



A DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA PRODUÇÃO DE SOJA NO BRASIL (1974-2020)¹

Joel Lima da Silva ²
Genival Fernandes Rocha ³

RESUMO

O artigo analisa a dinâmica espacial da produção de soja no Brasil entre 1974 e 2020, examinando as mudanças nos padrões de produção e as transformações no uso da terra. O estudo revela um aumento exponencial na produção de soja no Brasil durante o período, com a Região Centro-Oeste se consolidando como o principal polo produtor, impulsionada pela expansão da fronteira agrícola sobre o Cerrado. Essa expansão, embora tenha contribuído para o crescimento econômico, também gerou conflitos socioambientais e desigualdades socioespaciais. A pesquisa utiliza dados da Produção Agrícola Municipal – PAM e aplica técnicas de análise espacial para identificar padrões de autocorrelação espacial e agrupamentos de municípios com características semelhantes de produção de soja. A análise espacial identificou a formação de agrupamentos de produção, principalmente nas regiões Sul e Centro-Oeste, indicando uma concentração da produção em áreas favoráveis ao cultivo. O estudo destaca a necessidade de políticas públicas que promovam um desenvolvimento mais justo e sustentável, conciliando o crescimento econômico com a justiça social e a sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: produção de soja; análise espaço-temporal; territorialização do Capital.

ABSTRACT

The article analyzes the spatial dynamics of soybean production in Brazil between 1974 and 2020, examining changes in production patterns and land use transformations. The study reveals an exponential increase in soybean production in Brazil during the period, with the Central-West Region consolidating itself as the main production center. This phenomenon was driven by the expansion of the agricultural frontier over the Cerrado. Although this expansion has contributed to economic growth, it has also generated socio-environmental conflicts and socio-spatial inequalities. The research uses data from the Municipal Agricultural Survey – PAM and applies spatial analysis techniques to identify spatial autocorrelation patterns and clusters of municipalities with similar soybean production characteristics. Spatial analysis identified the formation of production clusters, mainly in the South and Central-West regions, indicating a concentration of production in areas favorable to cultivation. The study highlights the need for public policies that promote fairer and more sustainable development, reconciling economic growth with social justice and environmental sustainability.

Keywords: soybean production; spatio-temporal analysis; spatial dynamics of Capital.

¹ Este artigo constitui o capítulo 1 da dissertação de mestrado do primeiro autor junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGE, da Universidade Federal do Amapá - Unifap;

² Mestrando do PPGE/Unifap, joelgrafia@ibge.gov.br;

³ Orientador: Doutor em Geografia, Coordenador do Laboratório de Cartografia e Análise Ambiental – LACARTA, Docente nos cursos de bacharelado e licenciatura em Geografia e do PPGE/Unifap, genival.rocha@unifap.br.



1 INTRODUÇÃO

Em 2020, o Brasil exportou cerca de 83,0 milhões de toneladas de soja, consolidando-se como um dos maiores produtores globais dessa commodity (FAO, 2024). A expansão da cultura da soja, intensificada a partir das décadas de 1960 e 1970 (Gazzoni; Dall'Agnoll, 2018, p. 70), impulsionou a economia nacional, mas também gerou intensas transformações socioespaciais, com impactos como o desmatamento (Barona *et al.*, 2010) e o aumento dos conflitos por terra (Becker, 2013, p. 110). Diante desse cenário, como entender a dinâmica espacial da produção de soja e suas implicações para o Brasil?

Na década de 1960, políticas governamentais promoveram a expansão da triticultura, e a soja foi escolhida como alternativa de rotação ao trigo, expandindo seu cultivo nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo (Guimarães, 2016; Gazzoni; Dall'Agnoll, 2018). O desenvolvimento de cultivares adaptadas às regiões intertropicais do Brasil fomentou a produção de soja no Cerrado (Gazzoni; Dall'Agnoll, 2018, p. 74). A crescente demanda do mercado mundial pressionou a incorporação de novas áreas, incluindo o bioma amazônico (Galerani, 2005).

A expansão da soja no Brasil está intrinsecamente ligada à lógica do capital do capital, que molda os espaços e as relações sociais de produção (Bernardes, 2015, p. 7; Santos, 2017, p. 70–73; 159). A formação do complexo agroindustrial da soja intensifica a inserção do Brasil no mercado internacional de commodities, mas também gera dependência tecnológica e aprofunda as desigualdades sociais no campo (Bernardes, 2022, p. 71).

Diversos estudos já abordaram a expansão da soja no país, analisando seus impactos socioambientais e sua influência na reconfiguração do espaço rural (Lazzarotto; Garagorry; Hirakuri, 2010; Oliveira; Rodrigues, 2019; Rossoni; Moraes, 2020; Casagrande; Weizenmann; Menezes, 2022). No entanto, ainda são escassos os estudos que analisam a dinâmica espaço-temporal da cultura utilizando técnicas de Análise Espacial com múltiplas escalas.

Diante dessa lacuna, este estudo se propõe a analisar a dinâmica espaço-temporal da produção de soja no Brasil, adotando uma abordagem multiescalar e utilizando técnicas de Análise Espacial para compreender a formação de agrupamentos de produção, os fatores que influenciam sua espacialização e as implicações para a equidade socioambiental.

A Análise Espacial é uma ferramenta fundamental para compreender essa dinâmica, permitindo identificar padrões, agrupamentos e relações espaciais complexas (Cliff; Ord, 1973; Druck *et al.*, 2004). Nesta pesquisa, serão utilizados o Índice de Moran, que mede a autocorrelação espacial global, indicando se valores em diferentes localizações geográficas



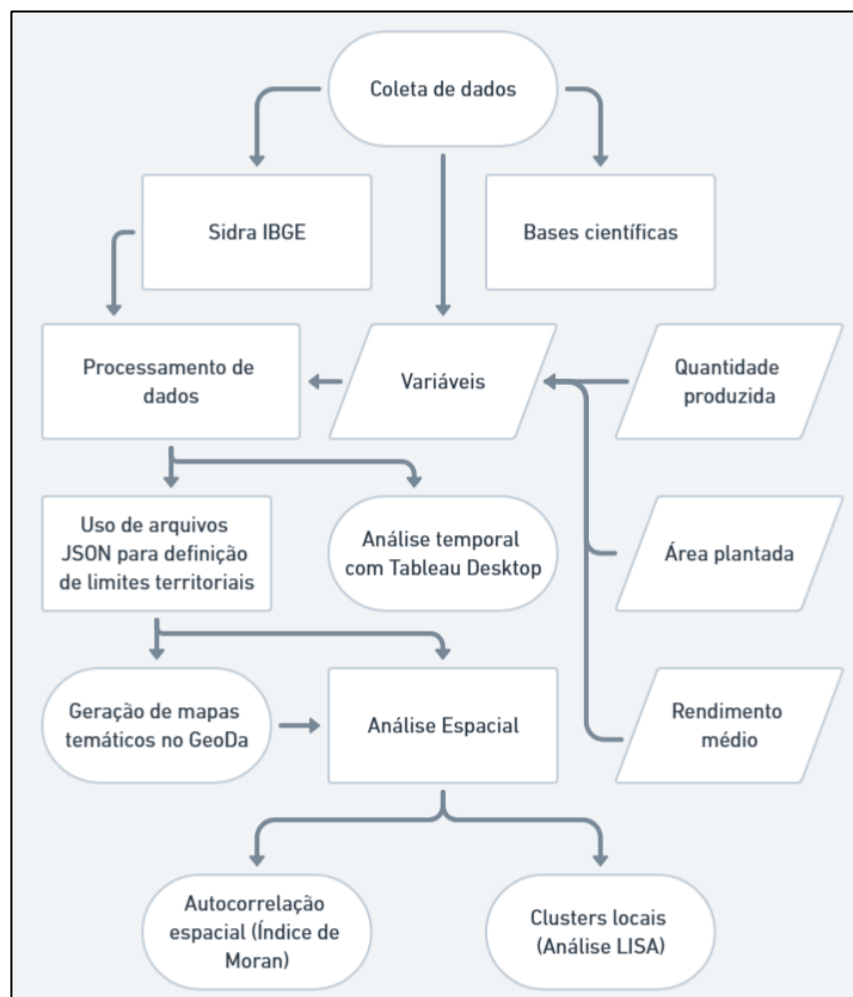
tendem a ser semelhantes, diferentes ou aleatórios (Anselin, 1996, p. 115) e a Análise LISA (Local Indicators of Spatial Association), proposta por Anselin (1995), para identificar agrupamentos de valores semelhantes.

Diante disso, os objetivos deste estudo são: (a) descrever a evolução da produção de soja em nível nacional e macrorregional (1974-2020), (b) analisar sua distribuição espacial em nível municipal (1991-2020), identificando áreas de concentração da cultura e padrões de autocorrelação, e (c) compreender as implicações socioambientais dessa produção.

2 METODOLOGIA

Este estudo de natureza descritiva e explicativa busca desvendar a dinâmica espaço-temporal da produção de soja no Brasil, utilizando uma abordagem crítica para analisar as relações complexas entre espaço, produção e poder no contexto do agronegócio. A Figura 1 sintetiza as etapas desenvolvidas nesta pesquisa.

Figura 1 - Etapas da pesquisa



Fonte: Elaboração dos autores.



A pesquisa se estrutura em duas etapas principais:

- a) Análise da expansão da produção de soja em escala nacional e macrorregional entre 1974 e 2020;
- b) Análise da distribuição espacial da produção de soja segundo os municípios brasileiros de 1991 a 2020.

Os dados sobre a produção de soja no Brasil foram coletados no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (IBGE, 2023). Esta ferramenta abriga dados anuais da Pesquisa Produção Agrícola Municipal (PAM) iniciada em 1974.

A fundamentação teórica foi precedida por levantamentos nos seguintes bancos de dados bibliográficos: Web of Science, Research Rabbit, SciSpace, Consensus e Publish or Perish (WEB OF SCIENCE, 2021; Research Rabbit, 2022; SciSpace, 2024; Consensus, 2024; Harzing, 2016). Utilizou-se palavras-chave como “análise espacial”, “uso da terra”, “soja”, “expansão agrícola”, “impactos da produção de soja”, entre outras expressões pertinentes. A seleção de artigos científicos priorizou estudos que abordavam a dinâmica da soja sob uma perspectiva espacial, social e ambiental, com foco nas implicações da expansão da cultura para o desenvolvimento territorial brasileiro.

As malhas municipais para os anos de 1991, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020 foram baixadas do Atlas Nacional do Brasil Milton Santos em sua versão digital (IBGE, 2024a).

2.2 VARIÁVEIS DE ESTUDO

As seguintes variáveis foram analisadas:

- a) Área plantada com soja (hectares): Indica a extensão territorial dedicada à cultura da soja, permitindo analisar a expansão da fronteira agrícola e a intensificação do uso da terra;
- b) Quantidade produzida de soja (toneladas): Revela a produção total de soja em cada área, possibilitando avaliar a produtividade e a evolução da produção ao longo do tempo;
- c) Rendimento médio das lavouras de soja (quilogramas por hectare): Fornece uma medida de eficiência da produção, refletindo a influência de fatores como tecnologia, manejo do solo e condições climáticas;

2.3 PERÍODOS DE ANÁLISE

A análise da dinâmica da soja adota uma perspectiva espacial considerando duas escalas geográficas:

- a) Escala Nacional e Macrorregional (1974-2020): Investiga-se a expansão da soja buscando compreender as tendências gerais e as transformações no território brasileiro;



- b) Escala Municipal (1991-2020): Identificam-se padrões específicos de ocupação da soja e as mudanças espaciais ocorridas nos municípios ao longo de três décadas.

Estes períodos foram escolhidos por razões específicas. O período de 1974 a 2020 abrange a modernização e a expansão significativa da agricultura brasileira. Começa em 1974 pois é o primeiro ano com resultados para as culturas temporárias e permanentes divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) por meio da PAM (IBGE, 2024b)

Por sua vez, o período de 1991 a 2020 permite uma análise mais detalhada em nível municipal capturando as transformações recentes na produção da soja, concentrando-se especificamente nos anos de 1991, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020 pelo motivo da indisponibilidade de malhas municipais em todo o período definido e as constantes alterações nos limites municipais com a criação de novas unidades na década de 1990 e início dos anos 2000 (IBGE, 2011).

2.4 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

2.4.1 Brasil e Grandes Regiões (1974 a 2020)

Os dados de quantidade produzida de soja no Brasil e por Grandes Regiões foram coletados e organizados no SIDRA para o período de 1974 a 2020. Utilizou-se o software Tableau Desktop para a análise de séries temporais, identificando tendências, ciclos e pontos de inflexão ao longo do período de estudo (TABLEAU, 2024).

2.4.2 Municípios (1991 a 2020)

No SIDRA, os dados foram selecionados para todos os municípios nos anos de 1991, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020, com as variáveis de área plantada e rendimento médio. Esses dados foram inicialmente tratados nos softwares Microsoft Excel e Tableau Desktop. Posteriormente, foram processados no software GeoDa, conforme metodologia proposta por (Anselin, 1995; Anselin; Syabri; Kho, 2006).

2.5 PROCEDIMENTOS PARA A ANÁLISE ESPACIAL

Para a visualização geoespacial dos dados, foram seguidas as seguintes etapas: (a) os dados em formato CSV foram importados para o GeoDa, e os arquivos Shapefile foram utilizados para definir os limites territoriais dos municípios; (b) o Índice de Moran global foi calculado para cada ano, verificando-se a autocorrelação espacial das variáveis de interesse; (c) para identificar agrupamentos locais de alta e baixa produção de soja, foi realizado o cálculo dos indicadores locais de associação espacial (LISA) e; (d) visualização dos Resultados: Os resultados foram visualizados por meio de mapas temáticos, facilitando a interpretação dos padrões espaciais identificados.

2.5.1 Índice de Moran

O Índice de Moran é uma medida de autocorrelação espacial que indica até que ponto um fenômeno é similar em áreas geográficas próximas (Cliff; Ord, 1973; Druck *et al.*, 2004; Kopczewska; Elhorst, 2024; Rüttenauer, 2024). A fórmula para calcular o Índice de Moran (1) é:



$$I = \frac{N}{W} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

onde:

- N é o número de unidades espaciais (municípios) incluídas na análise;
- W é a soma de todos os pesos espaciais w_{ij} (2), ou seja,

$$W = \sum_i \sum_j w_{ij} \quad (2)$$

- x_i é o valor da variável de interesse (por exemplo, a quantidade de soja produzida) na unidade espacial;
- $\bar{x}$ é a média dos valores da variável de interesse;

Os pesos espaciais (w_{ij}) são definidos para refletir a proximidade geográfica entre as unidades espaciais. No GeoDa, utilizamos uma matriz de contiguidade de primeira ordem, onde $w_{ij} = 1$ se as unidades i e j compartilham uma fronteira comum e $w_{ij} = 0$, caso contrário.

Portanto, o cálculo do Índice de Moran Global foi utilizado para avaliar a autocorrelação espacial global das variáveis de área plantada e rendimento médio das lavouras de soja ao longo do tempo. Onde, um índice positivo significativo sugere que áreas próximas tendem a ter valores semelhantes de produção de soja, enquanto um índice negativo significativo sugere o oposto.

2.5.2 Indicadores Locais de Autocorrelação Espacial (LISA)

A técnica LISA (Local Indicators of Spatial Association) foi utilizada para identificar agrupamentos locais de alta e baixa produção de soja. Em outras palavras, a análise ajuda a identificar áreas específicas onde a produção de soja é significativamente maior ou menor do que a média, destacando agrupamentos de municípios com características semelhantes.

Além dos agrupamentos, a técnica também permite a identificação de outliers espaciais, que são municípios com padrões de produção de soja diferentes das áreas vizinhas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

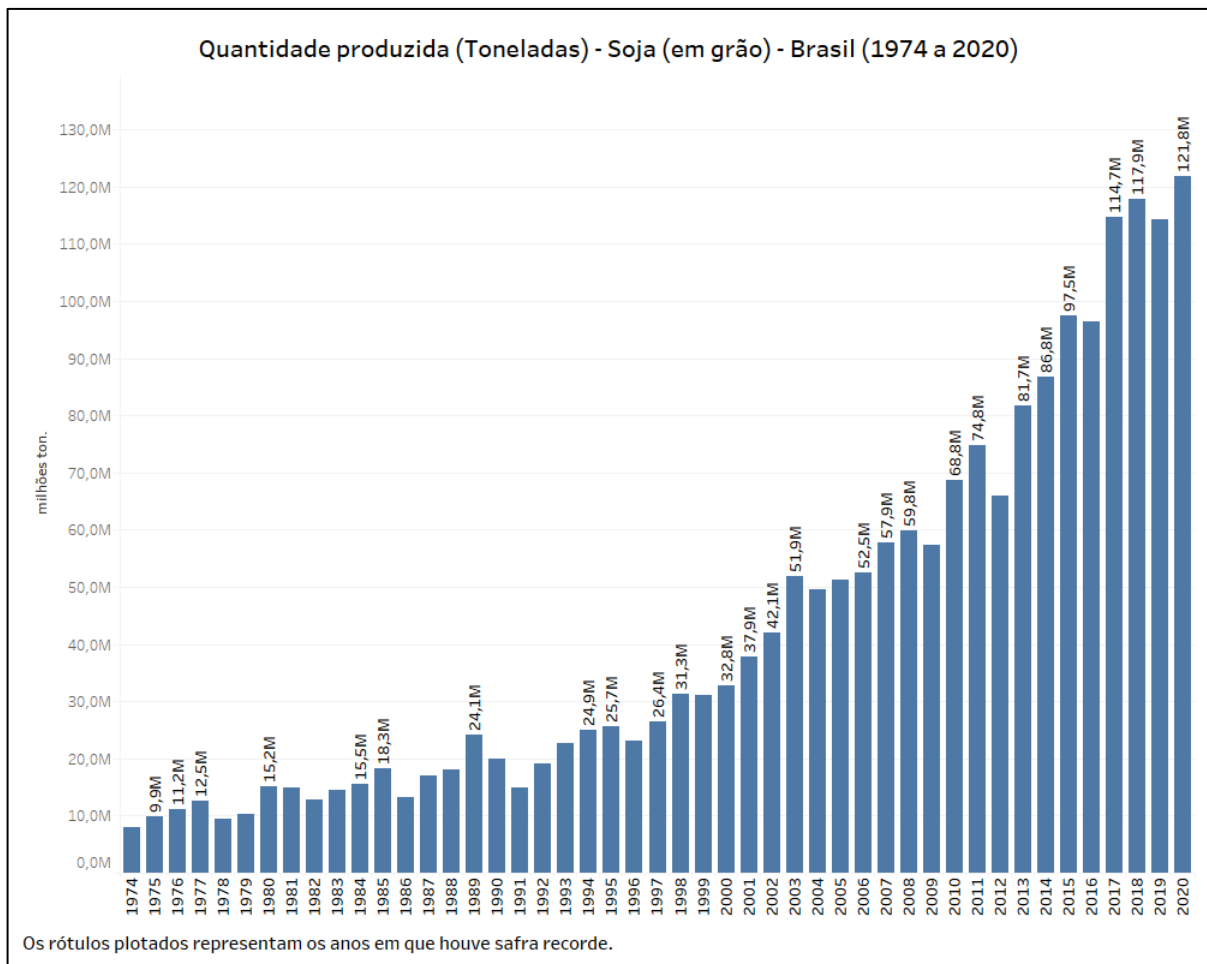
3.1 QUANTIDADE PRODUZIDA DE SOJA POR GRANDES REGIÕES (1974 A 2020)

Durante o período de 1974 a 2020, o Brasil registrou um aumento na produção de soja em relação às safras anteriores em 26 ocasiões distintas, conforme ilustrado no Gráfico 1. Isso equivale a estabelecer um novo recorde de produção aproximadamente a cada dois anos. Durante o intervalo temporal estudado, somente entre os anos de 1990 e 1993 foi registrada uma sequência de dois anos consecutivos (1990 e 1991) com diminuição da safra em comparação ao ano imediatamente anterior. Este período também marcou a maior lacuna temporal para o estabelecimento de uma nova safra recorde: a produção de 1989 (24,1 milhões



de toneladas) só foi superada em 1994 (24,9 milhões de toneladas). Fatores como eventos climáticos adversos, caracterizados por precipitações insuficientes e irregularidades pluviométricas, em conjunto com atrasos na disponibilização de recursos financeiros para o custeio da produção, são apontados como as principais causas para as reiteradas quedas na produção de soja deste período (IBGE, 1990, p. 17).

Gráfico 1 - Quantidade produzida de soja no Brasil de 1974 a 2020



Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal (Elaboração dos autores).

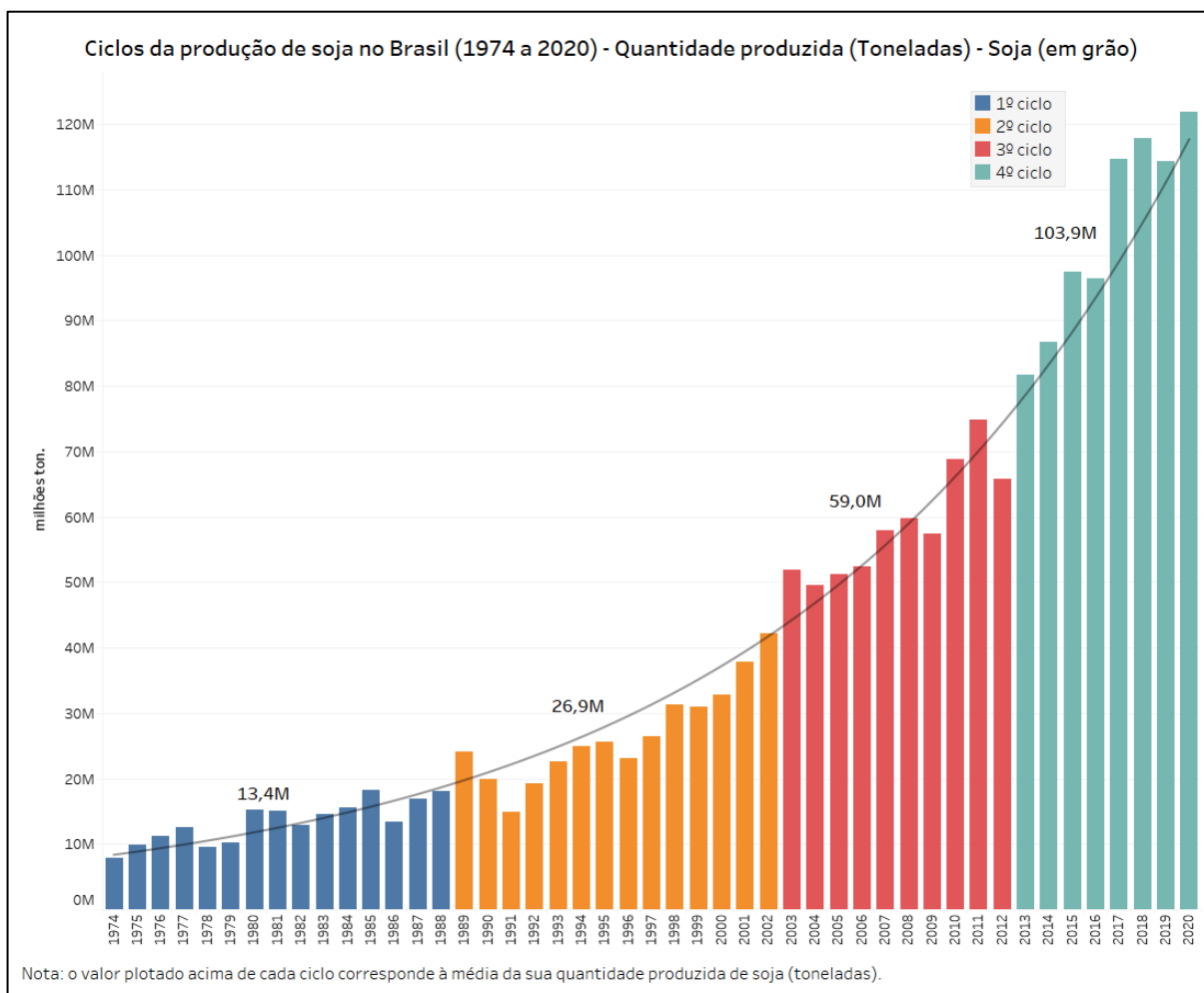
Com base na análise temporal de 1974 a 2020, é possível identificar quatro ciclos distintos de crescimento na produção de soja no Brasil. O primeiro ciclo, que abrange os anos de 1974 a 1988, registrou uma produção média anual de 13,4 milhões de toneladas ao longo desses 15 anos. O segundo ciclo, de 1989 a 2002, alcançou a média de 26,9 milhões de toneladas por ano, mais do que o dobro em relação ao ciclo anterior. O terceiro ciclo, que se estende de 2003 a 2012, apresentou uma produção média anual de 59 milhões de toneladas, representando um incremento de 119,5% em comparação com a média anual do ciclo precedente. Finalmente, o quarto ciclo, de 2013 a 2020, registrou uma produção média anual de 103,9 milhões de toneladas, um aumento de 76,2% em oito anos. O Gráfico 2 ilustra esses quatro ciclos de crescimento, conforme delineados pela linha de tendência exponencial.

Em relação à distribuição espacial da produção de soja nas Grandes Regiões do Brasil, nota-se um declínio do protagonismo da Região Sul. Este fenômeno, que reflete a dinâmica espaço-temporal da soja no país, ocorre à medida que a fronteira agrícola avança para a Região Centro-



Oeste, particularmente no bioma do Cerrado. Tal expansão foi possibilitada por avanços tecnológicos que viabilizaram o cultivo de soja nesse bioma específico (Araújo *et al.*, 2019, p. 63; Gazzoni; Dall'Agnoll, 2018, p. 74; Lazzarotto; Garagorry; Hirakuri, 2010, p. 7).

Gráfico 2 - Ciclos da produção de soja no Brasil (1974 a 2020)

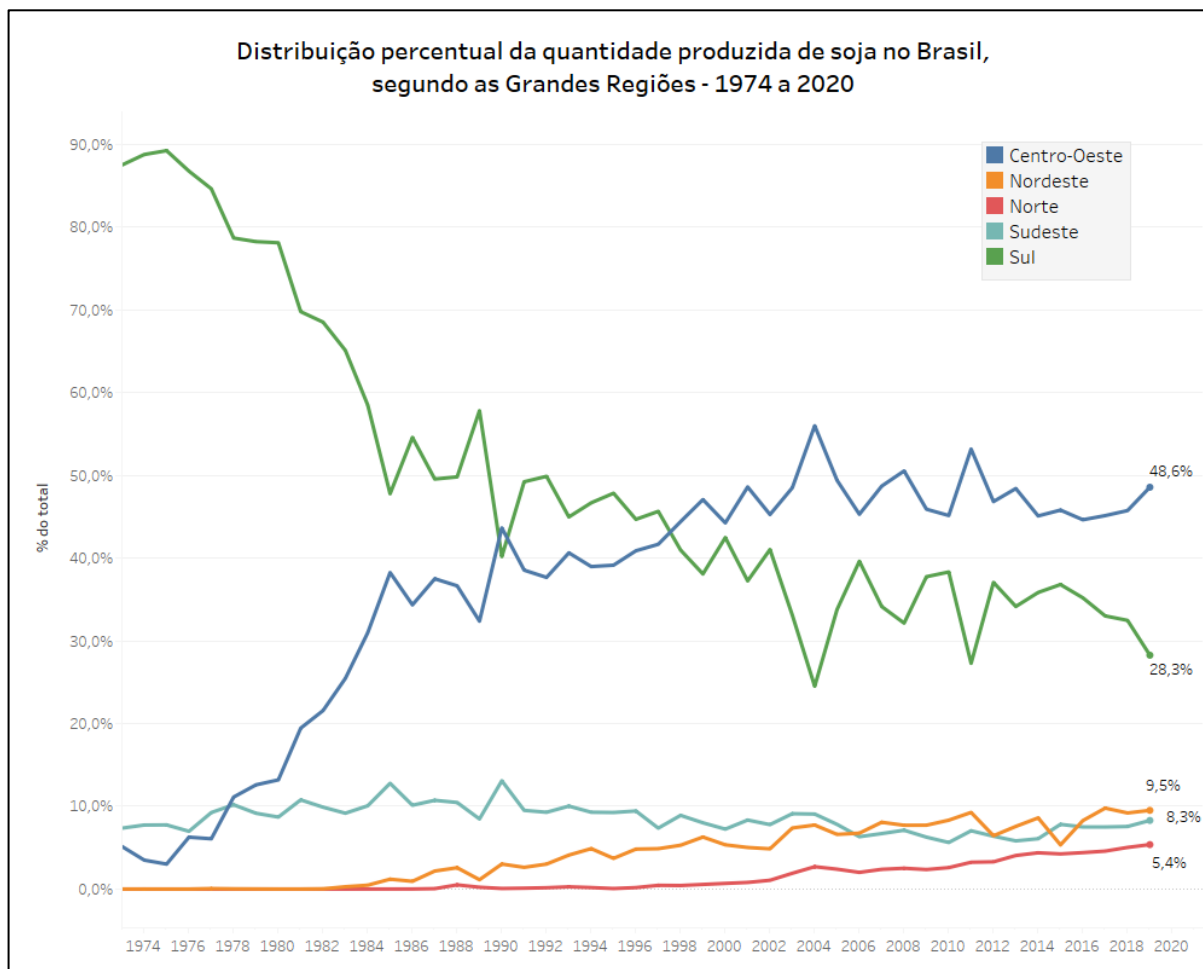


Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal (Elaboração dos autores).

No ano de 1974, a Região Sul era responsável por 87,5% da produção total de soja no Brasil. No entanto, essa predominância foi gradualmente reduzida até 1986, quando sua participação caiu para 47,8%. No período compreendido entre 1987 e 1998, a Região Sul ainda detinha a maior fatia da produção, variando entre 54,6% e 45,6%, com a exceção do ano de 1991. Nesse ano específico, sua participação foi de 40,2%, sendo superada pela Região Centro-Oeste, que alcançou 43,6%. Em 2020, a contribuição combinada dessas duas regiões para a produção nacional de soja foi de aproximadamente 76,9%, ou seja, mais de $\frac{3}{4}$ da produção total. Conforme demonstrado no Gráfico 3

Erro! Fonte de referência não encontrada..

Gráfico 3 - Distribuição percentual da produção de soja segundo as Grandes Regiões



Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal (Elaboração dos autores).

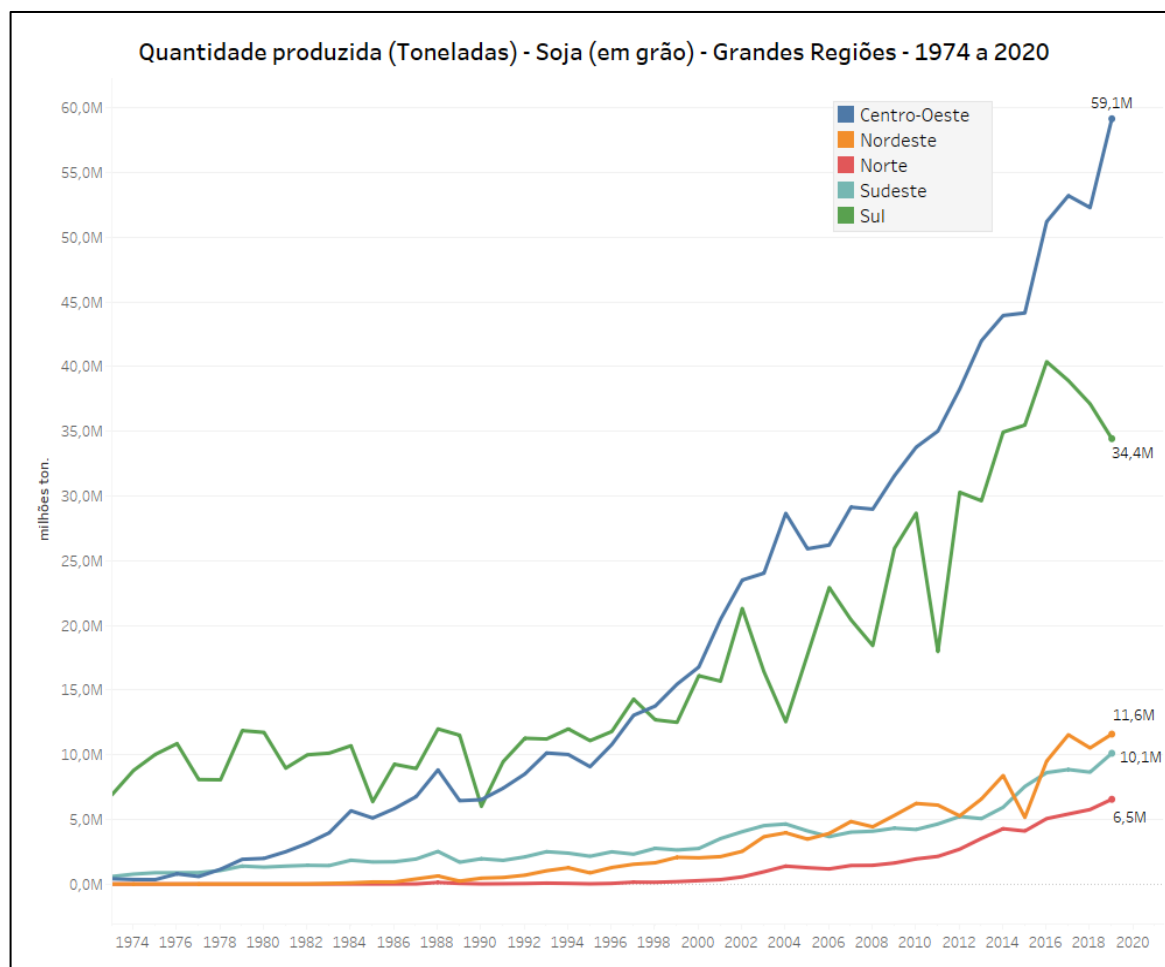
Em valores absolutos, a produção brasileira de soja em 1974 totalizava 7,9 milhões de toneladas, das quais 6,9 milhões eram provenientes da Região Sul. Avançando para o ano de 2020, a Região Centro-Oeste contribuiu com 59,1 milhões de toneladas, enquanto a Região Sul foi responsável por 34,4 milhões de toneladas. As demais regiões do país somaram uma produção de 28,3 milhões de toneladas de soja, conforme se observa no Gráfico 4.

Até o momento, nossa investigação focou na evolução da produção de soja no Brasil, dando ênfase às mudanças significativas nos padrões de produção entre as Grandes Regiões. Com esse contexto macrorregional estabelecido, torna-se essencial redirecionar a análise para uma escala mais específica. A próxima etapa da pesquisa examinará a produção de soja em nível municipal, com o objetivo de identificar particularidades locais que possam ter influenciado as tendências gerais observadas até agora.

O total de municípios com área plantada de soja passou de 1.157 em 1991, para 2.389 em 2020, um incremento de 106,5%. Entretanto, considerando que nesse mesmo período foram criados 1.079 novos municípios, resultando em 24% a mais no total destes entes federativos (IBGE, 2011), a taxa líquida de crescimento no total de municípios com produção de soja foi de 82,5% nesse intervalo de 30 anos.



Gráfico 4 - Quantidade produzida de soja segundo as grandes Regiões



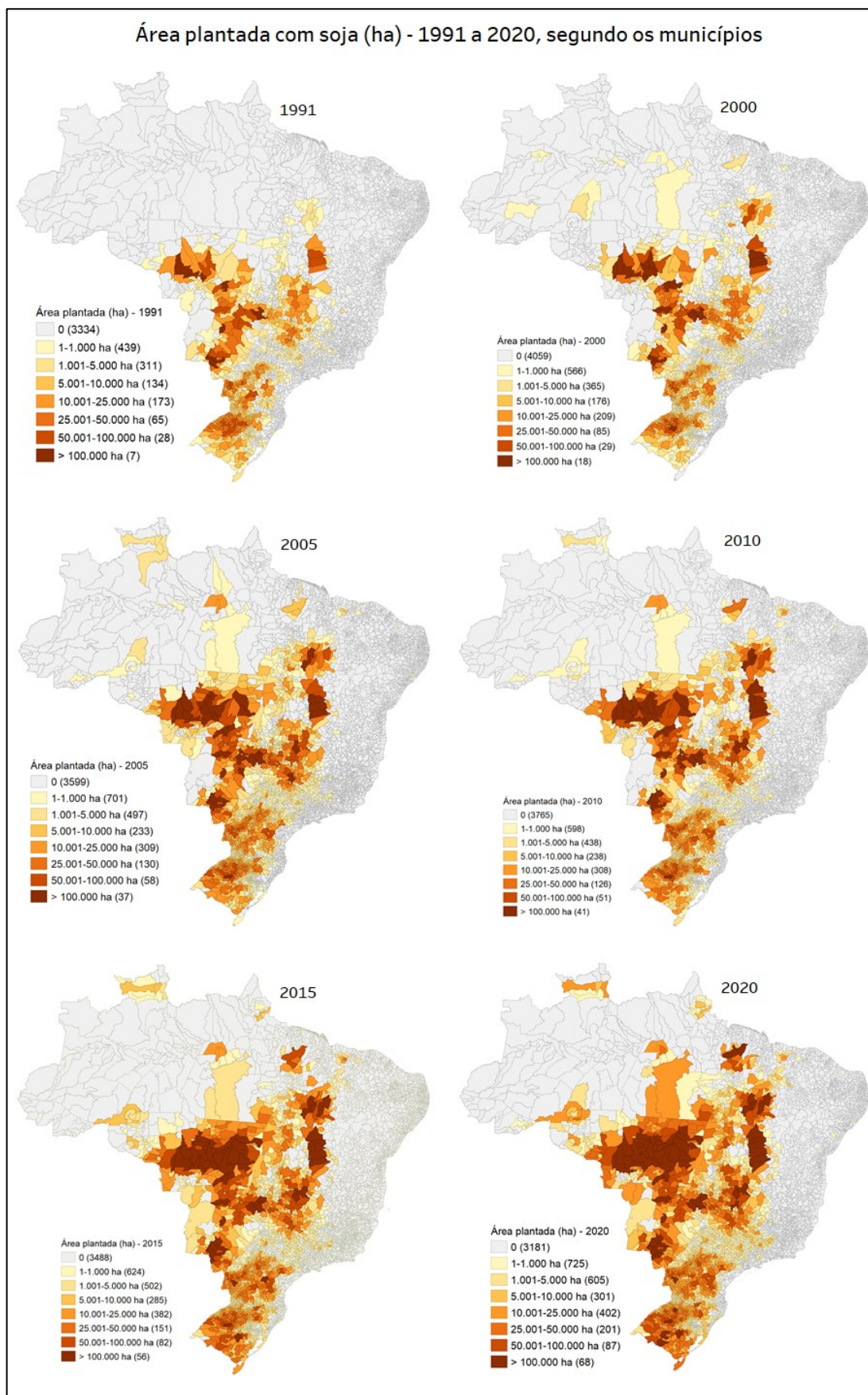
Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal (Elaboração dos autores).

3.2 ÁREA PLANTADA COM SOJA POR MUNICÍPIOS – 1991 A 2020

A área plantada com soja está representada na Figura 2, elaborada com base nos resultados da Produção Agrícola Municipal (IBGE, [2023]) de 1991 a 2020. Os cartogramas foram gerados para os anos 1991, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020.



Figura 2 – Área plantada com soja (hectares) segundo os municípios do Brasil (1991 a 2020)



Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal (Elaboração dos autores).



A Figura 2 demonstra o processo de adensamento da produção de soja em direção à Região Centro-Oeste, ilustrando a mudança nos padrões de distribuição da cultura e as transformações no uso da terra. Essa expansão para as áreas do Cerrado, antes consideradas inadequadas para a agricultura, reflete a dinâmica da fronteira agrícola no país. Notadamente, nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA) (BRASIL, 2015a, b).

O mapa também evidencia a progressão da soja para os estados de Rondônia, Roraima, Amazonas, Pará e Amapá (Andrade, 2005; Bacelar, 2019; Bernardes, 2022; Gazzoni; Dall'Agnoll, 2018; Guimarães, 2016; Lima, 2020; Margarit, 2013).

A área plantada média por município com lavoura de soja era de 8,5 mil hectares, em 1991. Neste ano, Ponta Porã – MS era o município que apresentava a maior área plantada, com 134,3 mil hectares. Seguido de Campo Novo do Parecis-MT, com 130,7 mil hectares. Em 2020, a área plantada média por município com área plantada passa a ser de 15,6 mil hectares, um aumento de 83,3% na área média por município produtor de soja. O município de Sorriso – MT tinha a maior área plantada (590,0 mil hectares) e o município Formosa do Rio Preto – BA, a segunda maior (427,5 mil hectares).

Em 1991, 77,6% dos municípios que produziam soja, tinham área plantada de até 10 mil hectares com essa lavoura. Em números absolutos, eram 898 municípios. Quase a metade desses municípios (49,1%) estavam localizadas na Região Sul, 31,2% na Região Sudeste e 16,9% na Região Centro-Oeste. Municípios das regiões Norte e Nordeste representavam 1,6% e 1,2%, respectivamente.

Em 2020, a proporção de municípios com até 10 mil hectares de área plantada em relação ao total de municípios produtores de soja era de 69,2%. Em termos absolutos, eram 1.653 municípios, nessa classe. Desses, 38,9% eram da Região Sul, 36,5% da Região Sudeste, 12,5% da Região Centro-Oeste, 7,2% da Região Norte e 5,0% da Região Nordeste (Tabela 1).

Portanto, ao mesmo tempo que aumenta a quantidade de municípios produtores de soja, a participação daqueles com até 10 mil hectares de área plantada reduziu 8,4 p.p. (pontos percentuais) entre 1991 e 2020. Da mesma forma, a participação dessa classe de municípios na área plantada total caiu de 20,8% em 1991 para 11,2% em 2020.



Tabela 1 – Distribuição percentual dos municípios com até 10 mil hectares de área plantada com soja (*), segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação – 1991 a 2020 (%)

Grandes Regiões e Unidades da Federação	1991	2000	2005	2010	2015	2020
Norte	1,6	3,2	7,2	6,0	7,0	7,2
Tocantins	1,3	1,7	4,7	4,1	3,7	3,8
Rondônia	0,2	0,4	0,6	0,5	1,6	1,4
Pará	-	0,6	1,2	1,1	1,0	1,1
Amapá	-	-	-	-	0,2	0,4
Roraima	-	-	0,3	0,2	0,5	0,2
Acre	-	-	0,1	0,1	-	0,2
Amazonas	-	0,5	0,2	0,1	-	0,1
Nordeste	1,2	2,2	2,7	2,6	4,0	5,0
Maranhão	0,9	1,3	1,6	1,6	2,5	3,0
Piauí	0,2	1,0	0,6	0,7	1,0	0,9
Bahia	0,1	-	0,3	0,2	0,3	0,7
Alagoas	-	-	0,2		0,2	0,4
Ceará	-	-	0,1	0,1	-	0,1
Sudeste	31,2	25,8	31,4	27,4	31,0	36,5
São Paulo	19,8	18,5	22,8	19,0	21,1	25,1
Minas Gerais	11,4	7,2	8,6	8,4	9,9	11,4
Sul	49,1	54,6	44,5	48,5	43,9	38,9
Rio Grande do Sul	19,9	23,0	18,7	21,0	18,9	16,3
Paraná	19,9	21,2	15,8	15,6	13,2	11,4
Santa Catarina	9,2	10,4	9,9	11,9	11,8	11,2
Centro-Oeste	16,9	14,2	14,2	15,3	14,1	12,5
Goiás	8,8	7,3	8,5	9,5	9,3	9,0
Mato Grosso do Sul	5,1	4,1	2,1	2,9	2,7	1,8
Mato Grosso	3,0	2,8	3,6	2,9	2,2	1,7

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal (elaboração dos autores).

Nota: (*) – em relação ao total de municípios com até 10 mil hectares de área plantada com soja.



Por outro lado, os municípios com área plantada acima de 100 mil hectares passaram de 7 (0,6%) em 1991, para 68 (2,8%), em 2020. Naquele ano, a participação desse grupo de municípios no total de área plantada do país era de 8,4% (810,1 mil hectares). Em 2020, essa proporção passa a ser de 37,0% (13,8 milhões de hectares), um crescimento de 1.600,7%. Neste ano, o Centro-Oeste concentrava 76,0% da área plantada nesse grupo. A Região Nordeste aumentou sua participação neste grupo de área plantada, alcançando 16,8% (Tabela 2).

Tabela 2 – Distribuição percentual dos municípios com mais de 100 mil hectares de área plantada com soja (*), segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação – 1991 a 2020 (%)

Grandes Regiões e Unidades da Federação	1991	2000	2005	2010	2015	2020
Norte	-	-	-	-	-	7,2
Pará	-	-	-	-	-	7,2
Nordeste	-	13,4	10,8	14,5	17,2	16,8
Bahia	-	13,4	9,3	11,5	11,7	11,5
Maranhão	-	-	1,5	3,0	3,8	2,8
Piauí	-	-	-	-	2,6	2,5
Sudeste	-	-	1,5	1,4	1,2	0,9
Minas Gerais	-	-	1,5	1,4	1,2	0,9
Sul	-	3,5	1,9	1,8	4,4	5,1
Rio Grande do Sul	-	3,5	1,9	1,8	2,5	4,4
Paraná	-	-	-	-	1,9	0,7
Centro-Oeste	100	83,0	85,8	82,2	77,2	76,0
Mato Grosso	43,0	61,7	60,6	60,1	58,5	55,4
Mato Grosso do Sul	43,4	10,7	12,6	9,2	9,6	11,2
Goiás	13,6	10,7	12,6	13,0	9,1	9,4

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal (elaboração dos autores).

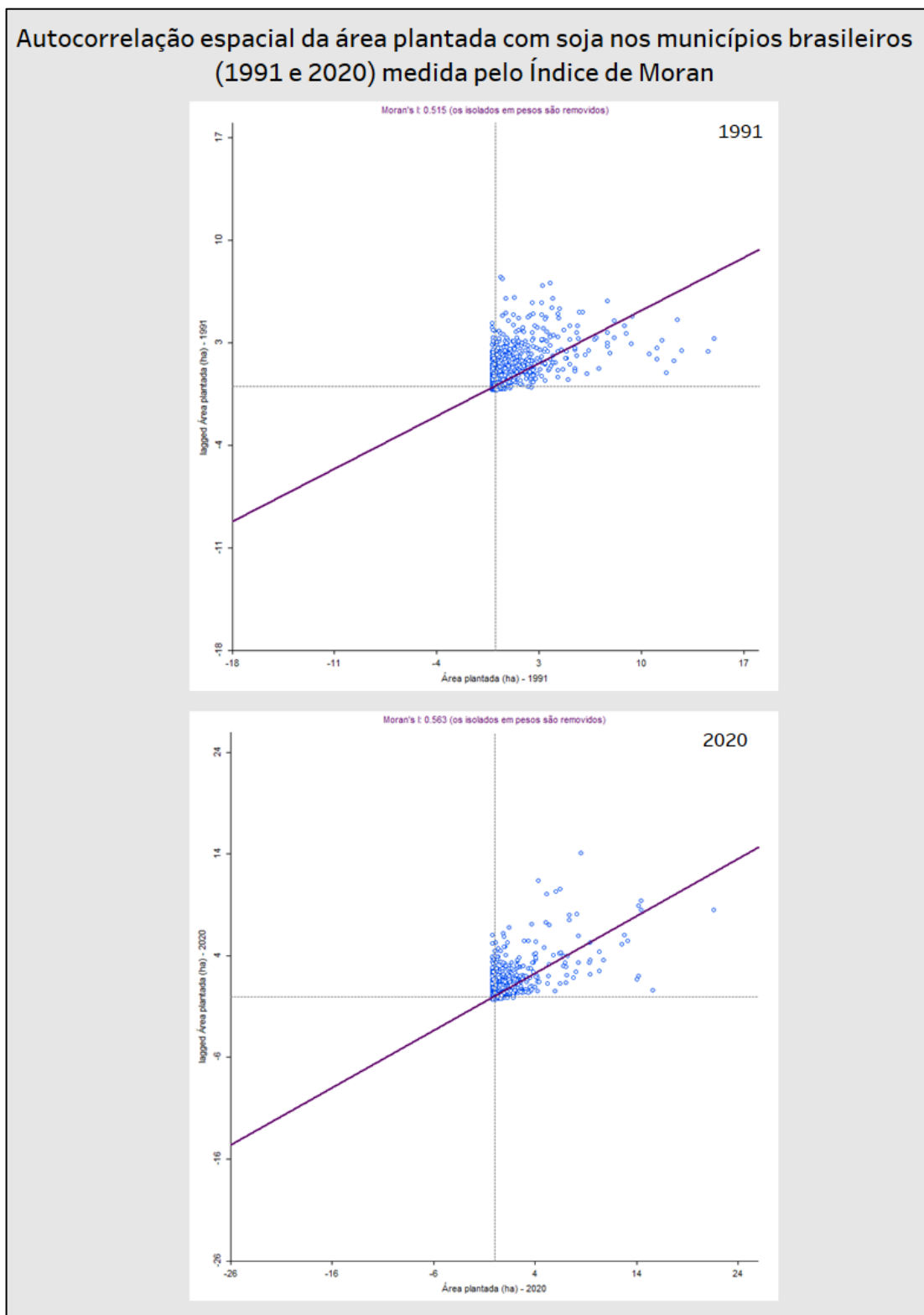
Nota: (*) – em relação ao total de municípios com mais de 100 mil hectares de área plantada com soja.

3.3 AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL DA ÁREA PLANTADA COM SOJA POR MUNICÍPIOS – 1991 A 2020

Em 1991, o gráfico de dispersão apresenta um Índice de Moran de 0,515, indicando uma autocorrelação espacial moderada (Figura 3). Este resultado sugere que, naquele ano, municípios com área plantada com soja de tamanhos similares se aglomerarem.

O gráfico de dispersão para 2020 mostra um aumento no Índice de Moran para 0,563, indicando um aumento na autocorrelação espacial. Isso reflete uma tendência de concentração ainda maior das áreas plantadas com soja em determinados municípios ao longo do tempo.

Figura 3 – Autocorrelação espacial da área plantada com soja nos municípios

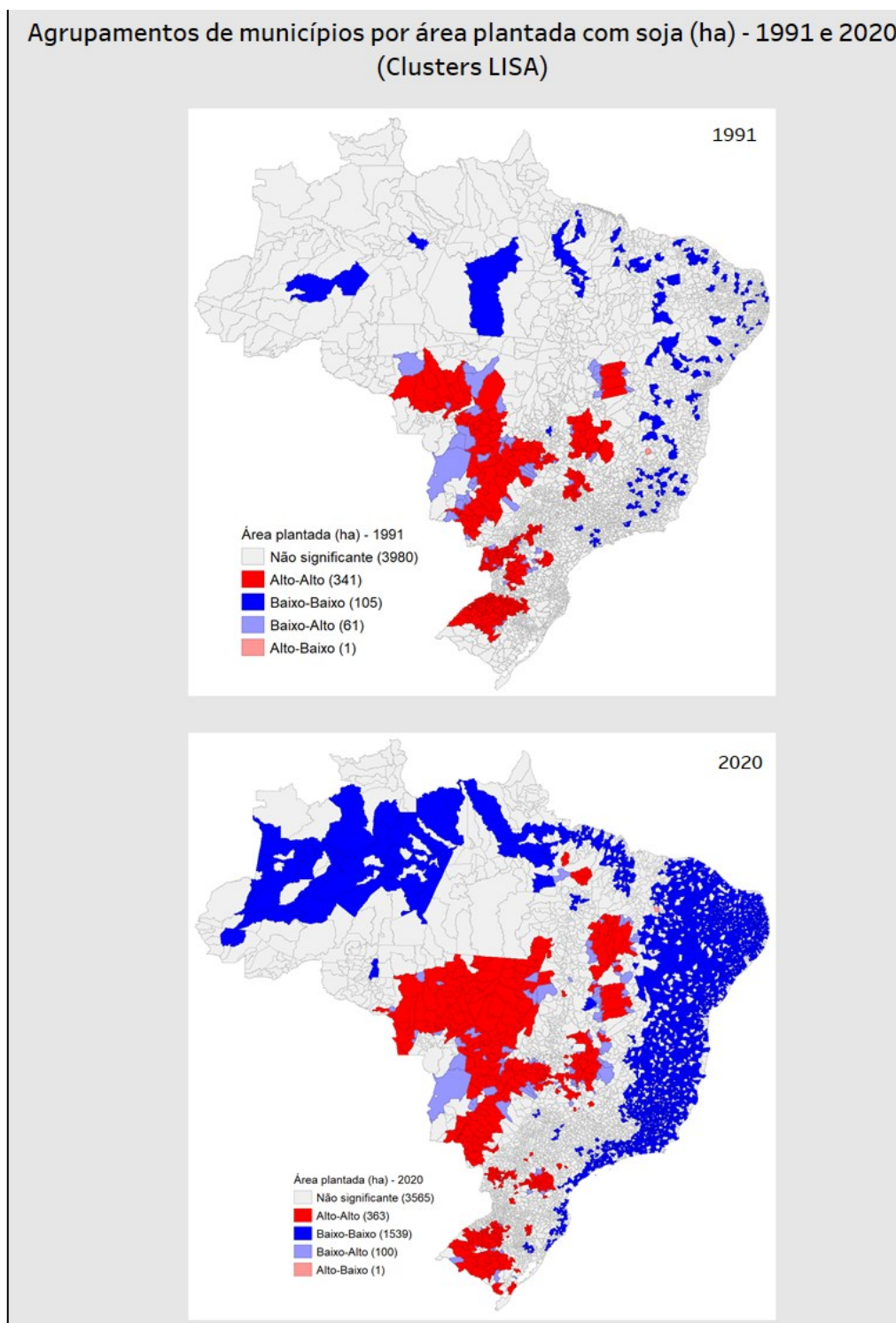


Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal (Elaboração dos autores).

3.4 AGRUPAMENTOS ESPACIAIS DE MUNICÍPIOS POR ÁREA PLANTADA COM SOJA – 1991 E 2020 (AGRUPAMENTOS LISA)

Em 1991, foram identificados 341 municípios classificados como Alto-Alto, indicando uma alta concentração de áreas plantadas com soja adjacentes a outras áreas de alta concentração, de acordo com a análise de agrupamentos LISA (*Local Indicators of Spatial Association*) realizada para os municípios com área plantada com soja em 1991 e 2020 (Figura 4).

Figura 4 – Agrupamentos de municípios por área plantada com soja (ha)



Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal (Elaboração dos autores).



Além disso, 105 municípios foram classificados como Baixo-Baixo, 61 como Baixo-Alto e apenas 1 (Carbonita-MG) como Alto-Baixo. Isso demonstra que, em 1991, as áreas de cultivo de soja eram mais concentradas em determinadas regiões, especialmente no Sul e Centro-Oeste do Brasil.

Em 2020, observou-se um aumento significativo no número de agrupamentos, com 363 municípios classificados como Alto-Alto e 1.539 como Baixo-Baixo. Isso indica uma expansão e uma redistribuição da área plantada com soja, com novas áreas emergindo como centros de produção de soja e algumas áreas anteriormente produtivas mostrando uma diminuição relativa na produção. O número de municípios classificados como Baixo-Alto aumentou para 100, enquanto o número de municípios classificados como Alto-Baixo permaneceu em 1 (Regeneração-PI).

Considerando apenas os agrupamentos contíguos de municípios, constatou-se a ocorrência de 9 agrupamentos Alto-Alto em 1991 e 12 em 2020. Reforçando a constatação da maior concentração e expansão da produção de soja em novas áreas.

Essa mudança na distribuição espacial sugere um dinamismo na produção agrícola, possivelmente impulsionado por fatores como avanços tecnológicos, mudanças nas políticas agrícolas e novas áreas de fronteira agrícola no Brasil.

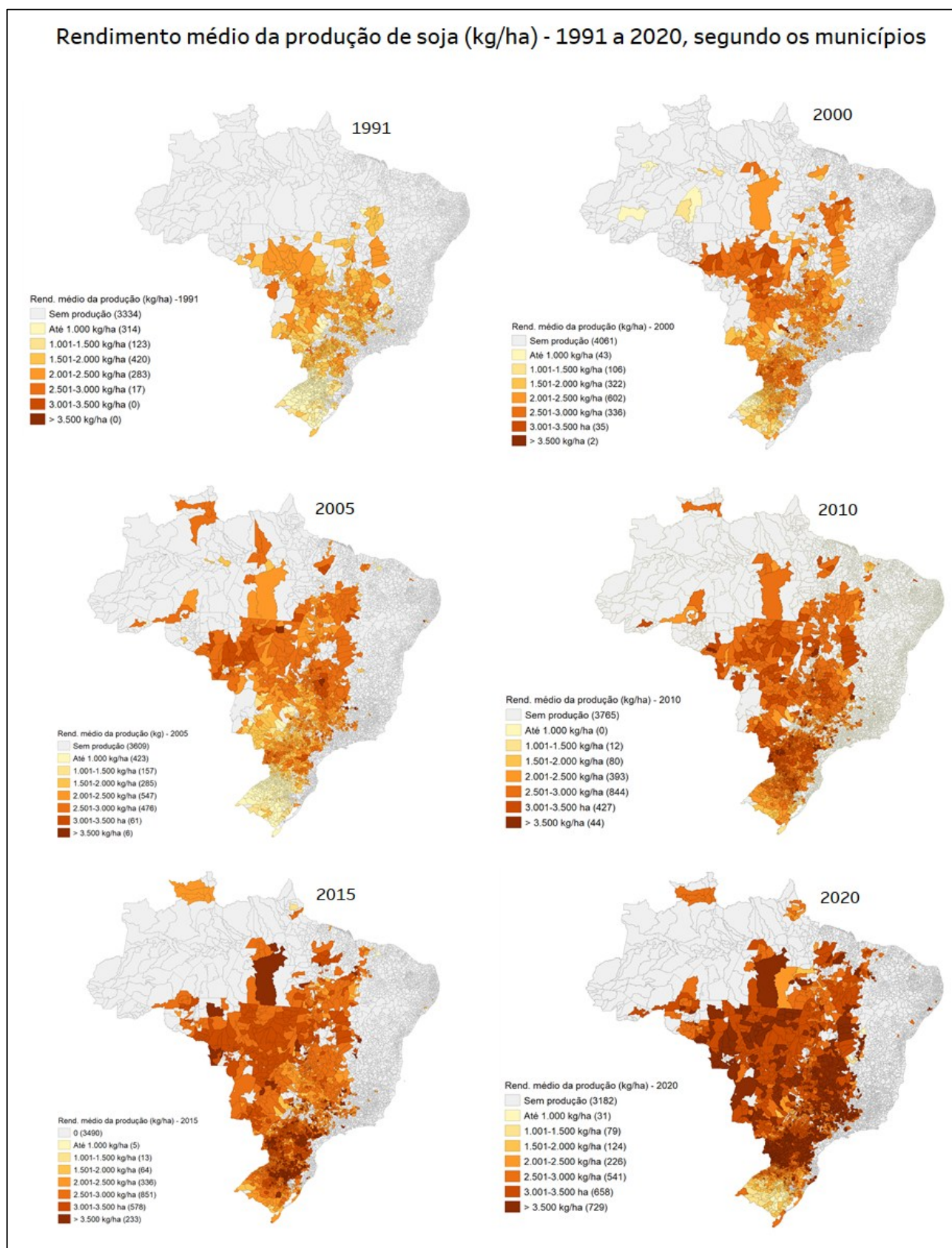
3.5 RENDIMENTO MÉDIO DA PRODUÇÃO DE SOJA POR MUNICÍPIOS – 1991 A 2020

O rendimento médio é calculado com base na quantidade produzida dividida pela área colhida com soja. Entre 1991 e 2020, o rendimento médio da produção de soja no Brasil mais do que dobrou (110,9%), passando de 1.553 kg/ha para 3.375 kg/ha. Tal incremento é justificado pelos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (Gazzoni; Dall'Agnoll, 2018, p. 78; Guimarães, 2016, p. 113).

A Figura 5 apresenta a evolução do rendimento médio em classes iniciadas em 1.000 kg/ha até acima de 3.500 kg/ha. Observa-se que o aumento da produtividade ocorre de maneira muito mais uniforme no território do que a expansão da área plantada. Até o ano 2000, apenas dois municípios haviam ultrapassado a marca de 3.500 kg/ha (Figueirópolis – TO e Pereira Barreto – São Paulo). Em 2020, eram 729 municípios com rendimento médio acima desse patamar.



Figura 5 – Rendimento médio da produção (kg/ha), segundo os municípios brasileiros (1991 a 2020)



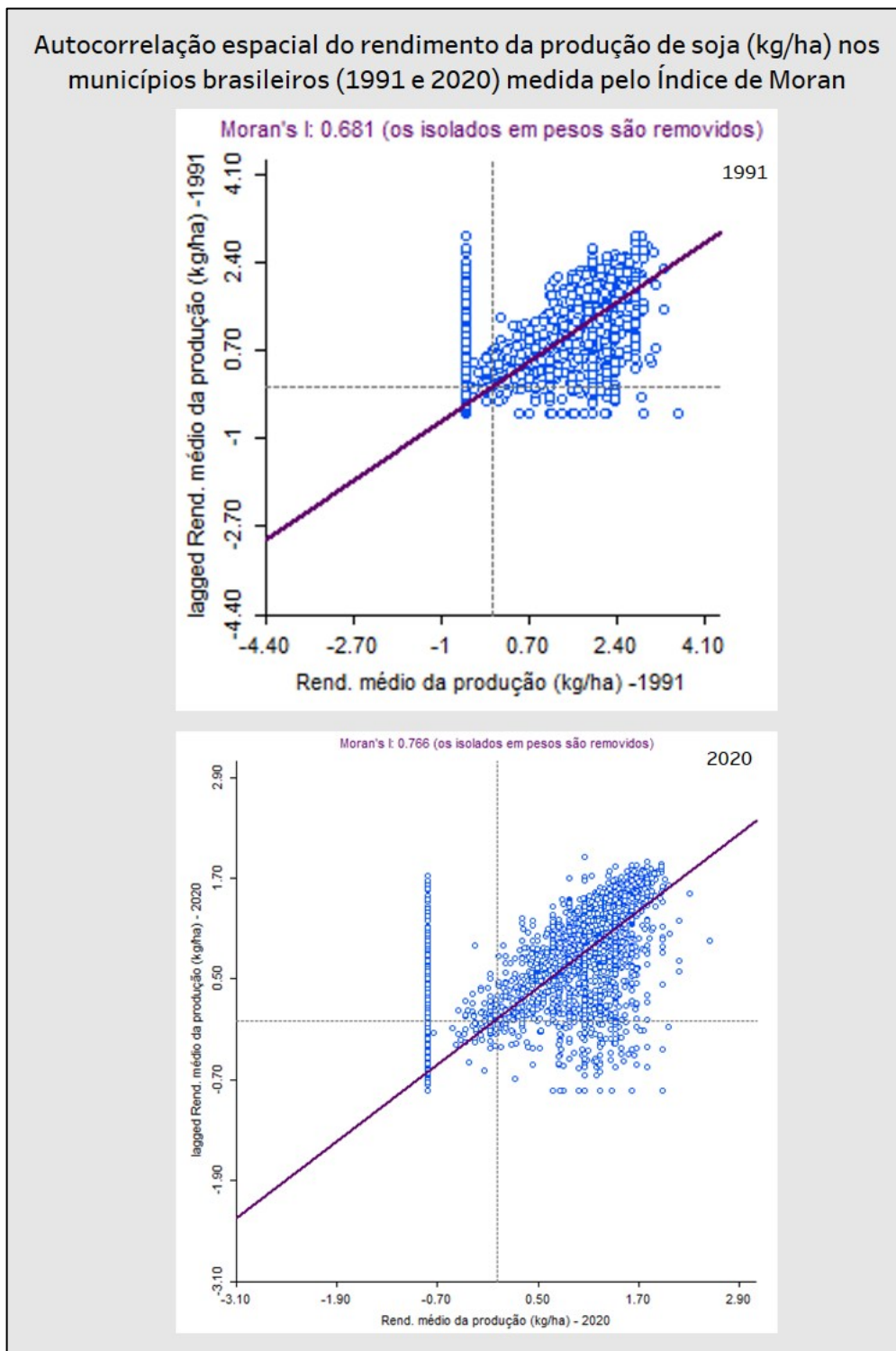
Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal (Elaboração dos autores).



3.6 AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL DO RENDIMENTO MÉDIO DA PRODUÇÃO DE SOJA POR MUNICÍPIOS (1991 E 2020)

Confirmando o que fora observado nos cartogramas (Figura 5), o Índice de Moran para o rendimento médio da produção de soja nos municípios brasileiros aponta autocorrelação positiva no rendimento. Tendo sido de 0,681 em 1991 e de 0,766 em 2020 (Figura 6).

Figura 6 - Autocorrelação espacial da do rendimento da produção de soja (kg/ha) nos municípios

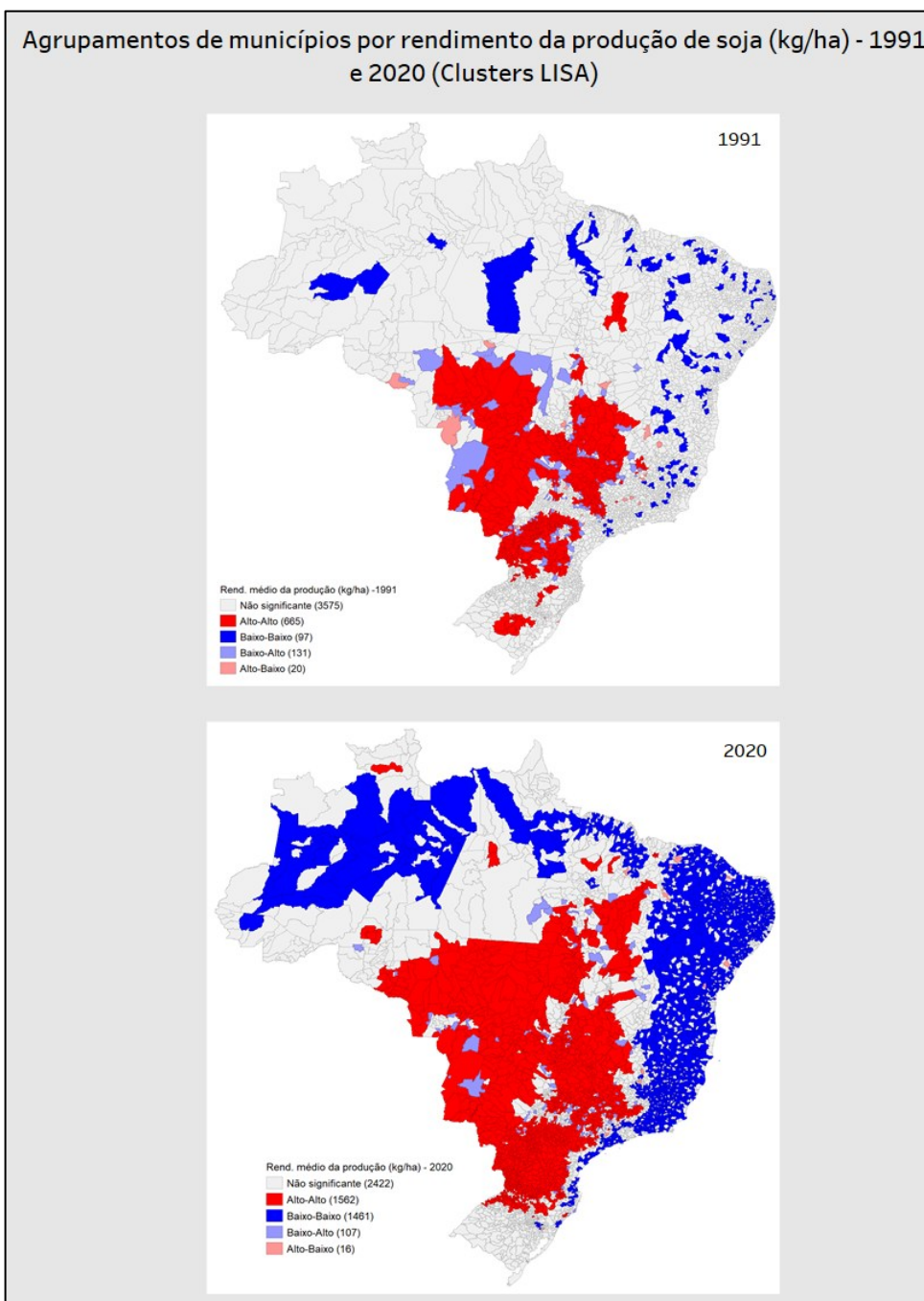


Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal (Elaboração dos autores).

3.7 INDICADORES LOCAIS DE ASSOCIAÇÃO ESPACIAL DO RENDIMENTO MÉDIO DA PRODUÇÃO DE SOJA POR MUNICÍPIOS (1991 E 2020)

Diferentemente da área plantada, o rendimento médio tende a apresentar mais municípios com resultados excepcionalmente baixos ou altos em comparação com seus vizinhos e, portanto, não constituem agrupamentos. De um total de 665 municípios que apresentavam alto rendimento e que estavam cercados por municípios com rendimento semelhante em 1991, passa-se para 1.562 municípios em 2020. Portanto, um crescimento de 134,9% para o agrupamento alto-alto no período (Figura 7).

Figura 7 – Agrupamentos de municípios por rendimento da produção



Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal (Elaboração dos autores).



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da dinâmica espaço-temporal da produção de soja no Brasil entre 1974 e 2020 revelou um processo de expansão acelerada da cultura, impulsionado pela lógica do agronegócio e pela demanda do mercado internacional. A pesquisa, conduzida sob uma perspectiva multiescalar, evidenciou as transformações socioespaciais decorrentes dessa expansão, destacando a complexa interação entre processos globais e dinâmicas locais, conforme proposto por Dirce Suertegaray (2001) em sua concepção de "espaço geográfico uno e múltiplo".

A análise em escala nacional demonstrou o crescimento exponencial da produção de soja, impulsionado por quatro ciclos distintos de expansão. A Região Centro-Oeste se consolidou como o principal polo produtor do país, impulsionada pelo avanço da fronteira agrícola sobre o Cerrado. A análise em nível microrregional revelou a formação de agrupamentos de produção, evidenciando a territorialização do capital e a criação de "territórios do agronegócio", caracterizados pela concentração de produtores com alto nível de capitalização, tecnologia e integração ao mercado global.

A pesquisa também evidenciou as contradições inerentes ao modelo de produção de soja hegemônico no Brasil. A expansão da fronteira agrícola tem gerado intensos conflitos socioambientais, com impactos significativos sobre os ecossistemas, as populações tradicionais e a agricultura familiar. A concentração da produção em determinadas regiões e a lógica do agronegócio contribuem para a reprodução de desigualdades socioespaciais, aprofundando as disparidades regionais e a exclusão social no campo.

Os resultados da pesquisa reforçam a importância de se repensar o modelo de desenvolvimento baseado na expansão descontrolada do agronegócio. É fundamental que as políticas públicas promovam um desenvolvimento mais justo, sustentável e socialmente referenciado, que valorize a conservação ambiental, a justiça social e a diversidade de formas de produção no campo.

Esta pesquisa, embora apresente uma contribuição para a compreensão da dinâmica espaço-temporal da produção de soja no Brasil, apresenta alguns limites. A análise se concentrou nos aspectos espaciais da produção, sem abordar em profundidade as questões sociais e ambientais relacionadas à cultura da soja. Futuros estudos poderiam investigar de forma mais detalhada os impactos da soja sobre as condições de trabalho no campo, a saúde das populações expostas aos defensivos agrícolas, a dinâmica dos conflitos por terra e as alternativas de produção mais sustentáveis, como a agroecologia.

A análise multiescalar poderia ser aprofundada, incorporando outras escalas de análise, como a local, para compreender as especificidades da produção de soja em diferentes contextos. A pesquisa também poderia ser ampliada para abranger outros aspectos da cadeia produtiva da soja, como o processamento, a comercialização e o consumo, o que permitiria uma compreensão mais completa dos impactos socioeconômicos e ambientais da cultura.

Os resultados desta pesquisa evidenciam a necessidade de se analisar a expansão da soja em diferentes escalas e contextos. O próximo artigo desta série se dedicará a investigar a inserção da soja no estado do Amapá, explorando as especificidades desse processo em uma região com grande importância socioambiental.



A continuidade das pesquisas sobre a produção de soja no Brasil é fundamental para subsidiar a formulação de políticas públicas mais eficazes e promover um desenvolvimento mais justo e sustentável.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Emeleocípio Botelho de (Org.). **A geopolítica da soja na Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/902551/a-geopolitica-da-soja-na-amazonia>. Acesso em: 22 maio 2019.

ANSELIN, Luc. Local Indicators of Spatial Association—LISA. **Geographical Analysis**, Columbus, v. 27, n. 2, p. 93–115, abr. 1995. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>. Acesso em: 11 maio 2024.

ANSELIN, Luc. The Moran scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association. In: FISCHER, M.; SCHOLTEN, H. J.; UNWIN, D. (org.). **Spatial Analytical Perspectives on GIS**. 1. ed. London: Routledge, 1996. p. 111–125. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781351415347>. Acesso em: 11 ago. 2024.

ANSELIN, Luc; SYABRI, Ibnu; KHO, Youngihn. GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis. **Geographical Analysis**, Columbus, v. 38, n. 1, p. 5–22, jan. 2006. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.0016-7363.2005.00671.x>. Acesso em: 26 out. 2023.

ARAÚJO, Mayara Lucyanne Santos De; SANO, Edson Eyji; BOLFE, Édson Luis; SANTOS, Jessflan Rafael Nascimento; DOS SANTOS, Juliana Sales; SILVA, Fabrício Brito. Spatiotemporal dynamics of soybean crop in the Matopiba region, Brazil (1990–2015). **Land Use Policy**, [S. l.], v. 80, p. 57–67, jan. 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026483771830588X>. Acesso em: 25 nov. 2023.

BACELAR, Manoel Osvanil Bezerra. **O agronegócio: a territorialização e a expansão das fronteiras do Capital no Amapá**. 2019. 249 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Goiânia, 2019.

BARONA, Elizabeth; RAMANKUTTY, Navin; HYMAN, Glenn; COOMES, Oliver T. The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, [online], v. 5, n. 2, p. 024002, abr. 2010. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/5/2/024002>. Acesso em: 8 ago. 2024.

BECKER, Bertha Koifmann. Amazônia: mudança climática, projetos globais e interesse nacional. **Parc. Estrat.**, Brasília-DF, v. 18, n. 36, p. 107–128, 2013. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/713/654.

BERNARDES, Julia Adão. EXPANSÃO DO AGRONEGÓCIO NA AMAZÔNIA: DINÂMICAS E CONTRADIÇÕES. **Revista Tamoios**, São Gonçalo, v. 18, n. 1, 7 jan. 2022. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/tamoios/article/view/63233>. Acesso em: 4 set. 2022.



BERNARDES, Julia Adão. Novas fronteiras do capital no Cerrado: dinâmica e contradições da expansão do agronegócio na região Centro-Oeste, Brasil. **Scripta Nova**, Barcelona, v. XIX, n. 507, 2015. Disponível em: <http://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/15112>. Acesso em: 17 maio 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria N°. 244 de 12 de novembro de 2015. Lista os municípios abrangidos pelo Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, v. 217, p. 8, 12 nov. 2015a. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/servlet/INPDFViewer?jornal=1&pagina=8&data=13/11/2015&captchafield=firstAccess>. Acesso em: 10 set. 2022.

BRASIL. Presidência da República. Decreto N° 8.477, de 6 de maio de 2015. Dispõe sobre o Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba e a criação de seu Comitê Gestor. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, v. 85, p. 2, 6 maio 2015b. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/servlet/INPDFViewer?jornal=1&pagina=2&data=07/05/2015&captchafield=firstAccess>. Acesso em: 10 set. 2022.

CASAGRANDE, Caio; WEIZENMANN, Felipe; MENEZES, Gabrielito. A convergência da produtividade agrícola nas microrregiões do Brasil: uma análise espacial para os anos de 2006 e 2017. *In*: ECONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL, 2022. Porto Alegre: ANPEC, 2022. Disponível em: https://www.anpec.org.br/sul/2022/submissao/files_I/i4-1485917883182b2dd11b440def345e0e.pdf.

CLIFF, Andrew David; ORD, John Keith. **Spatial autocorrelation**. London: Pion Limited, 1973.

CONSENSUS. Consensus: AI Search Engine for Research. 2024. Disponível em: <https://consensus.app/search/>. Acesso em: 6 jul. 2024.

DRUCK, Suzana; CARVALHO, Marília Sá; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (Org.). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: Embrapa, 2004. Disponível em: <https://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>.

FAO. Countries by commodity. 2024. **FAOSTAT**. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity_exports. Acesso em: 4 ago. 2024.

GALERANI, Paulo Roberto. Os caminhos de ocupação do território pela soja no Brasil e na Amazônia. *In*: ANDRADE, E. B. de (org.). **A geopolítica da soja na Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. p. 59–88. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/902551/a-geopolitica-da-soja-na-amazonia>. Acesso em: 22 maio 2019.

GAZZONI, Decio Luiz; DALL'AGNOLL, Amélio. **A saga da soja: de 1050 a.C. a 2050 d.C.** Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220999/1/ID-38839-Livro-Saga-da-Soja-versao-web.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2021.

GUIMARÃES, Luiz Sérgio Pires. Evolução do espaço rural brasileiro. *In*: FIGUEIREDO, A. H. de (org.). **Brasil: uma visão geográfica e ambiental no início do século XXI**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. p. 119–137. Disponível em:



<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=297884>. Acesso em: 16 mar. 2021.

HARZING, Anne-Wil. Publish or Perish. 6 fev. 2016. **Harzing.com**. Disponível em: <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>. Acesso em: 21 out. 2023.

IBGE. Atlas Nacional Digital do Brasil. 2024a. **Plataforma Geográfica Interativa**. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/atlas_nacional/#/home. Acesso em: 6 jul. 2024.

IBGE. Conceitos e métodos - Metadados. 2024b. Disponível em: <https://metadados.ibge.gov.br/consulta/estatisticos/operacoes-estatisticas/PA>. Acesso em: 6 jul. 2024.

IBGE. **Evolução da divisão territorial do Brasil: 1872-2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=284481>. Acesso em: 26 set. 2020.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola: prognóstico da produção agrícola para 1991 na região centro-sul e em Rondônia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/8/lspa_prog_1990_nov.pdf. Acesso em: 8 set. 2022.

IBGE. Produção agrícola municipal: lavouras temporárias. **Sidra: Sistema IBGE de Recuperação Automática**. tab. 1612. Rio de Janeiro: IBGE, [2023]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. 2023. **Banco de Tabelas Estatísticas**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pmc/brasil>. Acesso em: 21 out. 2023.

KOPCZEWSKA, Katarzyna; ELHORST, Paul. New developments in spatial econometric modelling. **Spatial Economic Analysis**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 1–7, 2 jan. 2024. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17421772.2023.2281173>. Acesso em: 18 fev. 2024.

LAZZAROTTO, Joelsio José; GARAGORRY, Fernando Luíz; HIRAKURI, Hiroshi. Dinâmica espacial da produção brasileira de soja no período de 1975 a 2003. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010., Campo Grande. **Tecnologias, desenvolvimento e integração social: anais [...]**. Campo Grande: SOBER, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30027/1/186.pdf>.

LIMA, Maria do Socorro Bezerra de. EXPANSÃO DA CADEIA DA SOJA NA AMAZÔNIA SETENTRIONAL: OS CASOS DE RORAIMA E AMAPÁ. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 38, n. 2, p. 79–93, 2020. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/42576>.

MARGARIT, Eduardo. O PROCESSO DE OCUPAÇÃO DO ESPAÇO AO LONGO DA BR-163: UMA LEITURA A PARTIR DO PLANEJAMENTO REGIONAL ESTRATÉGICO DA AMAZÔNIA DURANTE O GOVERNO MILITAR. **Geografia em Questão**, Marechal



Cândido Rondon, v. 6, n. 1, 11 mar. 2013. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/6634>. Acesso em: 8 out. 2023.

OLIVEIRA, Thiago José Arruda; RODRIGUES, Waldecy. UMA ANÁLISE ESPACIAL DA ESTRUTURA PRODUTIVA NO INTERIOR DO BRASIL: OS CLUSTERS DO AGRONEGÓCIO. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 50, n. 1, p. 153–170, 7 maio 2019. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/ren/article/view/891>. Acesso em: 8 ago. 2024.

RESEARCH RABBIT. Research Rabbit. 2022. **Research Rabbit**. [Revisão de Literatura]. Disponível em: <https://researchrabbitapp.com/home>. Acesso em: 10 out. 2022.

ROSSONI, Roger Alexandre; MORAES, Marcelo Lopes de. AGROPECUÁRIA E DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA: uma análise espacial entre 2007 e 2017. **Geografia em Questão**, DOI: 10.48075/geoq.v13i3.23536MAG ID: 3099944528S2ID: 99beb28a0f199f156bd374aa2d1f0d097b03db87, v. 13, n. 3, 2020.

RÜTTENAUER, Tobias. Spatial Data Analysis. arXiv:2402.09895 [econ], 15 fev. 2024. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2402.09895>. Acesso em: 18 fev. 2024.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4. edição, 9ª reimpr. São Paulo, SP: EDUSP, 2017(Coleção Milton Santos, 1).

SCISPACE. SciSpace. 2024. **typeset.io**. Disponível em: <https://typeset.io>.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Espaço geográfico uno e múltiplo. **Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, Barcelona, v. 5, n. 93, 15 jul. 2001. Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/sn-93.htm>. Acesso em: 26 jan. 2022.

TABLEAU. **Tableau Desktop**. [S. l.]: Tableau Software, 2024. Disponível em: <https://www.tableau.com/pt-br/products/desktop>.

WEB OF SCIENCE [V.5.35] - PRINCIPAL COLEÇÃO DO WEB OF SCIENCE RESULTADOS. 2021. Disponível em: http://apps-webofknowledge.ez7.periodicos.capes.gov.br/Search.do?product=WOS&SID=5E1jXoLLIHZjoHqJC5J&search_mode=GeneralSearch&prID=5a430e1e-356a-47ea-a2fd-da27c0c4ac12. Acesso em: 11 jan. 2021.