

---

# ESPACIALIZAÇÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA NA REGIÃO DO MATOPIBA (BRASIL)

*Spacialization of the sugarcane agroindustry in the Matopiba Region (Brazil)*

## **Douglas Vianna Bahiense**

Engenheiro agrônomo e Mestre em Produção Vegetal. Doutorando em Desenvolvimento Regional e Agronegócio na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Rua da Faculdade, 645 – Câmpus Universitário de Toledo, Paraná, Brasil. douglas.bahiense@yahoo.com.br

## **Lara Brunelle Almeida Freitas**

Graduada e Mestre em Turismo. Doutoranda em Desenvolvimento Regional e Agronegócio na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Rua da Faculdade, 645 – Câmpus Universitário de Toledo, Paraná, Brasil. brunellyalmeida@live.com

## **Osmar Faustino de Oliveira**

Economista. Mestre em Desenvolvimento Urbano. Doutorando em Desenvolvimento Regional e Agronegócio na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Rua da Faculdade, 645 – Câmpus Universitário de Toledo, Paraná, Brasil. osmarfaustino@yahoo.com.br

## **William Silvano de Camargo**

Assistente social e Mestre em Serviço Social. Doutorando em Desenvolvimento Regional e Agronegócio na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Rua da Faculdade, 645 – Câmpus Universitário de Toledo, Paraná, Brasil. wscamar@gmail.com

## **Pery Francisco Assis Shikida**

Economista. Doutor em Economia Aplicada pela Esalq/USP. Professor associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Rua da Faculdade, 645 – Câmpus Universitário de Toledo, Paraná, Brasil. peryshikida@hotmail.com

---

**Resumo:** Este estudo objetivou identificar e analisar a evolução das aglomerações produtivas da agroindústria canavieira na região do Matopiba (Brasil) nos anos 2010, 2015 e 2019. Para tanto, realizou-se o cálculo do índice de autocorrelação espacial de Moran, cuja assimilação da presença de padrões espaciais foi realizada a partir de um Indicador Local de Autocorrelação Espacial (Lisa). Os resultados demonstraram convergência da produtividade agrícola, tendo ocorrido uma maior participação dos municípios em 2010, decrescendo em 2015 e 2019. Concluiu-se que existe uma estrutura produtiva canavieira concentrada, sobretudo no estado do Tocantins, mas heterogênea na distribuição espacial e no crescimento do Produto Interno Bruto municipal *per capita* na região do Matopiba.

**Palavras-chave:** Aglomeração Produtiva; Cana-de-açúcar; Econometria Espacial; Autocorrelação Espacial.

**Abstract:** This study aimed to identify and analyze the evolution of the productive agglomerations of the sugarcane agroindustry in the Matopiba (Brazil) Region in 2010, 2015 and 2019. For this purpose, Moran's spatial autocorrelation index was calculated, whose assimilation of the presence of spatial patterns was performed using a Local Spatial Autocorrelation Indicator (Lisa). The results demonstrated convergence of agricultural productivity, with a greater participation of municipalities in 2010, and decreasing in 2015 and 2019. It is concluded that there is a sugarcane productive structure concentrated, especially in the State of Tocantins, but heterogeneous in the spatial distribution and in the growth of the municipal Gross Domestic Product per capita in the Matopiba Region.

**Keywords:** Productive Agglomeration; Sugarcane; Spatial Econometrics; Spatial Autocorrelation.

# 1 INTRODUÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O agronegócio brasileiro é estratégico para o crescimento econômico do país, sobretudo para o equilíbrio da balança comercial, uma vez que apresenta frequentes saldos positivos. Além da dinâmica de exportações e de geração de divisas, a sua relevância prioriza a crescente produção de alimentos voltada, também, para a segurança alimentar nacional. Esse contexto deriva da elevada competitividade desse segmento (CONCEIÇÃO; CONCEIÇÃO, 2014; VIEIRA FILHO; GASQUES, 2020). Todavia, generalizar tal contexto de pujança não é adequado, sendo imprescindível ponderar o posicionamento dos produtos de acordo com suas performances (SANTOS, et al., 2016).

Dentre as culturas agrícolas mais destacadas no agronegócio brasileiro está a cana-de-açúcar. Conforme o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – Cepea (2017), o Produto Interno Bruto (PIB) da cadeia produtiva da cana (agrega os segmentos de insumos, as atividades primárias, a indústria e os serviços) foi de R\$ 156 bilhões, considerado um dos maiores PIBs do setor, perdendo apenas para a bovinocultura de corte.

Dados levantados pela Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2020) estimam, para a safra 2020/2021, a produção brasileira total de cana-de-açúcar em 665.105.000 toneladas, ou seja, um aumento de 3,5% em relação à safra anterior. No contexto brasileiro, a Região Centro-Sul prevê 610.655.200 toneladas e detém hegemonia de 92,4% dessa produção, isso devido às poucas chuvas, que favoreceram a colheita, e ao seu relevo, que facilitou a mecanização, correspondendo a um aumento percentual significativo de 3,5% em relação à última safra. Já na Região Norte-Nordeste se prevê a produção colhida de 54.449.800 toneladas da produção total na mesma safra, o que corresponde a 7,6% da produção total brasileira, isso devido ao seu relevo mais acidentado e maior disponibilidade de mão de obra, que favorecem o sistema manual e a baixa mecanização da colheita (CONAB, 2020).

As condições fitotécnicas e os investimentos em tecnificação realizados pela articulação das unidades processadoras (usinas), dos institutos e dos centros de pesquisa também influenciam diretamente no resultado tonelada/safra e justificam a maior concentração da Região Centro-Sul. Ressalta-se que cada região contém o próprio arranjo produtivo canavieiro e, assim sendo, Braga Junior et al. (2021) apontam que na Região Centro-Sul, para a safra 2018/2019, as três principais variedades plantadas da cultura da cana-de-açúcar foram a RB867515, a RB966928 e a CTC4, cujas colheitas ocorreram entre julho e setembro e corresponderam, respectivamente, à proporção da área cultivada em 21,0%; 13,9%; e 10,0%. Já na Região Norte-Nordeste foram a RB867515 e a RB92579, cujas proporcionalidades das áreas cultivadas estão fixadas, respectivamente, em 34,6% e 15,6% para cada variedade.

Quanto às devidas especificidades: a RB867515 apresenta desenvolvimento acelerado em solos arenosos e áreas de fertilidade média natural, hábito de crescimento médio, tamanho do diâmetro do colmo médio, elevado teor de sacarose e dos brotos, além de se desenvolver abundantemente em solos arenosos; a RB966928 se desenvolve em locais de médio a alto potencial de fertilidade, alta germinação nas gemas e nas brotações das soqueiras, elevado perfilhamento da planta e no fechamento das entrelinhas, maturidade mediana, taxa de sacarose considerada média e costuma ser resistente às doenças; e a RB92579 tem o desenvolvimento da planta mais lento, colmo de aspecto manchado e de tamanho médio, despalha mais resistente, alta produtividade e de sacarose. O plantio ocorre em áreas de tabuleiros, encostas e várzeas e em áreas mais secas (DAROS; OLIVEIRA; BARBOSA, 2015). A CTC4, variedade originária do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), tem o perfilhamento da cultura elevado, propagação intensa das gemas no campo, alto rendimento produtivo nos colmos e maior capacidade da colheita mecanizada (CTC, 2018).

Logo, Carvalho e Sugano (2014) destacam a importância do trabalho desenvolvido nas parcerias público-privadas envolvendo usinas e centros de pesquisa nos processos de inovação científica, fundamentais para a manutenção da atividade canavieira após a desregulamentação setorial, uma vez que as usinas, mormente, as mais adaptadas e com maior produtividade, passaram a financiar

os custos dos projetos tecnológicos. Os autores destacaram os trabalhos de pesquisa institucionais do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e da Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (Ridesa), em que o modo diferencial de organização dessas instituições consistiu no trabalho integrado com centros de experimentação distribuídos em todo o território brasileiro, cuja finalidade permeia o desenvolvimento de pesquisas voltadas à aceleração e ao melhoramento genético da cultura de cana-de-açúcar, bem como ao lançamento de variedades RB.

Nesse contexto de desregulamentação, várias unidades de moagem/usinas, sobretudo na Região Centro-Sul, buscaram diversificar a sua produção (entre açúcar, etanol e/ou cogeração de energia elétrica). O Estado, por sua vez, buscava reduzir sua dependência de petróleo, melhorando as economias rurais e contribuindo para a redução da emissão de gases de efeito estufa. Já a indústria automotiva e os setores de máquinas e implementos agroindustriais visam aumentar suas vendas. Essa convergência ocorre mediante incentivos, por vezes compensados com políticas setoriais que, ao incorporarem tecnologia e explorarem economias de escala, vêm se tornando um vetor industrial com elevada relação entre capital e trabalho (SANTOS, et al., 2016).

Destarte, em termos de evolução, no último quartel do século XX e no início do século XXI, o cultivo da cana-de-açúcar avançou sobremaneira na Região Centro-Sul devido aos atrativos, como a logística de escoamento, as condições edafoclimáticas e as parcerias público-privadas, que contribuem para sua produtividade. Esse avanço também esteve atrelado ao novo ímpeto que o *flex-fuel* (carros que possibilitam o uso da gasolina e/ou de etanol, a critério do proprietário/condutor) deu ao setor, alavancando a produção canavieira a partir de 2003 (MEURER, 2014).

Essa expansão provocou praticamente o esgotamento da fronteira agrícola em Estados Sulistas, ocasionando a demanda por novos espaços, surgindo assim o Matopiba. Trata-se de uma fronteira agrícola brasileira recente que vem sendo incorporada à produção, cujo território compreende parcela dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (por isso suas iniciais compõem essa palavra) (BOLFE et al., 2016). O Matopiba foi alvo do avanço das agroindústrias canavieiras, devido às condições edafoclimáticas favoráveis e por apresentar baixo custo de aquisição de terras comparativamente às regiões tradicionais (PITTA; VEGA, 2017). Como parte integrante do setor sucroenergético [“que envolve a produção canavieira que avança para além da fabricação de açúcar e álcool, incorporando a geração de energia elétrica” (INÁCIO, 2014, p. 22)], mesmo que incipiente, o Matopiba também acompanha as vicissitudes dessa atividade produtiva.

Entretanto, a lógica de mercado nos preços das *commodities* agrícolas é conduzida por ativos financeiros, como preços relativos, impostos e tributos, valores das *commodities*, dentre outros, gerando bolhas especulativas, que retraem ou expandem a depender das flutuações econômicas, do controle da inflação, da infraestrutura de produção e de comercialização. Por conseguinte, nos derivados da cana-de-açúcar (açúcar e etanol), as atividades especulativas e os ativos financeiros são diversificados e podem influenciar na produtividade total dos fatores, na demanda por biocombustíveis, no mercado de terras agrícolas (fator de produção e reserva de valor) e na expansão do cultivo de cana-de-açúcar (QUEIROZ; FERREIRA; PAULA, 2018).

Nesse sentido, devido à crise financeira mundial de 2008, iniciou-se um processo inflacionário de baixa capitalização e rentabilidade, evidenciando a concentração da terra e seu aumento no preço, deslocando os lucros em função da produção e da capitalização, o que ocasionou a ocupação de novas áreas a um custo mais baixo e precificado, a exemplo do Matopiba. Nessa região, a incorporação de novas terras elevou a renda capitalizada, propiciando uma maior produtividade, especialmente entre 2000 e 2014, período em que a área plantada de cana-de-açúcar aumentou 379% (PITTA; VEGA, 2017).

Não obstante, recentemente, a agroindústria canavieira vem experimentando uma crise sem precedentes. Silva (2019) aponta que, entre 2008 e 2015, 96 unidades produtoras do setor sucroenergético no Brasil encerraram suas atividades. Conforme informações da RPA Consultoria (NO-VACANA, 2019), em 2019, de um total de 444 agroindústrias canavieiras regulares localizadas no

Brasil, 18% estavam em processo de recuperação judicial, com 6% já tendo declarado insolvência. Isto é, quase um quarto das unidades ou se encontravam em reorganização econômica para impedir sua falência ou encerraram suas atividades. No Matopiba estão instaladas seis usinas processadoras de cana-de-açúcar, sendo cinco no Maranhão e uma no Tocantins (NOVACANA, 2021). Para Clein (2021), as razões de falência de usinas/destilarias estão associadas às crises macroeconômicas (a crise financeira internacional de 2008 e a prática de contenção dos preços de combustíveis fósseis, realizada pelo governo Dilma, onerando o etanol) e aos aspectos microeconômicos, isto é, gestões desacertadas por parte dessas agroindústrias.

Queiroz et al. (2019) destacam que o setor sucroenergético pode ser considerado um importante arranjo socioprodutivo, cuja lógica de expansão e consolidação de territórios dependerá da configuração espacial da produção agrícola e do nível de articulação e de organização dos seus agentes. Logo, mediante a relevante entrada da cana-de-açúcar no PIB agrícola e a caracterização do Matopiba como região de fronteira agrícola recente que demanda estudos para analisar as aglomerações produtivas dessa cultura na região, a questão problema que norteia esta pesquisa é: quais são as características das aglomerações produtivas na agroindústria canavieira no Matopiba? Nessa perspectiva, este estudo objetiva identificar e analisar as aglomerações produtivas na agroindústria canavieira no Matopiba nos anos 2010, 2015 e 2019, por meio do cálculo do índice de autocorrelação espacial de Moran. A presença de padrões espaciais será feita a partir de um Indicador Local de Autocorrelação Espacial (Lisa).

Para apresentar os resultados da investigação proposta, este artigo está estruturado em quatro seções. A primeira seção é composta desta introdução e formulação do problema. A segunda seção apresenta os procedimentos metodológicos, enquanto na terceira seção são expostos os resultados e as discussões. Na quarta seção se encontram as considerações finais.<sup>1</sup>

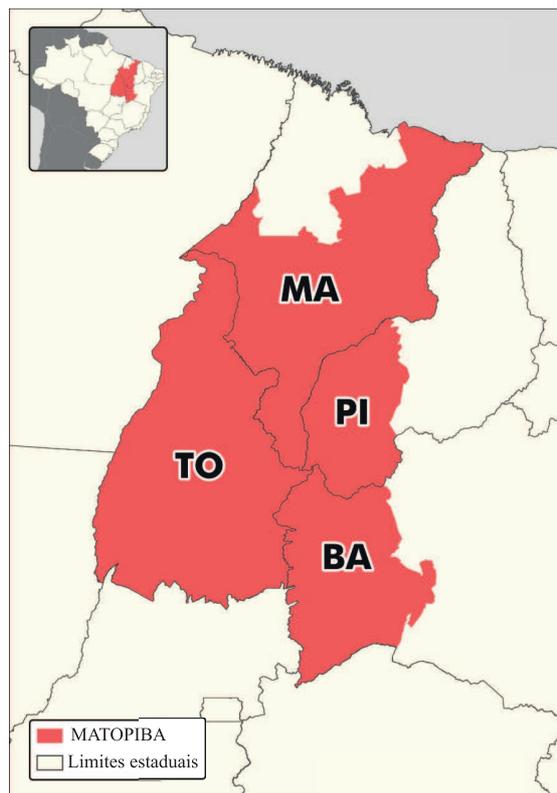
## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo desta pesquisa compreende quatros estados brasileiros reconhecidos pelo Matopiba (Figura 1) – Maranhão (MA), Tocantins (TO), Piauí (PI) e Bahia (BA) –, segundo a Portaria n. 244 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Essa delimitação geográfica abrange 337 municípios: 139 em Tocantins; 135 no Maranhão; 33 no Piauí; e 30 municípios na Bahia (BRASIL, 2015). Cabe destacar que, de acordo com a estimativa do Censo Agropecuário de 2017, os estabelecimentos com mais de 500 ha se concentram no sudoeste e oeste da Bahia, sul do Maranhão e sul do Tocantins, cujo cultivo da cana-de-açúcar ocorre em larga escala (IBGE, 2017).

<sup>1</sup> Este artigo prescinde uma revisão de literatura sobre a agroindústria canavieira no Brasil, concentrando-se nos procedimentos metodológicos e nos resultados e discussões. Para uma leitura criteriosa sobre essa literatura, consultar, dentre outros, os seguintes autores: Szmrecsányi (1979), Ramos (1999), Vian e Belik (2003), Moraes (2007), Chagas (2009), Neves e Conejero (2010), Shikida (2014), Rissardi Júnior (2015), Rodrigues (2015) e Clein (2021).

Figura 1 – Região do Matopiba



Fonte: adaptado pelos autores a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2015).

Conforme asseveram Bolfe et al. (2016), essa região se concretizou de fato como uma nova fronteira agrícola brasileira no século XXI. As principais culturas agrícolas que se destacam, no quesito de produtividade, são a soja e o milho. Esse processo produtivo do Matopiba foi favorecido em razão da implantação dessas culturas (consideradas *commodities* agrícolas, importantes também no contexto nacional) em áreas advindas do desmatamento, pastagens naturais sob conversão e dos trabalhos mecanizados para suprir a atividade em larga escala.<sup>2</sup>

## 2.2 Autocorrelação espacial de Moran e Indicador Local de Análise Espacial (Lisa)

As análises do índice de autocorrelação espacial de Moran e do Indicador Local de Análise Espacial (Lisa) detectam a influência espacial da produtividade da cana-de-açúcar dos municípios em relação aos vizinhos. Anselin (2010) define o índice global univariado de autocorrelação espacial, ou de Moran, pela seguinte equação:

$$I = \frac{n}{\sum \sum W_{rs}} \frac{\sum \sum W_{rs} (Y_r - Y_m)(Y_s - Y_m)}{\sum (Y_r - Y_m)^2} \quad (1)$$

Em que  $n$  é o número de municípios a serem levados em consideração;  $Y_r$  é a produtividade agrícola de cana-de-açúcar nos municípios do Matopiba, em toneladas por hectare;  $Y_m$  é a média dessa variável;  $W_{rs}$  são os pesos da matriz espacial para cada elemento  $r$  e  $s$  da matriz de

2 Para uma revisão de literatura sobre o Matopiba, ver, dentre outros, os seguintes autores: Oliveira (2012) e Oliveira (2019).

vizinhança. A autocorrelação espacial varia entre -1 (representando uma relação inversamente proporcional entre os municípios com diferentes níveis de produtividade e seus vizinhos) e 1 (representando uma relação diretamente proporcional) (ANSELIN, 2010).

A autocorrelação espacial (*I* Global de Moran) é uma estatística inferencial, o que significa que os resultados da análise são sempre interpretados dentro do contexto de sua hipótese nula. Conforme procedimento estatístico, a hipótese nula afirma que o atributo (produtividade da cana-de-açúcar) é distribuído aleatoriamente entre os recursos em sua área de estudo (Matopiba). Dito de outra forma, os processos espaciais que promovem o padrão de valores observados são ao acaso.

Sendo possível tomar os valores da produtividade e distribuí-los aleatoriamente, atribuindo cada valor a uma unidade territorial, isso seria um exemplo de um processo espacial aleatório. Quando o valor *p* retornado pelo *I* de Moran é estatisticamente significativo, torna-se possível rejeitar a hipótese nula de que a distribuição da produtividade se dá aleatoriamente.

Sobre os Indicadores Locais de Associação Espacial (Lisa), a estatística mostra a decomposição do índice global de Moran calculado para cada município. As estatísticas Lisa têm dois propósitos: podem ser interpretadas como indicadores de aglomerações locais, de não estacionariedade ou pontos quentes; e podem ser usadas para avaliar a influência dos municípios na magnitude da estatística global.

O Lisa é baseado nos valores pontuais de cada município quanto à autocorrelação espacial. O objetivo é verificar a existência de aglomerações produtivas significativas no território a ser analisado. Considerando a produtividade da cana-de-açúcar, utilizando o indicador de Moran, há a possibilidade de se encontrar as seguintes situações:

- i. municípios com alto nível de produtividade cujos vizinhos também têm alto nível de produtividade: *high-high*;
- ii. municípios com baixo nível de produtividade que têm vizinhos com baixo nível de produtividade: *low-low*;
- iii. municípios em que não houve significância observada, ou seja, o valor foi maior que 0,05: *missing* (ALVES; SILVEIRA NETO, 2011).

A principal fonte para execução metodológica é a base de dados eletrônica do IBGE (2021), a partir do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), em que se considerou dados da área colhida e produção em toneladas de cana-de-açúcar por hectare na região do Matopiba.

### 2.3 Estimando externalidades ligadas ao crescimento da produtividade da cana-de-açúcar

A presente subseção busca elaborar uma abordagem econométrica, estimando efeitos de economias externas à produtividade de cana-de-açúcar nos municípios da fronteira agrícola do Matopiba. Para isso, será utilizado o modelo de regressão linear múltipla em seu formato clássico, qual seja, o método de mínimos quadrados generalizados (GREENE, 2003):

$$Y = \beta X_i + \epsilon_i \quad (2)$$

Em que *Y* representa o crescimento da produtividade agrícola de cana-de-açúcar por hectare, representa o vetor de coeficientes lineares e o vetor de variáveis explicativas, enquanto o vetor de erros é representado por  $\epsilon_i$  (GREENE, 2003).

Dada a grande variedade de determinantes microeconômicos da eficiência produtiva em setores agrícolas, a pretensão do presente estudo se concentra em verificar fatores relacionados ao ambiente produtivo em que se insere a cana-de-açúcar, o que tem impactos diretos sobre as variáveis microeconômicas (ALMEIDA; PEROBELLI; FERREIRA, 2008).

As variáveis analisadas constam no Quadro 1 e foram extraídas dos bancos de dados eletrônicos do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (IBGE, 2021) e do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (ATLASBR, 2021), divulgado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

Quadro 1 – Variáveis e fontes utilizadas na estimação da regressão a partir de mínimos quadrados generalizados (MQG)

Variável	Sigla	Fonte
Crescimento quantitativo da produtividade da cana-de-açúcar: 2010-2019	CPCA	Produção Agrícola Municipal – IBGE
Produtividade agrícola de cana-de-açúcar (t/ha)	PROD	Produção Agrícola Municipal – IBGE
Crescimento do Produto Interno Bruto municipal <i>per capita</i> : 2010-2018	CPIB	Produto Interno Bruto Municipal <i>per capita</i> – IBGE
Porcentagem de pessoas ocupadas com Ensino Fundamental completo: 2010	EDUC	Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil – AtlasBR
Porcentagem do território com cobertura vegetal preservada: 2017	CBVE	Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil – AtlasBR
Focos de calor	FCCL	Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil – AtlasBR

Fonte: elaboração própria (2021).

Sobre as variáveis mencionadas, foram considerados no SIDRA: a produtividade agrícola da cana-de-açúcar (PROD) oriunda da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM); o crescimento quantitativo da produtividade da cana-de-açúcar (CPCA) por meio da área colhida, da produção em toneladas por hectare (t/ha) e do rendimento médio; e o crescimento do Produto Interno Bruto Municipal *per capita* (CPIB), em que o deflator implícito de seus respectivos estados foi obtido a partir das Contas Regionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

No AtlasBR, ponderou-se: a porcentagem de pessoas ocupadas com ensino Fundamental Completo (EDUC), uma vez que, quanto mais qualificada for a mão de obra disponível, maior poderá ser o uso potencial de técnicas e equipamentos que ampliam a produtividade; a porcentagem do território com cobertura vegetal preservada (CBVE), que demonstra a capacidade de produção em área cultivável e de redução da utilização de recursos não renováveis, prevenindo a destruição de biomas; e a concentração de focos de calor (FCCL), que mensura as emissões de carbono acumulados na atmosfera, a deterioração do solo e a quantidade de incêndios, isto é, o *proxy* de queimadas.

Os anos analisados foram 2010, 2015 e 2019 em função da disponibilidade das variáveis descritas no Quadro 1. Os dados foram organizados e tabulados em planilha eletrônica no Excel versão 2010, equacionados e mapeados no *software* RStudio, cuja linguagem de programação estatística estimou o *I* de Moran, o Lisa e a regressão utilizada no método de mínimos quadrados generalizados (MQG).

Para as análises e discussões dos resultados, destaca-se que um sinal positivo advindo da estimação econométrica será um indicativo da existência de retornos crescentes nos municípios com alta produtividade em relação aos demais, mantendo disparidades espaciais importantes. Um sinal negativo, por sua vez, indicará convergência dos padrões de produtividade entre municípios (ALMEIDA; PEROBELLI; FERREIRA, 2008).

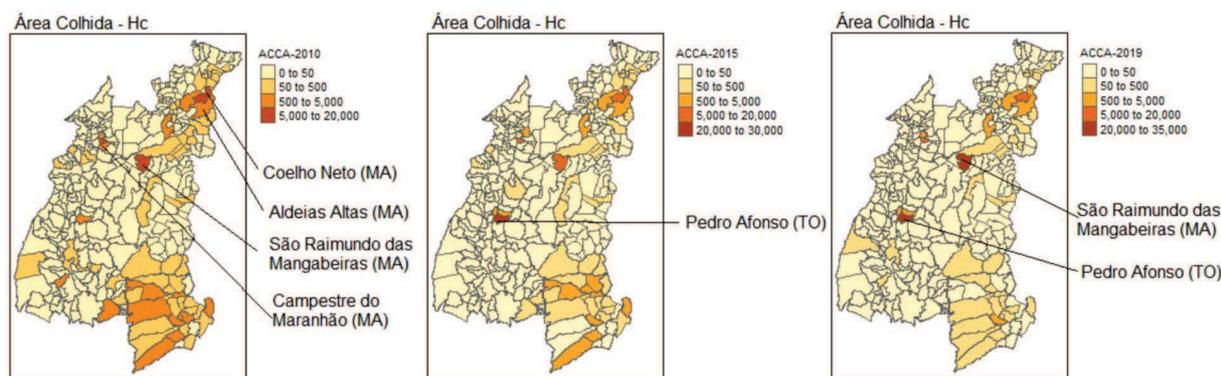
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente seção busca mostrar os resultados da análise das variáveis apresentadas no Quadro 1, conforme os métodos estatísticos: cálculo do *I* de Moran, cálculo dos indicadores locais de análise espacial (Lisa) e regressão a partir de mínimos quadrados generalizados.

### 3.1 Análise espacial da produtividade da cana-de-açúcar por hectare colhido nos municípios do Matopiba

Observam-se, na Figura 2, as áreas colhidas da cana-de-açúcar nos anos 2010<sup>3</sup>, 2015 e 2019 no Matopiba. O ano com a área colhida mais abundante foi de 2015, caracterizado por 98.264 hectares; todavia, em 2019, a área colhida exibiu uma queda de 8,4% do seu espaço fundiário em relação ao período anterior, com 90.030 hectares.

Figura 2 – Área colhida de cana-de-açúcar no Matopiba, em hectares, nos anos 2010, 2015 e 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados da Pesquisa de Produção Agrícola Municipal/SIDRA/IBGE (2021).

O município com maior área colhida em 2010 foi São Raimundo das Mangabeiras (MA), com 20.000 hectares. No entanto, essa cidade não manteve seu destaque, sendo superada por Pedro Afonso (TO), em 2015, com 29.000 hectares colhidos nos canaviais. Em 2019, esse município não só manteve seu protagonismo como ampliou o plantio da cana-de-açúcar, comparado ao ano de 2015, com 35.000 hectares, ainda seguido pelas cidades de São Raimundo das Mangabeiras (MA), com 20.010 hectares; Aldeias Altas (MA), com 7.066 hectares; e Campestre do Maranhão (MA), com 5.225 hectares.

Os municípios maranhenses de São Raimundo das Mangabeiras, Coelho Neto e Campestre do Maranhão perderam a sua hegemonia na área colhida. Já a cidade de Aldeias Altas (MA), de 2010 para 2015, obteve crescimento na área colhida e, mesmo com a queda no ano de 2019, ainda apresenta relevante representatividade. Ressalta-se que, desde 2015, o município de Pedro Afonso (TO) vem ganhando espaço nas áreas produtivas. De modo geral, sob os anos de 2010 a 2019 (incluindo 2015, ou seja, o cálculo para três anos), a taxa de crescimento anual média da área colhida na região do Matopiba foi de 12,8%. Ademais, percebe-se que a área colhida de 2010, 2015 e 2019 está sendo predominante no Maranhão e Tocantins.

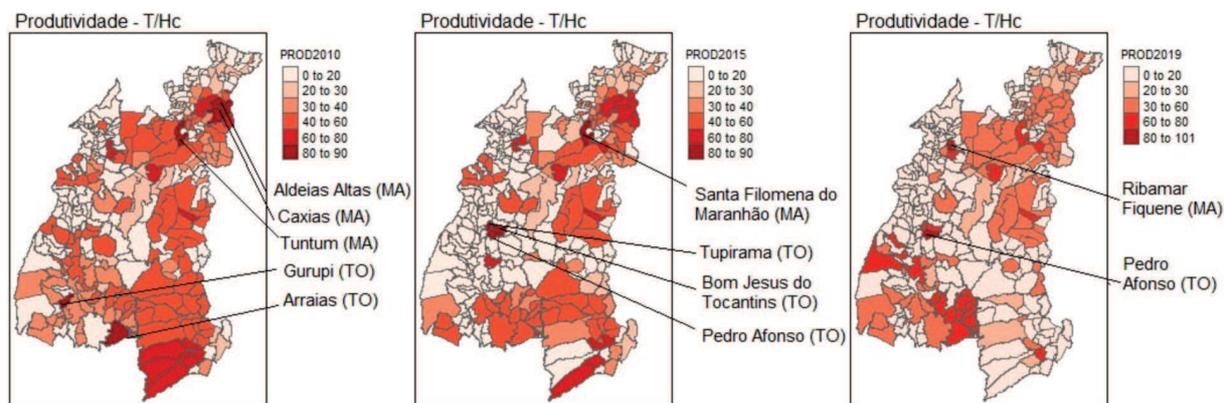
Quanto à produtividade da cana-de-açúcar em toneladas por hectare (t/ha) na região do Matopiba, conforme demonstra a Figura 3, observa-se um aumento proporcional dos municípios da região com produtividade ínfima (0 a 20 t/ha), variando de 158, em 2010, a 203 municípios em 2019. Com relação ao desempenho produtivo mais elevado, respectivamente de 2010, 2015 e 2019, constatou-se que 83, 67 e 55 municípios produziram sob variação média de 40 a 60 t/ha da cana-de-açúcar. Considerando os aspectos produtivos diferenciados da cultura, sobretudo no ano de 2019, as cidades de Ribamar Fiquene (MA), Campestre do Maranhão (MA), Pedro Afonso (TO) e Tupirama (TO) obtiveram o melhor aproveitamento sob variação de 80 a 100 t/ha.

Conforme corroborado por Oliveira, Rocha e Martins (2014), cabe destacar que as condições climáticas no desenvolvimento da cultura no estado do Tocantins são favoráveis, com temperatura

3 Em 2010, a área colhida de cana-de-açúcar na região foi de 70.722 hectares.

média anual entre 25 e 26°C. Outrossim, a localização das bacias hidrográficas dos rios Araguaia e Tocantins também beneficiam a demanda da produção irrigada.

Figura 3 – Produtividade de cana-de-açúcar em toneladas por hectare no Matopiba nos anos de 2010, 2015 e 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados da Pesquisa de Produção Agrícola Municipal/SIDRA/IBGE (2021).

De forma semelhante à área colhida no Matopiba, no ano de 2010, o município de São Raimundo das Mangabeiras (MA) também se destacou como maior produtor de cana-de-açúcar da região, com 1.200.000 toneladas produzidas, seguido de Aldeias Altas (MA), com 536.180 toneladas. No período que decorreu até 2015, o município maranhense perdeu o posto de liderança para Pedro Afonso (TO), que produziu 2.320.000 toneladas, contra 1.220.590 produzidas em São Raimundo das Mangabeiras (MA). Em 2019, a relevância produtiva dos municípios se manteve, respectivamente, em 2.800.000 e 1.360.820 toneladas. Ou seja, Pedro Afonso (TO) saiu de uma produção de apenas 50.000 toneladas de cana colhida em 2010, para se tornar o maior produtor canavieiro do Matopiba.

Logo, os municípios de Pedro Afonso (TO) e São Raimundo das Mangabeiras (MA) mantêm bom nível de produtividade da cana-de-açúcar (de 80 a 100 t/ha), apesar da tendência de contração da produção regional verificada entre 2015 (6.628.822 toneladas) e 2019 (6.089.273 toneladas). Considerando os três anos analisados (2010, 2015 e 2019), a taxa de crescimento anual média da produção canavieira no Matopiba foi de 17,6%.

A análise empreendida assinala o surgimento de novas áreas estabelecidas em razão do avanço da fronteira agrícola na região, com exemplos nos estados do Tocantins e do Maranhão, em que há oportunidades para a aquisição de lotes de terras mais baratas. Dessa forma, o aumento da área plantada se deu em função de um mercado promissor para a cadeia produtiva da cana-de-açúcar (PITTA; VEGA, 2017).

Outro fator que contribuiu para o desenvolvimento produtivo da cana-de-açúcar é o incentivo da territorialização do agronegócio promovido pelo capital estrangeiro de algumas empresas transnacionais. Esses conglomerados já se inseriram em São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, estando em franca expansão e com monitoramento constante das áreas da região do Matopiba (PEREIRA, 2017). Embora outras cadeias produtivas relevantes (arroz, algodão, feijão, mandioca, milho e soja) existam na região, observa-se que a infraestrutura logística é ainda deficitária, sobretudo nos escoamentos das matérias-primas, fato que compromete sua potencialidade (BUAINAIN; GARCIA; VIEIRA FILHO, 2017).

Por outro lado, decorreram alguns problemas de ordem fitotécnica, identificados em estados específicos, que possivelmente dificultariam o ciclo de desenvolvimento da planta e trariam diminuição da produtividade. No Maranhão e Piauí, Silva et al. (2014) identificaram em algumas áreas

produtivas a incidência da doença denominada carvão da cana-de-açúcar, *Sporisorium scitaminae* (sin.: *Ustilago scitaminae*). Já Silva et al. (2020) detectaram a presença da praga agrícola conhecida popularmente como cigarrinha (*Mahanarva spp.*) nos canaviais.

Os principais municípios (Figura 3) aptos para o cultivo estão integrados ao zoneamento agrícola de risco climático da cana-de-açúcar, que evidencia plantios propícios aos tipos de solos, especificamente de textura argilosa<sup>4</sup> nas estações primavera-verão-outono, entre os meses de novembro e maio. Isso, para o melhor desenvolvimento fenológico da planta e risco mínimo de semeadura, com base no parâmetro de risco que constitui o Índice de Satisfação das Necessidades de Água (Isna) a 20% (BRASIL, 2018a; BRASIL, 2018b; BRASIL, 2018c; BRASIL, 2018d)<sup>5</sup>.

Considerando a autocorrelação global de Moran para a produtividade de área colhida de cana-de-açúcar por hectares nos municípios do Matopiba, conforme dados apresentados na Tabela 1, há uma correlação espacial estatisticamente significativa entre a produtividade dos municípios. Isto é, a escolha locacional para o desenvolvimento das áreas agrícolas se torna importante, pois um município com canaviais de alta produtividade possui fatores em comum que influenciam positivamente nas adjacências (BAUERMANN; FERRERA DE LIMA, 2021).

Tabela 1 – Autocorrelação global de Moran para a produtividade agrícola e área colhida de cana-de-açúcar por hectares – municípios do Matopiba

Ano	Estatística I de Moran	Desvio-padrão	P-valor
2010	0,39	11,45	< 2,2e-16
2015	0,36	10,73	< 2,2e-16
2019	0,33	9,78	< 2,2e-16

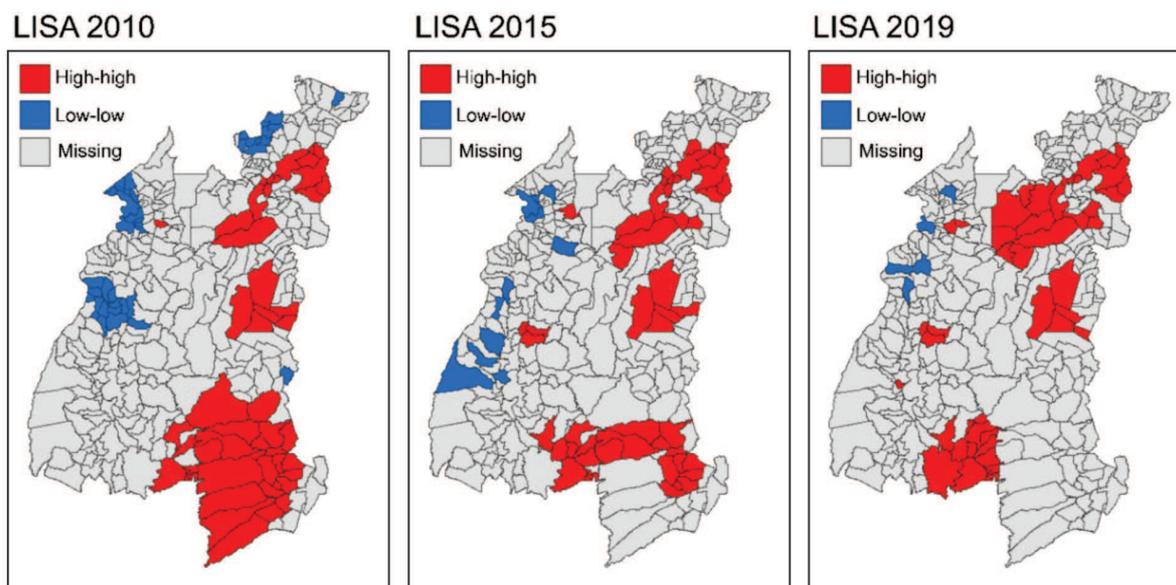
Fonte: elaboração própria a partir de dados da Pesquisa de Produção Agrícola Municipal/SIDRA/IBGE (2021).

No cálculo, foi utilizada uma matriz de peso espacial no formato *Queen*, com 1 grau de contiguidade, ou seja, consideram-se vizinhos os municípios de fronteira em todas as direções possíveis (ANSELIN, 2010). Na Figura 4, demonstra-se a análise Lisa utilizando valores locais do I de Moran. Foram consideradas as cidades que apresentaram significância com o *p*-valor maior que 0,05, sob a hipótese nula de aleatoriedade de distribuição espacial.

4 Esse tipo de solo obtém melhor condição de absorção da água no solo favorecendo o seu sistema radicular.

5 Para demais observações, consultar os seguintes documentos técnicos: Brasil (2018a), Brasil (2018b), Brasil (2018c) e Brasil (2018d).

Figura 4 – Indicadores Locais de Análise Espacial para a produtividade da cana-de-açúcar no Matopiba nos anos de 2010, 2015 e 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados da Pesquisa de Produção Agrícola Municipal/SIDRA/IBGE (2021).

Como ilustra o Lisa na Figura 4, os municípios apresentaram *high-high*, *low-low* e *missing*. Os indicadores demonstram que, no ano de 2010, houve muitos municípios e adjacências com alto nível de produtividade (*high-high*), conforme Quadro 2. E os com baixo nível de produtividade (*low-low*), não obtiveram grande expressividade, isto é, não se visualiza tanta significância, especialmente em 2019.

Quadro 2 – Municípios da região Matopiba com *high-high* de produtividade agrícola

2010	2015	2019
Arraias (TO)	Arraias (TO)	Arraias (TO)
Aurora do Tocantins (TO)	Bom Jesus do Tocantins (TO)	Aurora do Tocantins (TO)
Combinado (TO)	Combinado (TO)	Bom Jesus do Tocantins (TO)
Dianópolis (TO)	Conceição do Tocantins (TO)	Combinado (TO)
Lavandeira (TO)	Dianópolis (TO)	Conceição do Tocantins (TO)
Novo Alegre (TO)	Lavandeira (TO)	Dianópolis (TO)
Ponte Alta do Bom Jesus (TO)	Natividade (TO)	Lavandeira (TO)
Afonso Cunha (MA)	Novo Alegre (TO)	Natividade (TO)
Aldeias Altas (MA)	Pedro Afonso (TO)	Novo Alegre (TO)
Campestre do Maranhão (MA)	Ponte Alta do Bom Jesus (TO)	Novo Jardim (TO)
Caxias (MA)	Taguatinga (TO)	Paraná (TO)
Codó (MA)	Taipas do Tocantins (TO)	Pedro Afonso (TO)
Coelho Neto (MA)	Tupirama (TO)	Ponte Alta do Bom Jesus (TO)
Dom Pedro (MA)	Afonso Cunha (MA)	Porto Alegre do Tocantins (TO)
Fernando Falcão (MA)	Aldeias Altas (MA)	Pugmil (TO)
Governador Archer (MA)	Caxias (MA)	Rio da Conceição (TO)
Matões (MA)	Codó (MA)	Taguatinga (TO)
Mirador (MA)	Coelho Neto (MA)	Taipas do Tocantins (TO)
Presidente Dutra (MA)	Colinas (MA)	Tocantinópolis (TO)
São José dos Basílios (MA)	Dom Pedro (MA)	Tupirama (TO)
Timon (MA)	Duque Bacelar (MA)	Aldeias Altas (MA)
Tuntum (MA)	Fernando Falcão (MA)	Barra do Corda (MA)

2010	2015	2019
Alvorada do Gurguéia (PI)	Governador Archer (MA)	Buriti Bravo (MA)
Baixa Grande do Ribeiro (PI)	Matões (MA)	Campestre do Maranhão (MA)
Cristino Castro (PI)	Mirador (MA)	Caxias (MA)
Currais (PI)	Montes Altos (MA)	Codó (MA)
Palmeira do Piauí (PI)	Passagem Franca (MA)	Coelho Neto (MA)
Uruçuí (PI)	Presidente Dutra (MA)	Colinas (MA)
Angical (BA)	Santo Antônio dos Lopes (MA)	Dom Pedro (MA)
Baianópolis (BA)	São José dos Basílios (MA)	Fernando Falcão (MA)
Barreiras (BA)	São Raimundo das Mangabeiras (MA)	Formosa da Serra Negra (MA)
Brejolândia (BA)	Timbiras (MA)	Fortaleza dos Nogueiras (MA)
Canápolis (BA)	Timon (MA)	Governador Archer (MA)
Catolândia (BA)	Tuntum (MA)	Grajaú (MA)
Cocos (BA)	Alvorada do Gurguéia (PI)	Jenipapo dos Vieiras (MA)
Coribe (BA)	Baixa Grande do Ribeiro (PI)	Matões (MA)
Correntina (BA)	Currais (PI)	Mirador (MA)
Cotegipe (BA)	Palmeira do Piauí (PI)	Passagem Franca (MA)
Cristópolis (BA)	Uruçuí (PI)	São José dos Basílios (MA)
Formosa do Rio Preto (BA)	Angical (BA)	São Raimundo das Mangabeiras (MA)
Jaborandi (BA)	Baianópolis (BA)	Timon (MA)
Luís Eduardo Magalhães (BA)	Barreiras (BA)	Tuntum (MA)
Riachão das Neves (BA)	Brejolândia (BA)	Baixa Grande do Ribeiro (PI)
Santa Maria da Vitória (BA)	Canápolis (BA)	Currais (PI)
Santana (BA)	Cotegipe (BA)	Palmeira do Piauí (PI)
Santa Rita de Cássia (BA)	Cristópolis (BA)	Santa Luz (PI)
São Desidério (BA)	Luís Eduardo Magalhães (BA)	Uruçuí (PI)
São Félix do Coribe (BA)	Riachão das Neves (BA)	
Serra Dourada (BA)	Santa Maria da Vitória (BA)	
Tabocas do Brejo Velho (BA)	Santana (BA)	
Wanderley (BA)	Serra Dourada (BA)	
	Tabocas do Brejo Velho (BA)	

Fonte: resultados da pesquisa (2021).

Ressalta-se que as características logísticas dos fluxos de produção agrícola e os contratos de produção de cana-de-açúcar entre fornecedores e usinas influenciam na especificidade locacional. Nesse sentido, Pereira, Castro e Porcionato (2018) destacam a presença de dois corredores de ferrovias: um do trecho Norte-Sul, o primeiro que perpassa os estados do Tocantins e do Maranhão; e o segundo a “Fiol”, que liga os municípios de Figueirópolis (TO) ao Porto de Ilhéus (BA), com ambos contribuindo em virtude da maior capacidade volumétrica no seu transporte. Contudo, cabe ponderar que as usinas exigem uma distância mínima para o plantio da cana-de-açúcar até as unidades. Além disso, as estradas estaduais e federais estão em constantes reformas, ora para duplicação ora para reparação, sobretudo na porção central do Matopiba, com destaque para o extremo oeste baiano, o Tocantins e o Piauí.

Destarte, os resultados demonstram que a produção agrícola nos municípios do Matopiba influencia na escolha locacional para o desenvolvimento de determinadas áreas agrícolas. Contudo, ainda é prematuro assegurar que há consolidação de territórios canavieiros em face da importância da diversificação produtiva, destinação da matéria-prima em cada município e articulação do setor sucroenergético, que envolve produtores rurais, empresas, sindicatos e poder público. Outrossim, Carvalho e Silva (2014) asseveram que os grandes empreendimentos do agronegócio, quando passam pelas fases de aprimoramento, inserem-se nos polos de produção agrícola, provocando novas especializações produtivas.

### 3.2 Método de mínimos quadrados generalizados

De acordo com a variável crescimento da produtividade de cana-de-açúcar entre os anos de 2010 e 2019, a média de variação nos municípios da região do Matopiba foi de 1,76% negativo. O maior decréscimo foi observado no município de Cocos (BA), com 83,33% de declínio, e o maior acréscimo ocorreu no município de Pugmil (TO), com 116,66% de aumento. Na Tabela 2, constam os desempenhos dos 10 municípios com os melhores e os piores resultados, retratando uma heterogeneidade muito grande.

Tabela 2 – Municípios com os melhores e piores desempenhos de variação de produtividade 2010-2019

Município	PROD2010 (t/ha)	PROD2019 (t/ha)	CPCA (%)
<b>Pior desempenho</b>			
Cocos (BA)	60	10	-83,34
Correntina (BA)	60	10	-83,34
Jaborandi (BA)	60	10	-83,34
Serra Dourada (BA)	50	10	-80,00
Santa Rita de Cássia (BA)	48	10	-79,17
Cotegipe (BA)	48	12	-75,00
Bom Jesus da Lapa (BA)	20	6	-70,00
Cristópolis (BA)	48	15	-68,75
Wanderley (BA)	48	15	-68,75
<b>Melhor desempenho</b>			
Pugmil (TO)	30	65	116,67
Natividade (TO)	30	64	113,34
Novo Acordo (TO)	24	40	66,67
Lavandeira (TO)	40	65	62,50
Pedro Afonso (TO)	50	80	60,00
Ipueiras (TO)	30	46	53,34
Dianópolis (TO)	45	65	44,44
Novo Alegre (TO)	<b>45</b>	<b>64</b>	<b>42,22</b>
Rio da Conceição (TO)	45	64	42,22
Grajaú (MA)	41	55	34,14
<b>Média</b>	<b>19,97</b>	<b>7,48</b>	<b>-1,76</b>

Fonte: elaboração própria com base nos dados da pesquisa (2021). Pesquisa de Produção Agrícola Municipal/SIDRA/IBGE (2021).

Além da própria heterogeneidade verificada, esse decréscimo da produtividade média está relacionado com a diminuição na produção canavieira no Matopiba (em 2015 foi de 6.628.822 toneladas, em 2019 foi 6.089.273 toneladas), que ocasionou a desativação de algumas áreas de cultivo. O número de municípios produtores de cana-de-açúcar na região reduziu significativamente, visto que em 2010 era de 165, passando para 68 em 2019. O resultado pode indicar que a especialização agrícola da região tem se direcionado a outros produtos. Essa observação impacta diretamente os resultados observados e a interpretação do modelo estimado. A Tabela 3 apresenta a matriz de correlação entre as variáveis que compõem o modelo.

Tabela 3 – Matriz de correlação entre variáveis do modelo MQG

	PROD2010	CPCA	EDUC	CBVE	FCCL	CPIB
PROD2010	1,0000000	0,2164804	0,0266653	0,2109425	0,2101733	-0,0354089
CPCA	0,2164804	1,0000000	0,1573902	0,0655831	0,0665017	-0,2145137
EDUC	0,0266653	0,1573902	1,0000000	-0,0834427	-0,0610162	-0,0456127
CBVE	0,2109425	0,0655831	-0,0834427	1,0000000	0,2775135	0,0360342
FCCL	0,2101733	0,0665017	-0,0610162	0,2775135	1,0000000	0,0813693
CPIB	-0,0354089	-0,2145137	-0,0456127	0,0360342	0,0813693	1,0000000

Fonte: elaboração própria com base em dados da Pesquisa de Produção Agrícola Municipal/SIDRA/IBGE (2021).

Primeiramente, cabe salientar que todas as variáveis foram transformadas em logaritmo natural (GREENE, 2003). A correlação entre variáveis utilizadas no modelo econométrico apresentou resultados positivos entre o crescimento da produtividade, de 2010 a 2019, em relação ao nível de educação, na produtividade defasada de 2010, no nível de cobertura vegetal (CBVE) e nos focos de calor (FCCL). Em relação ao crescimento do PIB *per capita*, a correlação foi negativa. Os resultados da estimação utilizando mínimos quadrados generalizados são demonstrados, ponderando os erros padrão robustos contra heterocedasticidade (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 – Resultados de estimação do modelo MQG

	Coefficients	Estimate Std. Error	t value	Pr(> t ) <sup>6</sup>
(Intercept)	-0,827351	0,804172	-1,0288	0,3043047
PROD2010	0,080263	0,020461	3,9227	0,0001063 ***
EDUC	0,398345	0,179560	2,2185	0,0271938 *
CPIBpp	-0,179068	0,094590	-1,8931	0,0592074.
FCCL	0,027564	0,035983	0,7660	0,4441984
CBVE	0,068351	0,088519	0,7722	0,4405619

Fonte: elaboração própria utilizando pacote “NLME” no *software* RStudio.

Nota: Significance codes: 0 ‘\*\*\*’ 0,001 ‘\*\*’ 0,01 ‘\*’ 0,05 ‘.’ 0,1 ‘.’ 1.

Tabela 5 – Estatísticas auxiliares do modelo MQG

Residual standard error: 0,7449 on 335 degrees of freedom	
Multiple R-squared: 0,1135	Adjusted R-squared: 0,1003
F-statistic: 8,578 on 5 and 335 DF	p-value: 0,0000001163

Fonte: elaboração própria utilizando pacote “NLME” com *software* RStudio (2021).

Constatou-se que, com relação à PROD defasada do ano de 2010, houve indícios insuficientes de convergência nos padrões de produtividade entre os municípios. Apesar da redução de municípios produtores no Matopiba, os que continuaram a produzir estão conseguindo crescer mantendo os padrões espaciais de produtividade que possuíam em 2010. A cada 1% de variação de produtividade em 2010, o crescimento reagiu a esse padrão em 0,08%. Isso significa que municípios com alta produtividade, que conseguiram manter sua produção, mantiveram seu padrão produtivo consolidado em relação àqueles com menor produtividade. O coeficiente possui um grau de significância estatística maior que 99,99%.

De forma geral, enquanto a economia dos municípios crescia, na média a produtividade da cana-de-açúcar caía, o que pode indicar que não existem ou se enfraqueceram as conexões endógenas suficientes para a sustentação dessa atividade específica. Somente um estudo mais aprofundado poderá demonstrar se isso é uma tendência de ajuste de mercado e especialização agrícola em

6 P>|t| corresponde ao valor de probabilidade associado à estatística t de cada coeficiente estimado.

outras culturas, ou tão somente um resultado da crise econômica que se estendeu sobre a economia do País, ou ainda uma combinação desses efeitos.

O impacto do nível educacional das pessoas ocupadas (EDUC), por sua vez, aponta para a existência de uma relação positiva na ordem de 0,39% de crescimento da produtividade para cada 1% a mais da população com Ensino Fundamental completo no mercado de trabalho. Nesse sentido, Carvalho e Sugano (2014) asseveram a relevância dos investimentos e parcerias público-privadas nos processos de inovação e tecnificação científica. A estimativa possui significância estatística pouco superior a 99,9%.

A cada 1% de crescimento do PIB municipal *per capita* (CPIBpp), a produtividade da cana-de-açúcar responde negativamente em 0,17%. Destaca-se que o crescimento do PIB *per capita* no Matopiba não acompanhou o ritmo de crescimento da Região Nordeste, apesar de obter acréscimos significativos nos últimos anos. Para compreensão da elasticidade de crescimento da produtividade em relação ao crescimento das economias municipais negativa, destacam-se achados de Pereira, Castro e Porcionato (2018), que concatenam fatores ligados a uma grande concentração de terras e poder econômico na posse de poucos proprietários.

De modo geral, os resultados das Tabelas 3, 4 e 5 remetem a uma reflexão argumentativa sobre a relevância dos municípios produtores da cultura canavieira e de seus subprodutos, que se tornam mais vulneráveis devido às variações imprevisíveis dos mercados e às decisões das grandes corporações. Na área industrial, a desativação de usina ou a interrupção temporária dos contratos de arrendamento e de fornecimento da cana-de-açúcar geram insegurança jurídica para a continuação da produção, bem como provocam graves problemas sociais para a economia municipal. No escopo agrícola, as vicissitudes verificadas em termos de produção e produtividade da cana-de-açúcar, assim como a análise das variáveis significativas (PROD, EDUC e CPIB), não permitem assegurar uma tendência para o setor, onde a cana necessita de mais atores para estruturar sua importância na diversificação produtiva, envolvendo produtores rurais, empresas, sindicatos e poder público, caso se queira criar polos sucroenergéticos.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo objetivou identificar e analisar a evolução das aglomerações produtivas da agroindústria canavieira na região do Matopiba (BRASIL) nos anos 2010, 2015 e 2019. Para tanto, realizou-se o cálculo do índice de autocorrelação espacial de Moran, cuja assimilação da presença de padrões espaciais foi realizada a partir de um Indicador Local de Autocorrelação Espacial (Lisa).

O ano de maior participação dos municípios do Matopiba na cultura canavieira ocorreu em 2010, tendo decréscimo de participação em 2015 e 2019. No tocante ao ano de maior produtividade, 2015 foi o que se destacou, já em 2019 essa produtividade diminuiu. Em 2015, a causa do aumento da produtividade deveu-se à alta no preço das *commodities*, algo que não ocorreu em 2019 por questões relacionadas à crise econômica interna brasileira, fato que afetou os municípios que vinham em processo de crescimento produtivo.

No entanto, a crise econômica e os ajustes produtivos que dela implicaram, em conjunto com os ajustes das tendências estruturais da produção de cana-de-açúcar, não atingiram de maneira uniforme todos os municípios (nem deveria ser assim, posto a existência de heterogeneidade produtiva, comum nas atividades agrícolas). Alguns se sobressaíram com trajetórias de crescimento tanto da produtividade quanto da produção exitosas. Tampouco os ajustes foram neutros para a correlação espacial entre os níveis de produtividade, visto que foi observada uma redução, ainda que marginal, do *I* de Moran em 2015 e 2019, indicando a perda de força dos fatores espaciais comuns que influenciam a produtividade.

Por conseguinte, os resultados do indicador local Lisa demonstraram alterações significativas na composição municipal das áreas de alta produtividade observadas no Matopiba. Tocantins e

Maranhão se projetaram como os estados com o maior número de municípios com alta produtividade e participação no setor sucroenergético, circunstância que se correlacionou pelas novas fronteiras agrícolas expandidas e pela aquisição de terras, com um valor mais baixo em comparação com as demais regiões. Enfatiza-se a importância do estado de Tocantins, pois este se encontra no patamar com maior número de municípios produtores e mais produtivos de toda a região do Matopiba. Essa questão se deve à sua extensão territorial, que cobre toda a região. Embora as intempéries edafoclimáticas prejudiquem sua produção, o uso intensivo da tecnologia é um fator promissor na significância da produção tocaninense.

Pela estimação da regressão, foi possível observar a relação entre as atividades econômicas dos municípios e a produtividade de cana-de-açúcar, representando a existência de economias externas. Quanto à produtividade defasada do ano de 2010, os resultados demonstraram convergência dos padrões produtivos entre municípios. Da mesma forma, o coeficiente educacional da população foi estatisticamente significativo em termos de impacto positivo. Por outro lado, as variáveis que buscavam verificar as relações ambientais não obtiveram sucesso estatístico em explorá-las.

Ao final deste trabalho, considerou-se que a região de Matopiba tem aspectos de alta competitividade coexistindo com baixa competitividade. Sua atratividade ainda é o custo de terra relativamente mais acessível, o que permite uma maior expansão dessa fronteira agrícola, injeção de capital interno e estrangeiro, utilização da inovação tecnológica em larga escala, apoio do poder público em garantir o aperfeiçoamento de pesquisas na produção da cana-de-açúcar, incentivo ao crédito financeiro e desempenho educacional da população, caso isso seja uma direção do mercado e do setor público local.

Ressalta-se que novas pesquisas são necessárias para compreender essa fronteira agrícola e as potencialidades de áreas rurais que eram fragilizadas outrora, mas que podem apresentar mudanças de produção por meio de inovações tecnológicas, políticas públicas e investimentos do setor privado.

Cabe destacar que, mediante as alterações das políticas de crédito e apoio ao setor sucroenergético nos anos de 2010 e 2014, mudanças ocorreram, ora geraram impactos positivos no crescimento produtivo, ora prejudicaram a diligência financeira das usinas e destilarias, evidenciando fragilidades e imprevisibilidades do mercado. Indubitavelmente, as mudanças variaram de acordo com a notabilidade das usinas em cada *locus* municipal, influenciando na geração de emprego e renda, tributação e desempenho do comércio.

Tanto no que se refere ao arrendamento de terra quanto ao abastecimento de cana-de-açúcar para a usina, o valor das terras oscila de acordo com a demanda da mercadoria agrícola, interferindo no custo por hectare de cana-de-açúcar em relação às *commodities* da soja e do milho. Isso ocorre, pois a cultura do milho e da soja tem mais preferência nas áreas para serem plantadas do que a cana-de-açúcar, haja vista que os contratos são mais permanentes devido à segurança financeira que eles trazem. Não obstante, a cana-de-açúcar por circunstância de sua instabilidade de preços no mercado internacional necessita de contratos mais duradouros, sendo um agravante quando os contratos se tornam mais ínfimos temporalmente, por motivos da ausência de um custo de ensejo.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. S. de; PEROBELLI, F. S.; FERREIRA, P. G. C. Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 1, p. 31-52, 2008.
- ALVES, J. S.; SILVEIRA NETO, R. M. Impacto das externalidades de aglomeração no crescimento do emprego: o caso do cluster de confecções em Pernambuco. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 42, n. 2, p. 333-350, jun., 2011.
- ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association – LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93-115, set., 2010.
- ATLASBR – ATLAS DE DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Atlas do Desenvolvimento Humano**. Indicadores, 2021. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/consulta/planilha>>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- BAUERMANN, B. F. C.; FERRERA DE LIMA, J. Atratividade e dimensão econômica da agroindústria canieira: o caso do Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 17, n. 1, 2021.
- BOLFE, E. L.; VICTÓRIA, D. de C.; CONTINI, E.; BAYMA-SILVA, G.; ARAÚJO, L. S.; GOMES, D. Matopiba em crescimento agrícola: aspectos territoriais e econômicos. **Revista de Política Agrícola**, n. 4, p. 38-2016, 2016.
- BRAGA JUNIOR, R. L. do C.; LANDELL, M. G. de A.; SILVA, D. N. da; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, T. N. da; SILVA, V. H. P. da; LUZ, A. M.; ANJOS, I. A. dos. Censo varietal IAC de cana-de-açúcar no Brasil: safra 2018/19 no Brasil e na região Centro-Sul 2019/20. Série Tecnologia APTA. **Boletim Técnico IAC**, Campinas, n. 225, 64 p., 2021.
- MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – Brasil. Secretaria de Política Agrícola. **Portaria nº 28, de 30 de abril de 2018**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, ed. 83, 02 maio 2018a. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/12527138/do1-2018-05-02-portaria-n-28-de-30-de-abril-de-2018-12527134](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/12527138/do1-2018-05-02-portaria-n-28-de-30-de-abril-de-2018-12527134)>. Acesso em: 26 jun. 2021.
- \_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – Brasil. Secretaria de Política Agrícola. **Portaria nº 30, de 30 de abril de 2018**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, ed. 83, 02 maio 2018b. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/12527164/do1-2018-05-02-portaria-n-30-de-30-de-abril-de-2018-12527160](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/12527164/do1-2018-05-02-portaria-n-30-de-30-de-abril-de-2018-12527160)>. Acesso em: 26 jun. 2021.
- \_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – Brasil. Secretaria de Política Agrícola. **Portaria nº 33, de 30 de abril de 2018**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, ed.83, 02 maio 2018c. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/12527333](https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/12527333)>. Acesso em: 26 jun. 2021
- \_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – Brasil. Secretaria de Política Agrícola. **Portaria nº 35, de 30 de abril de 2018**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, ed. 83, 02 maio 2018d. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/12527359/do1-2018-05-02-portaria-n-35-de-30-de-abril-de-2018-12527355](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/12527359/do1-2018-05-02-portaria-n-35-de-30-de-abril-de-2018-12527355)>. Acesso em: 26 jun. 2021.

\_\_\_\_\_. **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – Brasil. Portaria nº 244, de 12 de novembro de 2015.** Diário Oficial da União. Brasília, DF, n. 217, p. 29-30, 13 nov. 2015.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Dinâmica da economia e da agropecuária do Matopiba. **Texto para Discussão**, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Brasília, 64 p., mar., 2017.

CARVALHO, E. R. de; SILVA, V. de P. da. Riscos e efeitos territoriais na implantação de empreendimentos agroindustriais canavieiros. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 28, p. 262-279, 2014.

CARVALHO, P. L. C.; SUGANO, J. Y. O papel das parcerias público privadas na formação de uma plataforma de negócios no setor canavieiro brasileiro. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v. 16, n. 3, p. 263-276, 2014.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB de cadeias agropecuárias**, 2017. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-de-cadeias-agropecuarias.aspx/>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

CHAGAS, A. L. S. **Três ensaios sobre o setor produtor de cana-de-açúcar no Brasil**. São Paulo, 2009. 112 p. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, 2009.

CLEIN, C. **Motivos e consequências da falência de agroindústrias canavieiras no Estado do Paraná**. 2021. 111 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo/Brasil, 2021.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, safra 2019/20**. Brasília, v. 7, n. 3, p. 01-62, dez. 2020.

CONCEIÇÃO, J. C. P.; CONCEIÇÃO, P. H. Z. da. Agricultura: evolução e importância para a balança comercial brasileira. **Texto para Discussão**. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Brasília, 2014.

CTC – CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. **Bula Técnica Variedades: CTC4**. Piracicaba: CTC. 2018. 5p.

DAROS, E.; OLIVEIRA, R. A. de; BARBOSA, G. V. de S. (Orgs.). **45 anos de variedades RB de cana-de-açúcar: 25 anos de RIDESA**. 1 ed. Curitiba: Graciosa. 2015. 156p.

GREENE, W. **Econometric analysis**. 5<sup>th</sup> ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malhas municipais do Brasil**. Disponível em: <[https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2015/Brasil/BR/](https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2015/Brasil/BR/)>. Acesso em: 28 fev. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática (Sidra). **Censo Agropecuário de 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Pesquisa Agropecuária Municipal (2010, 2015, 2019)**, 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

INÁCIO, J. B. **Contradições e tensões no processo de expansão do setor sucroenergético em Iturama-MG**. 2014. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

MEURER, A. P. S. **Análise da agroindústria canavieira nos estados do Centro-Oeste do Brasil a partir da matriz de capacidades tecnológicas**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e do Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2014.

MORAES, M. A. F. D. de. O mercado de trabalho da agroindústria canavieira: desafios e oportunidades. **Economia Aplicada**, v. 11, n. 4, p. 605-619, out./dez. 2007.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Estratégias para a cana no Brasil: um negócio classe mundial**. São Paulo: Atlas, 2010.

NOVACANA. **Em 2019, 23% das usinas brasileiras de cana-de-açúcar estarão paradas**. 2019. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/industria/usinas/2019-23-usinas-cana-de-acucarbrasileiras-paradas-050419>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

NOVACANA. **As usinas de açúcar e etanol do Brasil**, 2021. Disponível em: <[https://www.novacana.com/usinas\\_brasil](https://www.novacana.com/usinas_brasil)>. Acesso em: 21 mar. 2021.

OLIVEIRA, N. M. **Desenvolvimento regional do território do Tocantins**. 1. ed. Palmas: Eduft, 2019. v. 1. 224p.

OLIVEIRA, T. J. A. de. **Interações produtivas no estado do Tocantins: uma análise espacial**. 2012. 90f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Palmas, 2012.

OLIVEIRA, J. C. de; ROCHA, W. L. P.; MARTINS, T. A. Avaliação de brotação e número de mudas de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) no Cerrado do Sul do Estado do Tocantins. **Revista Científica**, v. 1, n.1, p. 19-28, 2014.

PEREIRA, C. N.; CASTRO, C. N. de; PORCIONATO, G. L. Dinâmica econômica, infraestrutura e logística no Matopiba. **Texto para Discussão**, Rio de Janeiro, n. 2382, 89 p., abr. 2018.

PEREIRA, C. N.; PORCIONATO, G. L.; CASTRO, C. N. de. Aspectos socioeconômicos da região do Matopiba. **Boletim regional, urbano e ambiental**, n. 18, p. 47-59, jan./jun. 2018.

PEREIRA, L. I. A territorialização do agronegócio no Brasil a partir do processo de estrangeirização da terra: o estudo de caso da cana-de-açúcar. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas/MS, n. 25, p. 69-92, mai. 2017.

PITTA, F. T.; VEGA, G. C. **Impactos da expansão do agronegócio no Matopiba: comunidades e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Mórula, 2017.

QUEIROZ, A. M. de; FERREIRA, J. B.; PAULA, J. S. de. O setor sucroalcooleiro e o valor da terra agrícola em Goiás e em Minas Gerais: uma análise econométrica. **Revista Estudo & Debate**, v. 25, n. 1, 2018.

QUEIROZ, A. M.; CARVALHO, C. R. R.; DE J. B., C.; VIEIRA, E. R.; TEIXEIRA, F. A.; CAMPOS, F. R.; MEYRELLES FILHO, S. F. Clusters espaciais no setor sucroalcooleiro

- em Goiás: existem territórios canavieiros? In: RODRIGUES, J. F. **Inovação, Gestão e Sustentabilidade**. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. v. 1. 339p.
- RAMOS, P. **Agroindústria canavieira e propriedade fundiária no Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1999. 243 p.
- RISSARDI JÚNIOR, D. J. **Três ensaios sobre a agroindústria canavieira no Brasil pós-desregulamentação**. 2015. 116 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo (PR), 2015.
- RODRIGUES, L. **Políticas públicas e os determinantes da demanda por combustíveis leves no Brasil, 2003-2013**. 2015. 135 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP), 2015.
- SANTOS, G. R. dos; GARCIA, E. A.; SHIKIDA, P. F. A.; RISSARDI JÚNIOR, D. J. A agroindústria canavieira e a produção de etanol no Brasil: características, potenciais e perfil da crise atual. In: SANTOS, G. R. dos (Org.). **Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil: desafios, crises e perspectivas**. Brasília: Ipea, 2016, p.17-45.
- SANTOS, L. P.; AVELAR, J. M. B.; SHIKIDA, P. F. A.; CARVALHO, M. A. Agronegócio brasileiro no comércio internacional. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 54-69, 2016.
- SASSEN, S. **Expulsões**. São Paulo: Paz e Terra, 2016.
- SHIKIDA, P. F. A. Evolução e fases da agroindústria canavieira no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, ano XXIII, n. 4, p. 43-57, out./dez. 2014.
- SILVA, H. J. T. da. **Dois ensaios empíricos sobre heterogeneidade produtiva e estrutura de capital do setor sucroenergético brasileiro**. 2019. 84 f. Tese. (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP), 2019.
- SILVA, G. S. da ALCÂNTARA NETO, F. de; LEITE, R. R.; SILVA, K. C. da; MONTEIRO, M. M. de S.; OLIVEIRA, M. A. M. de. Ocorrência do carvão da cana-de-açúcar nos estados do Piauí e Maranhão. **Summa Phytopathology**, v. 40, n. 2, p. 187, 2014.
- SILVA, J. D. da C. FRANÇA, S. M. de; LOPES, D. O. P.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; ALCÂNTARA NETO, F. de; SILVA, P. R. R. Cigarrinhas da cana-de-açúcar no Nordeste brasileiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 87, p. 1-4, 2020.
- SZMRECSÁNYI, T. **O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil (1930-1975)**. São Paulo: Hucitec/Unicamp, 1979.
- VEDANA, R. RODRIGUES, K. C. T. T.; PARRÉ, J. L.; SHIKIDA, P. F. A. Distribuição espacial da produtividade de cana-de-açúcar no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano XXVIII, n. 4, p. 121-133, 2019.
- VIAN, C. E. de F.; BELIK, W. Os desafios para a reestruturação do complexo agroindustrial canavieiro do Centro-Sul. **Economia**, v. 4, n. 1, p. 153-194, jan./jun. 2003.
- VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.). **Uma jornada pelos contrastes no Brasil: cem anos do Censo Agropecuário**. Brasília: Ipea/IBGE/Neagro, 2020.