous model fit to a spatial data sample that exhibits heterogeneity will produce residuals that exhibit spatial dependence. The residuals or errors made by a homogeneous model fit to a heterogeneous relationship should reflect unexplained variation attributable to heterogeneity in the underlying relationship over space.*

Em suma, a dependência espacial tem três fontes: os erros de medida de dados espaciais, a interação espacial<sup>22</sup> e a má especificação do modelo. Os erros de medida de dados espaciais e a má especificação do modelo também são fontes de heterogeneidade espacial, além das características da estrutura espacial. Além disso, a dependência e a heterogeneidade espaciais estão imbricadas, o que leva à dificuldade de especificação de modelos econométricos-espaciais adequados. Portanto, Almeida (2012) afirma que o que norteia a especificação de um modelo econométrico-espacial é a teoria subjacente ao fenômeno estudado e a literatura relacionada ao assunto.

Almeida (2012) ainda corrobora que, sob efeitos espaciais, algumas das hipóteses do modelo de Gauss-Markov e dos modelos clássicos de regressão linear são violadas, a saber:

- i) Linearidade dos parâmetros: sob efeitos espaciais, a hipótese da linearidade dos parâmetros continua válida. Porém, na presença de heterogeneidade espacial, a especificação do modelo linear, às vezes, sofre alterações para permitir que os coeficientes sejam variáveis de acordo com a localização do fenômeno;
- ii) Não colinearidade perfeita<sup>23</sup>: essa hipótese continua válida sob efeitos espaciais, ou seja, o problema da multicolinearidade imperfeita também pode ser grave quando se modelam dados espaciais. Quando trabalhado com muitas regiões, esse efeito pode ser atenuado diante

---

<sup>21</sup> Erros espacialmente dependes podem ser gerados pela heterogeneidade funcional quando se força para um conjunto de dados a função linear para  $x$  e  $y$ , quando, na verdade, a forma funcional é outra como *log-lin* ou função quadrática (ALMEIDA, 2012).

<sup>22</sup> A interação espacial é proveniente de quatro processos: difusão; troca de mercadorias e transferência de renda; comportamento estratégico; e espraiamento (ALMEIDA, 2012).

<sup>23</sup> Colinearidade perfeita é quando, em uma regressão múltipla, uma variável independente é uma função linear exata de uma ou mais variáveis independentes.

da grande variação existentes nos dados, compensando a existência de alta correlação entre as variáveis explicativas e suas defasagens espaciais;

- iii) Média condicional zero: no contexto espacial, a hipótese de que o erro da região  $i$  não está correlacionado com a variável explicativa da própria região  $i$  pode ser violada de diversas formas. Se o modelo omite defasagens espaciais relevantes, esse elemento estará presente no termo de erro, o que viola a hipótese de média condicional zero, pois o termo de erro de  $i$  não só depende da variável explicativa da região  $i$ , mas da região  $j$  também. Além disso, a hipótese da média condicional zero também é violada por conta da multidirecionalidade dos efeitos espaciais<sup>24</sup>. Portanto, o MQO torna-se viesado e inconsistente na presença da endogeneidade espacial;
- iv) Homocedasticidade: em um modelo de regressão com dados de corte *cross-section*, é comum notar que a variância não é constante. Com dados espaciais, talvez esse efeito seja ainda mais comum diante da imbricação entre dependência e heterogeneidade espacial;
- v) Independência dos erros: a aleatoriedade amostral busca garantir a independência entre as observações. Quando a pesquisa é realizada com dados *cross-section* de unidades espaciais, muito provavelmente essa hipótese é violada, pois a amostra não é aleatória. Assim, não há uma garantia de que as observações sejam independentes entre si, o que implica, dependendo da forma de dependência dos erros, a inconsistência e o viés do estimador MQO;
- vi) Normalidade do erro: a normalidade do erro é uma premissa do Modelo Clássico de Regressão Linear (MCRL), que consiste na hipótese de que os erros seguem uma distribuição normal com média zero e variância constante. Diante da violação das hipóteses de média condicional zero e independência dos erros, essa hipótese também será violada.

---

<sup>24</sup> Nas palavras de Whittle (1954, p. 434), “*the sampling theory of stationary processes in space is not completely analogous to that of stationary time series, due to the fact that the variate of a time series is influenced only by past values, while for a spatial process dependence extends in all directions*”.

## APÊNDICE B

### Testes LM e Critério de Informação de Akaike e de Schwarz

A estatística Multiplicador de Lagrange (LM, do inglês, *Lagrange Multiplier*) é um teste focado<sup>25</sup>, pois tem a capacidade de especificar a forma assumida pela autocorrelação espacial. Wooldridge (2016, p. 791) define o LM como “teste estatístico com justificação de amostra grande que pode ser usado para testar variáveis omitidas, heteroscedasticidade e correlação serial, entre outros problemas de especificação do modelo”. Os testes LM podem ser clássicos ou robustos, do tipo *lag* ou erro, realizados com os resíduos do modelo MQO. Golgher (2015) descreve que no teste LM erro assume-se  $\rho = 0$  e testa-se a hipótese nula de  $H_0: \lambda = 0$ . Se a hipótese nula for rejeitada, a escolha incide sobre o modelo SEM. Caso contrário, há uma indicação de que tais resíduos não apresentam correlação espacial significativa para justificar o uso do modelo SEM. Da mesma forma, o teste LM *lag* compara o modelo MQO com o de *lag* espacial, cuja hipótese nula  $H_0: \rho = 0$ , assumindo-se  $\lambda = 0$ .

O teste LM erro robusto também testa a hipótese nula de  $H_0: \lambda = 0$ , porém não assume que  $\rho = 0$ . Esse teste, nas palavras de Golgher (2015, p. 140), “examina se ainda existe correlação espacial nos erros quando a especificação já contém o *lag* espacial, porém de valor desconhecido”. E o teste LM *lag* robusto testa a hipótese nula de  $H_0: \rho = 0$ , porém não assume que  $\lambda = 0$ . Ou seja, testa-se se devemos incluir um termo de *lag* espacial e se já está presente uma correlação espacial nos erros de valor desconhecido. Assim, é possível detectar a ocorrência da dependência espacial do modelo e verificar se é do tipo *lag* ou erro. Após esses procedimentos, sabe-se que o coeficiente de determinação,  $R^2$ , não é o indicador mais apropriado para verificar a qualidade da regressão.

Para Almeida (2012), na estimação por Máxima Verossimilhança, recomenda-se utilizar o valor da função de verossimilhança (LIK – cuja interpretação é quanto maior o valor, melhor o modelo), o Critério de Informação

---

<sup>25</sup> Os testes para detectar autocorrelação espacial podem ser difusos ou focados, o primeiro averigua se há dependência espacial dos resíduos, e não é baseado em uma especificação específica. Já o segundo, trata-se de um modelo econométrico-espacial específico, no qual é fornecida uma indicação do tipo predominantes da autocorrelação espacial.

de Akaike (AIC) e de Schwarz (SC) cujas equações podem ser expressas por 11 e 12, respectivamente.

$$AIC = -2 \times LIK + 2k \quad (11)$$

$$SC = -2 LIK + k, \ln(n) \quad (12)$$

Em que  $LIK$  é o *log* de verossimilhança maximizado; e  $k$  é o número de coeficientes de regressão. Quanto menor o valor do critério, melhor é o modelo.

Na estimação por variáveis instrumentais, outros indicadores são utilizados para averiguar a qualidade do ajuste da regressão, tal como o pseudo R-quadrado, que é expresso pela Equação 13.

$$Pseudo R^2 = \frac{Var(\hat{y})}{Var(y)} \quad (13)$$

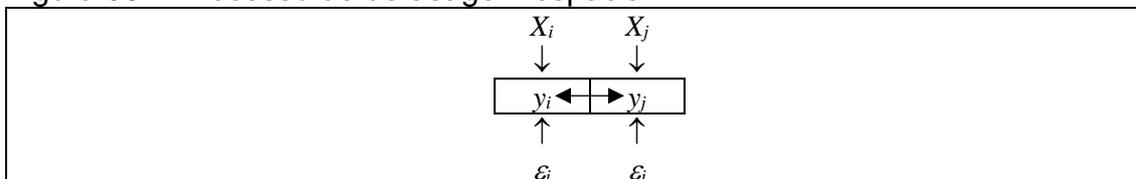
O pseudo R-quadrado é expresso como razão entre a variância dos valores ajustados ( $\hat{y}$ ) pelo modelo e a variância dos valores observados para a variável dependente ( $y$ ).

## APÊNDICE C

### Modelos espaciais: detalhes adicionais

O modelo de *lag* espacial (SAR, do inglês, *Spatial Auto Regressive*) foi pioneiramente proposto por Whittle (1954). Esse modelo implica que a variável dependente das regiões  $i$  e  $j$  apresentam interações entre si, devido ao princípio de multidirecionalidade da dependência espacial. Por exemplo, o modelo SAR captura o efeito da difusão da imitação de uma inovação tecnológica que afeta a produção, através das regiões, pois os agentes econômicos costumam tomar decisões baseados nas decisões tomadas pelo comportamento de outros agentes em períodos passados (ALMEIDA, 2012). O modelo de *lag* espacial, do ponto de vista teórico, deve ser utilizado quando se verificam interações endógenas que geram dependência espacial associada à variável dependente, bem como a presença de externalidades e *spillover* (GOLGHER, 2015). Esquemáticamente, o processo de defasagem espacial pode ser representado conforme a Figura 36, na qual é indicada a interação espacial entre os polígonos.

Figura 36 – Processo de defasagem espacial

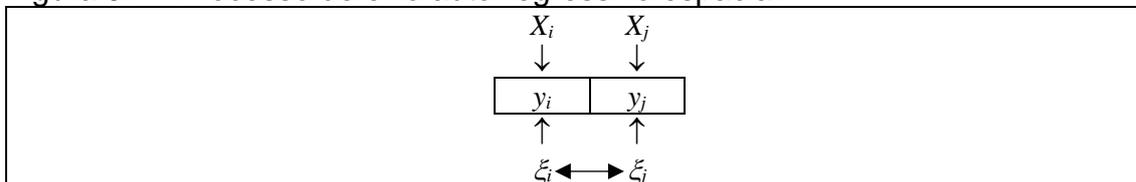


Fonte: Baller et al. (2001), Almeida (2012), adaptado.

Este processo é estimado por meio da equação  $y = \rho W y + X \beta + \varepsilon$ , em que  $\rho$  é o coeficiente autorregressivo espacial, cuja restrição é de que  $\rho$  se situe no intervalo aberto entre -1 e 1 ( $|\rho| < 1$ ). O  $\rho$  positivo indica autocorrelação espacial global positiva, ou seja, verifica-se um padrão de associação espacial no qual um alto (baixo) valor de  $y$  nas regiões vizinhas aumenta (diminui) o valor de  $y$  na região  $i$ . Já o  $\rho$  negativo indica autocorrelação espacial global negativa, em outras palavras, existe uma aleatoriedade de associação espacial. Caso  $\rho$  não seja estaticamente significativamente, considera-se a existência de associação espacial não conclusiva em relação ao tipo de interação (positivo ou negativo).

O modelo de erro espacial (SEM, do inglês, *Spatial Error Model*) foi introduzido por Ord (1975). Para explicar esse processo espacial, Almeida (2012) exemplifica a influência de uma praga na lavoura em uma função de produção agrícola, em que o alastramento da praga, considerado um efeito não modelado com padrão espacial, não influencia as variáveis explicativas da função de produção (terra, trabalho e tecnologia), mas influencia a variável dependente. Portanto, nesse caso, a dependência espacial é residual, caracterizada pela estrutura autorregressiva de primeira ordem no termo de erro. Nas palavras de Almeida (2012, p. 161), “[...] o padrão espacial manifestado no erro é dado por efeitos não modelados por conta da falta adequada de medida, que, por sua vez, não são distribuídos aleatoriamente no espaço, mas, ao contrário, estão espacialmente autocorrelacionados”. Esses efeitos não modelados não podem estar correlacionados com nenhuma variável explicativa. Graficamente, o processo de erro autorregressivo espacial pode ser melhor expressado com apoio da Figura 37, na qual o erro da região  $i$  está correlacionado com o erro da região  $j$ .

Figura 37 – Processo de erro autorregressivo espacial



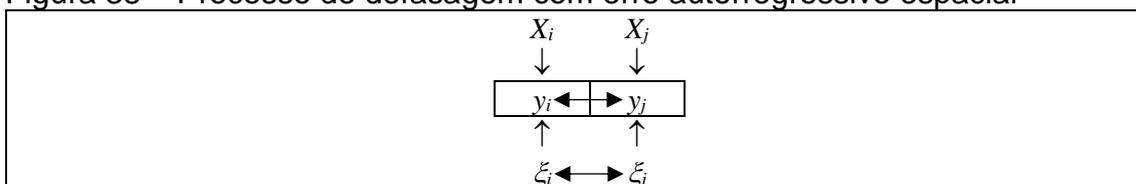
Fonte: Baller et al. (2001), Almeida (2012), adaptado.

No modelo SEM, a dependência espacial é expressada no termo de erro. Nas palavras de Baller et al. (2001, p. 567), “*a satisfactory spatial error model implies that it is unnecessary to posit distinctive effects of the lagged dependent variable*”. Esse processo é estimado por meio da equação  $y = X\beta + \xi$ , em que  $\xi = \lambda W\xi + \varepsilon$ ,  $\lambda$  é o parâmetro do erro autorregressivo espacial, no qual  $|\lambda| < 1$ , que acompanha a defasagem  $W\xi$ . Portanto, no modelo SEM, os erros associados a uma observação são uma média dos erros nas regiões vizinhas mais um componente de erro aleatório.

O modelo de Kelejian-Prucha (SAC, também denominado com SARAR, do inglês, *Spatial Auto Regressive with additional Auto Regressive error structure*) consiste na defasagem espacial com erro autorregressivo, ou seja,

quando as situações que descrevem os modelos SAC e SEM acontecem concomitantemente. Ou seja, do ponto de vista teórico, existe a possibilidade de *spillover* entre as observações (dependência espacial), ao mesmo tempo que se espera correlação espacial nos erros por causa das variáveis omitidas ou não especificadas (GOLGHER, 2015). Esse modelo foi inicialmente proposto por Kelejian e Prucha (1998). Almeida (2012) exemplifica o uso de tal modelo quando considera o processo de difusão de nova técnica agrícola com um efeito espacial não modelado, ao mesmo tempo em que uma praga na lavoura (não correlacionada com nenhuma variável explicativa) exhibe um padrão espacial por todas as regiões estudadas, porém com intensidade de contágio decrescente, indicada por  $|\lambda| < 1$ . Esse processo pode ser esquematizado conforme a Figura 38, na qual percebe-se uma interação na variável de interesse  $y$  e no erro  $\xi$  entre as regiões vizinhas  $i$  e  $j$ .

Figura 38 – Processo de defasagem com erro autorregressivo espacial



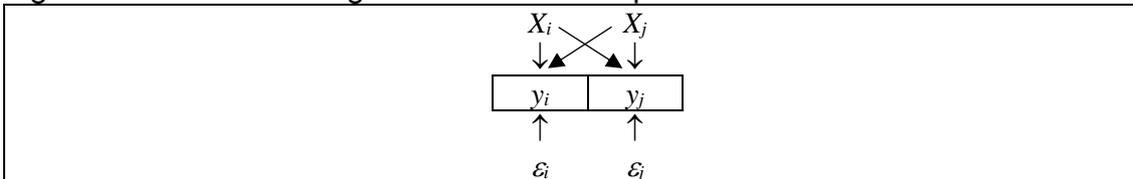
Fonte: Baller et al. (2001), Almeida (2012), adaptado.

O modelo SAC pode ser expresso por  $y = \rho W y + X \beta + \xi$ , em que  $\xi = \lambda W \xi + \varepsilon$ . Sobre os parâmetros espaciais, as restrições exigem que  $|\rho| < 1$  e  $|\lambda| < 1$ . Portanto, esse modelo é biparamétrico, pois reflete a espacialidade tanto da defasagem de  $y$  quanto no erro autorregressivo.

O modelo regressivo cruzado espacial (SLX) considera que todas as variáveis contidas na matriz  $X$  podem transbordar espacialmente, ou seja, trará externalidades em fatores exógenos em áreas vizinhas que afetam a variável dependente da região  $i$  (GOLGHER, 2015). Almeida (2012) exemplifica o uso desse modelo na função de produção, na qual algumas ou todas as variáveis explicativas especificadas apresentam efeitos de transbordamento localizado para as regiões contíguas. O autor ainda cita outro exemplo acerca dos preços hedônicos das residências, em que os preços dos imóveis não dependem unicamente das características do imóvel (quantidade de quartos, banheiro, área construída, etc.), mas também das características do bairro (nível

socioeconômico das famílias do bairro, taxa de criminalidade, qualidade do ar, características dos bairros vizinhos). A Figura 39 apresenta o modelo SLX esquematicamente, no qual as variáveis explicativas da região  $i$  influenciam a variável dependente  $y$  na região vizinha  $j$ , e vice-versa.

Figura 39 – Processo regressivo cruzado espacial

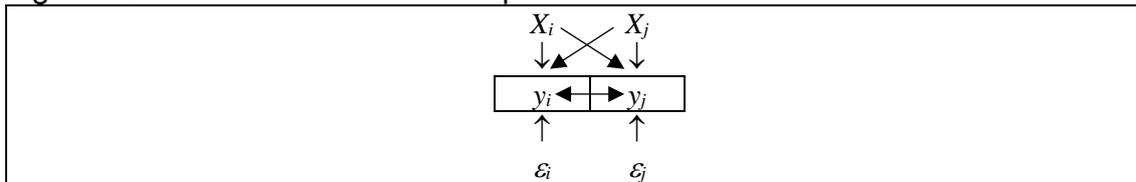


Fonte: Baller et al. (2001), Almeida (2012), adaptado,

Para captar tal processo espacial, utiliza-se  $y = X\beta + WX\theta + \varepsilon$ . Ou seja, inclui-se no modelo o componente de transbordamento espacial  $WX$  no lado direito da regressão. Vale lembrar que  $\theta$  é um vetor o qual pode ser nulo em algumas variáveis  $X$  defasadas espacialmente, o que implica a não inclusão no modelo. Para Almeida (2012, p. 170), “a forma estrutural do modelo coincide com a forma reduzida e, na ausência de multiplicador espacial, os impactos de transbordamentos das regiões vizinhas são localizados, não afetando todo o sistema”. Por isso, esse efeito é considerado de transbordamento local.

O modelo de Durbin espacial (SDM, do inglês, *Spatial Durbin Model*) incorpora a ideia de transbordamento por meio das variáveis independentes ( $WX$ ) e incorpora a suposição da existência de algum fenômeno que justifica a inclusão de da variável endógena defasada espacialmente, como, por exemplo, um processo de difusão técnica que influencia a produção, ( $Wy$ ). Assim, o modelo SDM tem tanto alcance global (diante da decorrência da variável dependente defasada) quanto local (uma vez que existam defasagens espaciais das variáveis explicativas de forma localizada) (ALMEIDA, 2012). A Figura 40 ilustra a relação de interação entre as variáveis e os polígonos no processo de Durbin espacial.

Figura 40 – Processo de Durbin espacial



Fonte: Baller et al. (2001), Almeida (2012), adaptado.

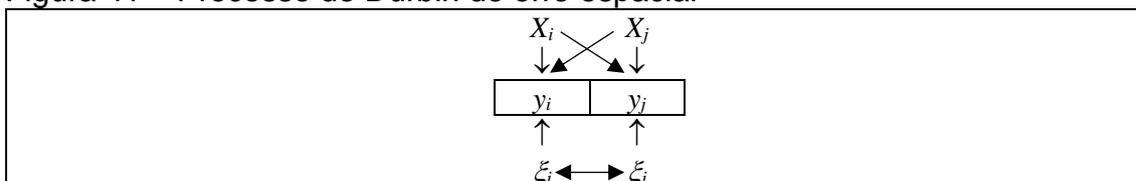
O modelo SDM pode ser estimado por meio de  $y = \rho Wy + X\beta + WX\theta + \varepsilon$ , em que a motivação para aplicação desse modelo pode ser devido à omissão de uma variável relevante correlacionada (autocorrelacionada espacialmente) com alguma variável explicativa incluída na regressão.

O modelo de Durbin espacial do erro (SDEM, do inglês, *Spatial Durbin Error Model*) consiste no modelo que incorpora componentes de transbordamentos espacialmente localizados que se manifestam nas variáveis exógenas ( $X$ ) e componentes de transbordamento global que afetam o termo de erro ( $\xi$ ).

[...] a nearly universal finding from the growth regression literature is that spatial dependence exists in the residuals from least-squares models. [...] A spatially dependent omitted variable exists that is correlated with an included variable. [...] Omitted variables are also likely to characterize empirical implementations of regional growth regressions, since sample data for measuring numerous factors that may play an important role in economic growth are often limited. It is also the case that these omitted (regional) variables would likely exhibit spatial dependence as well as correlation with at least one of the included variables. In brief, we argue that the conjunction of these two circumstances is highly plausible for the case of regional growth regression analysis. (LESAGE; FISCHER, 2008, p. 279)

Além disso, Almeida (2012) sugere o uso de SDEM quando uma função de produção cuja variáveis explicativas exógenas apresentam transbordamentos que influenciam o nível de produção das regiões vizinhas, concomitantemente na presença de fatores não modelados de alcance global. A Figura 41 apresenta esquematicamente as relações espaciais de um modelo SDEM.

Figura 41 – Processo de Durbin de erro espacial

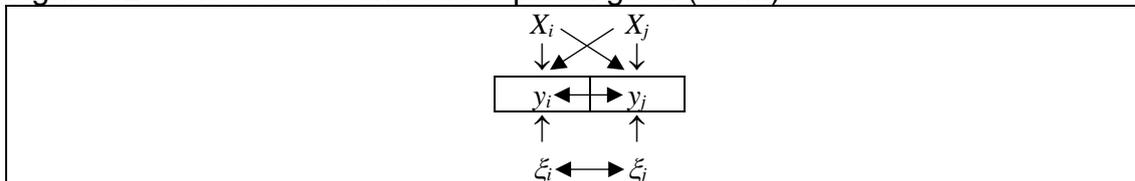


Fonte: Baller et al. (2001), Almeida (2012), adaptado.

Em sua forma estrutural, esse modelo pode ser expresso por  $y = X\beta + WX\theta + \xi$ , em que  $\xi = \lambda W\xi + \varepsilon$ . A restrição sobre o parâmetro espacial é a de que  $|\lambda| < 1$ . Assim, as variáveis explicativas, que transbordam localmente, afetam os vizinhos diretos (de primeira ordem), enquanto o termo de erro aleatório transborda de forma global, afetando todas as regiões do sistema.

O modelo de dependência espacial geral (GSM, do inglês, *General Spatial Model*) ou modelo de Manski é um processo espacial altamente complexo, pois inclui todas as considerações feitas até então acerca dos modelos espaciais, inclusive as restrições sobre parâmetros, cujo alcance é simultaneamente global e local. Esse efeito pode ser representado conforme a Figura 42.

Figura 42 – Processo de modelo espacial geral (GSM)



Fonte: Baller et al. (2001), Almeida (2012), adaptado.

Vale lembrar que esse modelo geral incorpora parcialmente a heterogeneidade espacial, permitindo que o termo erro não seja mais tão bem comportado<sup>26</sup>.

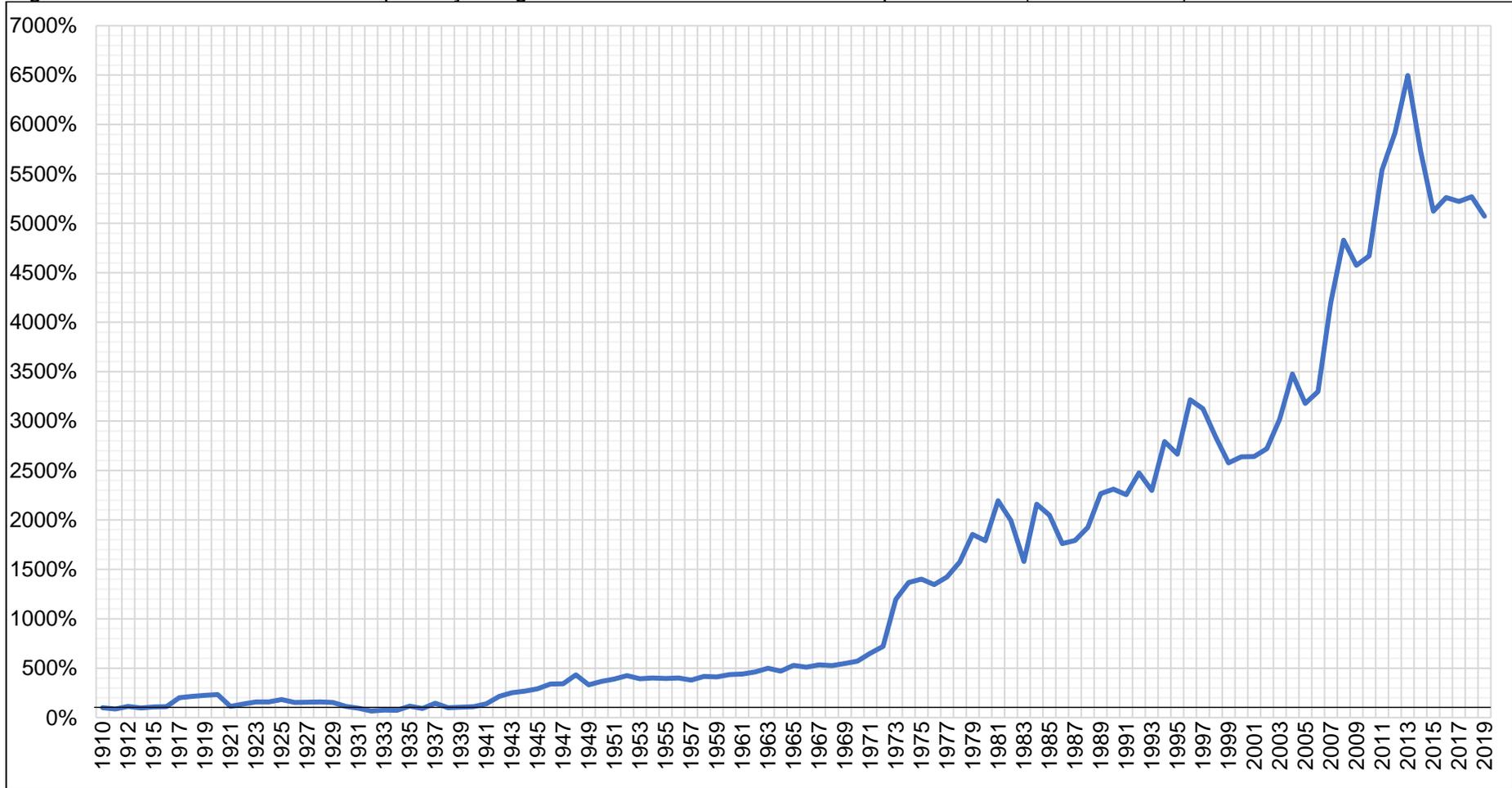
Golgher (2015) destaca três motivações quanto ao uso dos modelos espaciais, a saber: i) a situação pode ser intuitivamente ou teoricamente óbvia quanto à existência de interações endógenas e/ou exógenas; ii) um modelo teórico matemático pode derivar diretamente um modelo espacial; iii) pode haver a possibilidade de erros de medidas correlacionados espacialmente ou variáveis omitidas. Conforme Anselin (1988), a seleção do modelo espacial utilizado nas análises empíricas parte de aspectos teóricos que justifiquem o uso de um modelo específico. As estratégias empíricas podem auxiliar nesse processo. Contudo, frequentemente, as ciências sociais não fornecem pistas suficientes para a determinação do modelo mais apropriado, levando o pesquisador a uma situação de incerteza de especificação (BLOMMESTEIN, 1983). Correções espaciais são importantes para estimação de coeficientes não viesados e

<sup>26</sup> A hipótese do termo erro bem comportado supõe que o mesmo possua média nula e variância constante.

eficientes, diante de situações de autocorrelação espacial em decorrência de erro de medida nas variáveis ou má especificação de modelos. Para tanto, existem alguns testes que auxiliam no processo de identificação do modelo econométrico-espacial apropriado.

**APÊNDICE D**

Figura 43 – Valor adicionado da produção agrícola dos Estados Unidos em percentual\* (1910–2019\*\*)

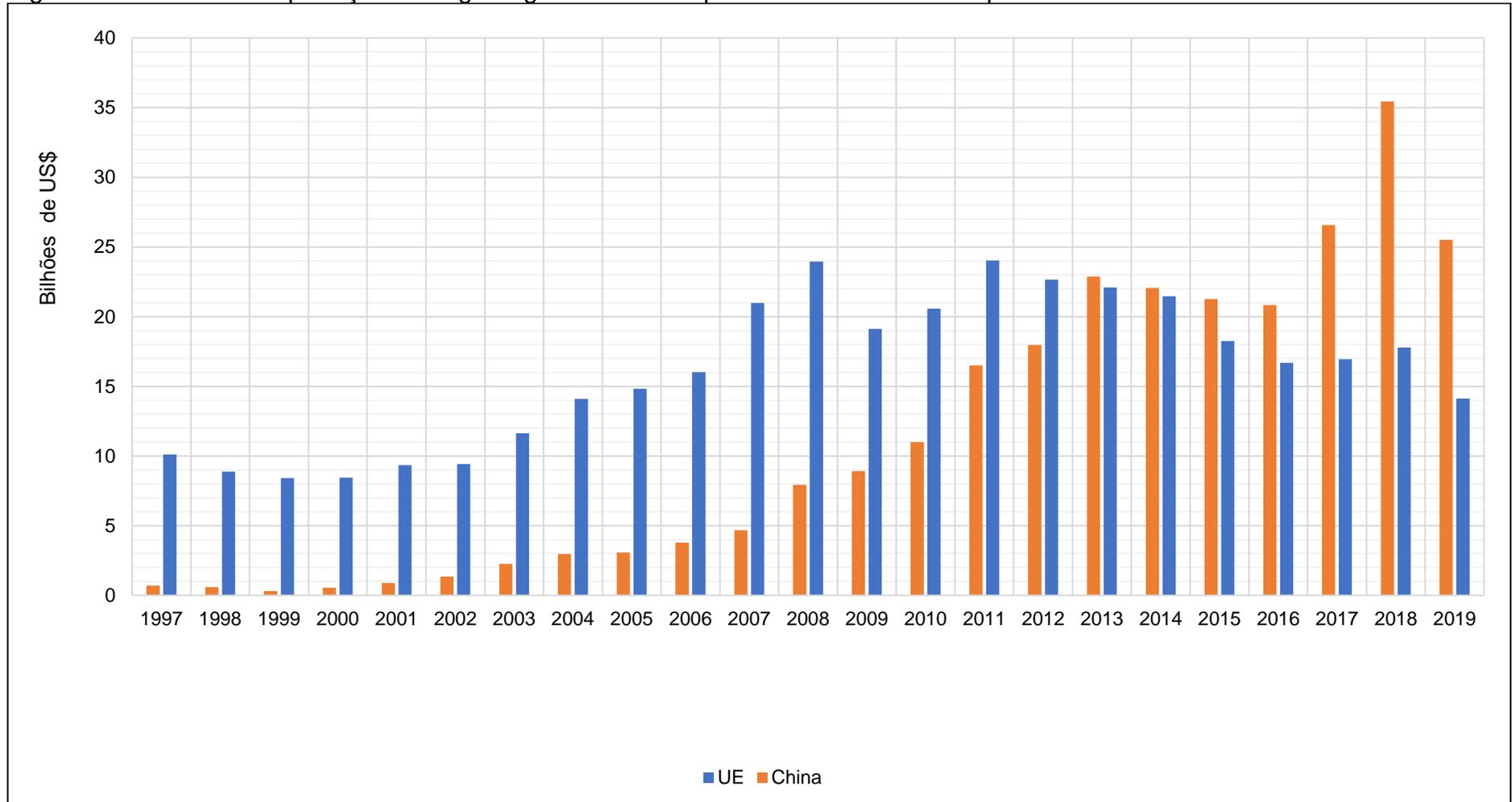


Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados de USDA (2019).

Notas: \*ano de referência: 1910; \*\*valores estimados para o ano de 2019.

## APÊNDICE E

Figura 44 – Valor das exportações do agronegócio brasileiro para China e União Europeia – 1997–2019\*



Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados da Agrostat (2019).

Nota: \*dados até outubro de 2019.

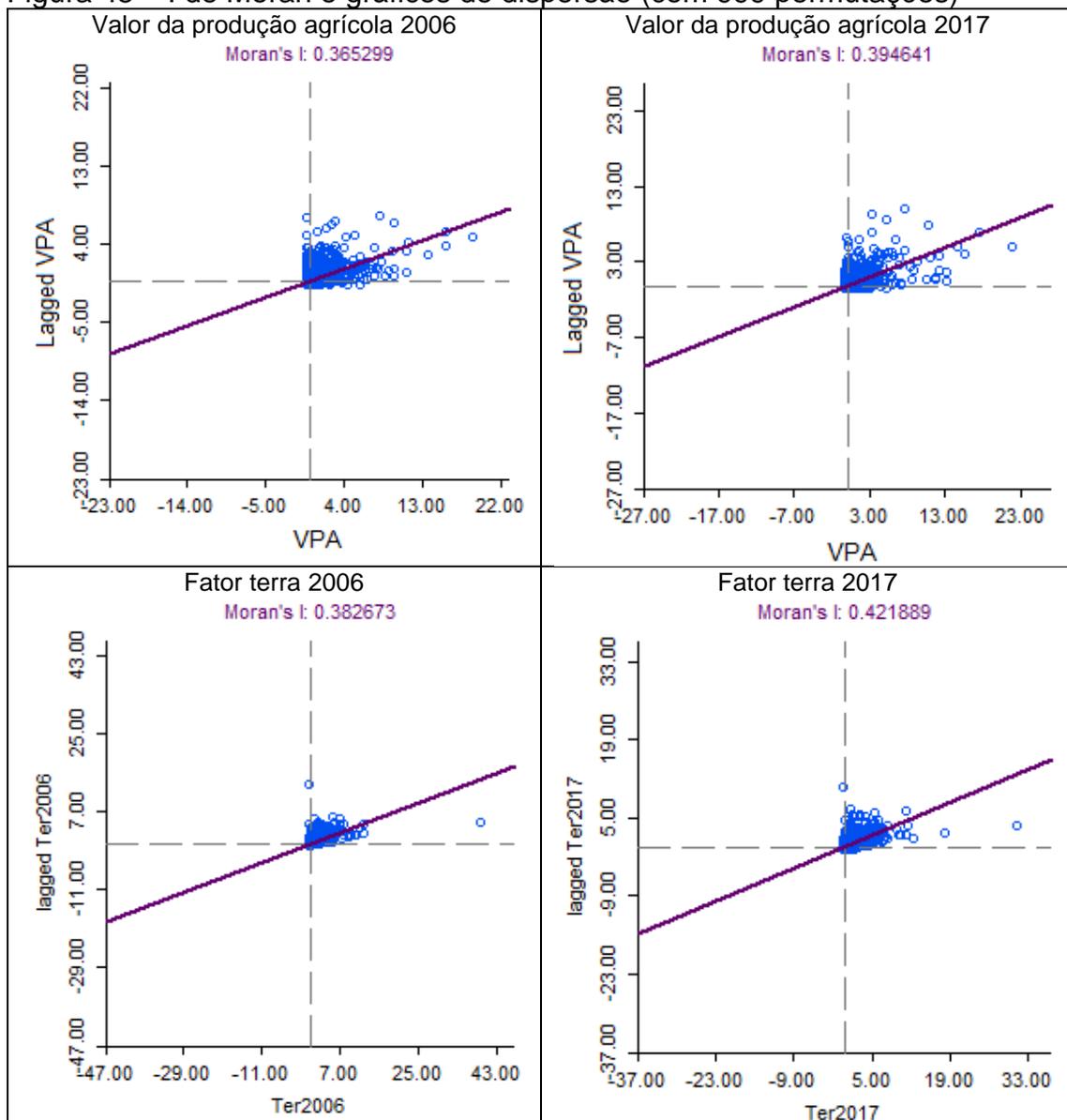
## APÊNDICE F

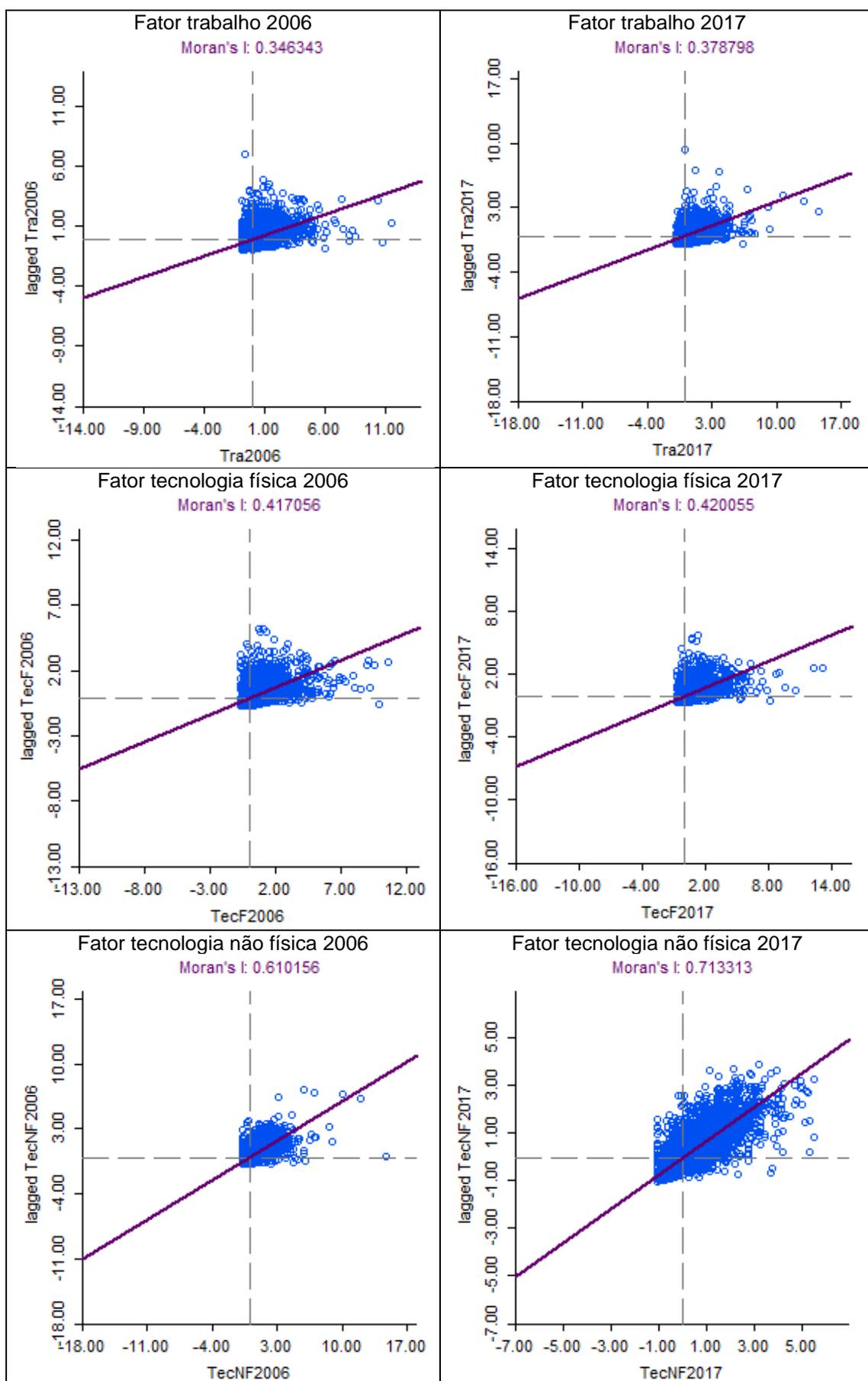
Quadro 4 – I de Moran para Matrizes de peso espaciais

Contiguidade	I de Moran
4 vizinhos	0,5552
6 vizinhos	0,5331
8 vizinhos	0,5095
10 vizinhos	0,4928
Rainha	0,4975
Torre	0,5015

Fonte: elaborado pela autora.

Figura 45 – I de Moran e gráficos de dispersão (com 999 permutações)

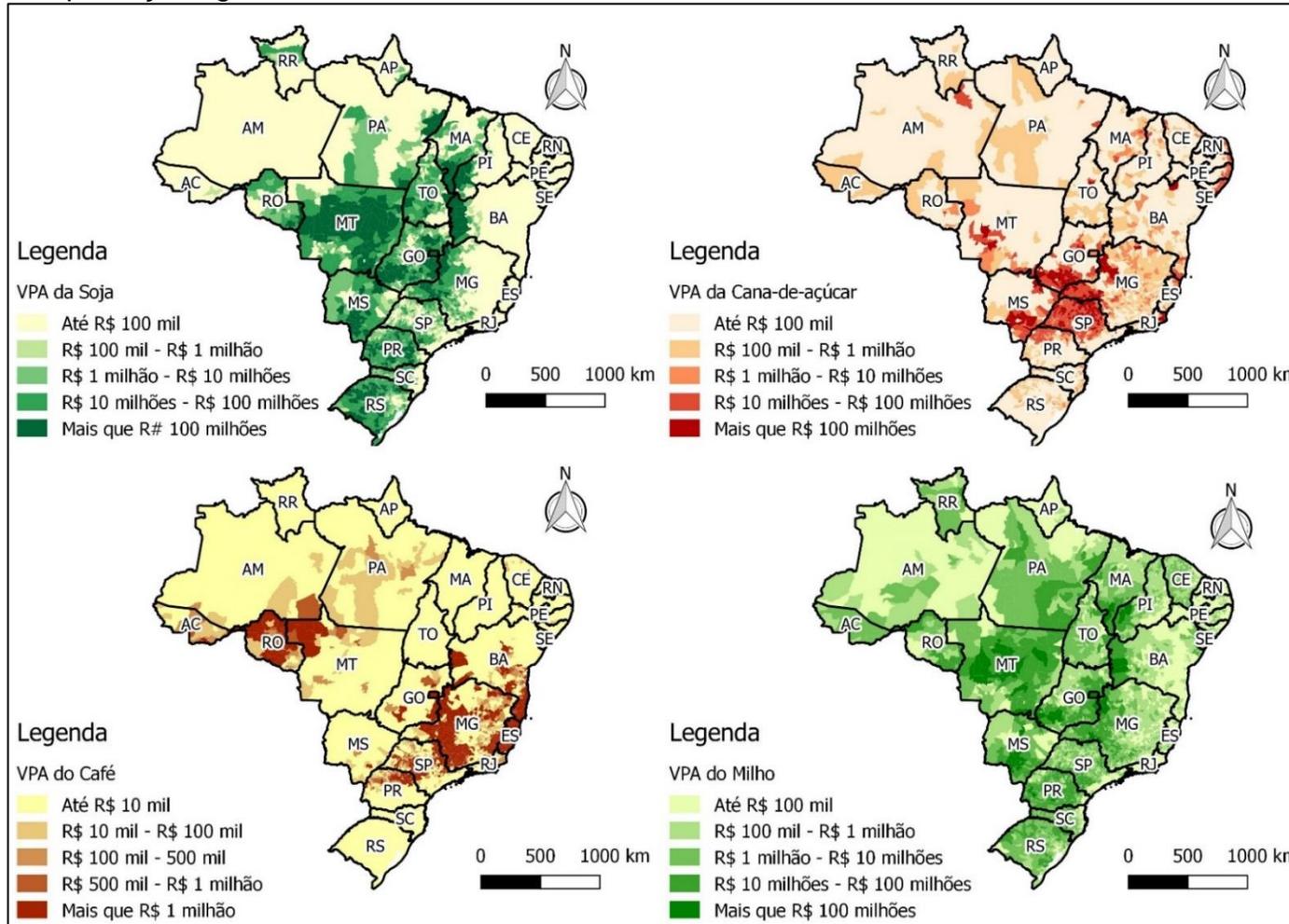




Fonte: elaborado pela autora.

APÊNDICE G

Figura 46 – Valor da produção agrícola – 2017



Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados da Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE (2017b).