

PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DO PARANÁ: DISTRIBUIÇÃO E CORRELAÇÕES ESPACIAIS

SUGARCANE PRODUCTIVITY IN THE STATE OF PARANÁ: DISTRIBUTION AND SPATIAL CORRELATIONS

AUTORIA

José Pedro Comini Barros
Universidade Estadual de
Maringá (UEM), Brasil
ra123969@uem.br

Amarildo de Paula Júnior
Universidade Estadual de
Maringá (UEM), Brasil
apjunior2@uem.br

PALAVRAS-CHAVE

Tecnologia agrícola
Cana-de-açúcar
Produtividade

KEYWORDS

Agricultural technology
Sugarcane
Productivity

JEL CODE

Q10

ÁREA

Economia Agrícola

RESUMO

A atividade de cultivo da cana-de-açúcar é importante para a economia paranaense, especialmente com o crescente interesse do mercado interno e externo por etanol, açúcar e bioenergia. Portanto, este artigo analisa a distribuição e as correlações espaciais entre a produtividade da cana-de-açúcar e outros fatores discutidos na literatura. Foram aplicados métodos descritivos e exploratórios, fundamentados pela literatura sobre o assunto, com dados do Censo Agropecuário e da Pesquisa Agrícola Municipal para o ano de 2017. A distribuição espacial da produtividade da cana-de-açúcar está concentrada principalmente no norte e norte-pioneiro do estado. Além disso, os resultados mostram a presença de *clusters*, principalmente do tipo alto-alto e baixo-baixo, entre a produtividade da cana-de-açúcar e os demais fatores analisados nos municípios do Paraná.

ABSTRACT

The activity of sugarcane cultivation is important for the economy of Paraná, especially with the growing domestic and international market interest in ethanol, sugar, and bioenergy. Therefore, this article analyzes the distribution and spatial correlations between sugarcane productivity and other factors discussed in the literature. Descriptive and exploratory methods were applied, supported by the literature on the subject, using data from the Agricultural Census and the Municipal Agricultural Survey for the year 2017. The spatial distribution of sugarcane productivity is concentrated mainly in the northern and pioneer northern regions of the state. In addition, the results show the presence of *clusters*, mainly of the high-high and low-low types, between sugarcane productivity and the other factors analyzed in the municipalities of Paraná.



This paper is Distributed Under
the Terms of the Creative
Commons Attribution 4.0
International License

1 INTRODUÇÃO

A produção de cana-de-açúcar no Brasil exerce papel central na agricultura e na economia, sendo um dos pilares da matriz energética nacional. Com a crescente demanda por etanol, açúcar e bioenergia, o país se consolidou como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, responsável por mais de 40% da produção global de açúcar e aproximadamente 25% da produção mundial de etanol (CONAB, 2023). O Paraná, embora não seja o maior produtor do país, ocupa um papel estratégico, sendo o quarto maior produtor nacional, com aproximadamente 36 milhões de toneladas colhidas na safra 2022/2023. As regiões noroeste e oeste do estado se destacam, aproveitando o solo fértil e o clima favorável para a cana.

Segundo os dados do Censo Agropecuário (2017), a introdução de tecnologias no setor canavieiro paranaense tem se intensificado nas últimas duas décadas, com a mecanização da colheita, o uso de sistemas de monitoramento remoto, agricultura de precisão, biotecnologia, e o desenvolvimento de variedades geneticamente modificadas para resistir a pragas e melhorar o rendimento. O uso de tecnologias avançadas no Paraná tem impulsionado ganhos de produtividade e sustentabilidade, sendo um exemplo de adaptação às novas exigências ambientais.

Embora o acesso tecnológico tenha papel fundamental sobre a produtividade da cana-de-açúcar, a literatura sobre o assunto mostra que fatores como acesso ao crédito, assistência técnica, escolaridade, área da propriedade e tipo de solo também podem influenciar, ou pelo menos estar correlacionada especialmente com a produtividade da cana-de-açúcar.

Considerando a importância do assunto para a economia paranaense, o objetivo deste artigo é analisar a correlação espacial entre a produtividade da cana-de-açúcar e as variáveis de acesso ao crédito, assistência técnica, ensino superior dos produtores, tamanho da propriedade e qualidade do solo entre os 399 municípios do Paraná. A metodologia aplicada é de caráter espacial, utilizando como fontes de dados o Censo Agropecuário e a Pesquisa Agropecuária Municipal (PAM) de 2017. Isso permite explorar profundamente os fatores que estão correlacionados com a produtividade da cana-de-açúcar nos municípios paranaenses.

O artigo está estruturado em cinco seções principais. Além desta introdução, revisão da literatura é apresentada na segunda seção e é dedicada aos determinantes da produtividade do cultivar, destacando as diferentes formas de se elevar a produtividade da cana-de-açúcar. A terceira seção descreve os métodos de pesquisa utilizados e explica em detalhes como foram coletados e analisados os dados. A quarta seção revela os resultados obtidos, por meio de mapas e tabelas, usando fontes como o SIDRA/IBGE e o PAM referente ao ano de 2017. Na quinta seção, são discutidas as conclusões e sugeridas as ações necessárias para promover a produtividade do cultivar, principalmente devido à heterogeneidade espacial presente no estado, que levarão à equidade necessária para o setor.

2 DETERMINANTES DA PRODUTIVIDADE DA CANA DE AÇÚCAR

Diversos elementos influenciam a decisão dos produtores quanto à adoção de tecnologias de agricultura de precisão e, por sua vez, a produtividade do cultivo. Entre



esses fatores, destacam-se as condições socioeconômicas dos agricultores, como sua renda, idade e nível de escolaridade, bem como as fontes de informação que utilizam, suas percepções em relação à lucratividade, produtividade e sustentabilidade ambiental das inovações, além das características das propriedades rurais, incluindo o tamanho e a localização das áreas cultivadas (WATCHARAANANTAPONG *cluster.*, 2013 *apud* MOZAMBANI *et al.*, 2024; LARSON *et al.*, 2008 *apud* MOZAMBANI *et al.*, 2024; ALLAHYARI *et al.*, 2016 *apud* MOZAMBANI *et al.*, 2024; WALTON *et al.*, 2010 *apud* MOZAMBANI *et al.*, 2024).

Shikida e Bacha (1998, p.21-22) destacam que a adoção tecnológica na produção de cana-de-açúcar envolve não apenas o aumento da produtividade agrícola, mas também a utilização dos resíduos (bagaço) como itens valiosos, como ração, melado e eletricidade, ampliando a sustentabilidade produtiva. Contudo, o nível de adoção tecnológica é heterogêneo entre os produtores. Santos e Braga (2013, p.301), por exemplo, estudaram como o programa Pronaf contribui para esse cenário ao facilitar empréstimos aos agricultores paranaenses, estimulando o uso de novas técnicas produtivas.

Souza *et al.* (2019, p.597) indicam que a assistência técnica pública pode ter historicamente privilegiado grandes produtores, deixando agricultores com menor capital e escolaridade em segundo plano. No Paraná, especialmente nas regiões oeste e sudoeste, grandes propriedades têm adotado tecnologias avançadas, reforçando a desigualdade na adoção tecnológica em comparação com pequenos produtores, que enfrentam maior dificuldade de acesso a recursos financeiros e técnicos (SOUZA *et al.*, 2019, p.605–607).

Rissardi Júnior e Shikida (2007, p.450) argumentam que remover barreiras regulatórias poderia estimular uma adoção tecnológica mais ampla. Essa perspectiva é reforçada por Santos e Braga (2013, p.303) e Souza *et al.* (2019, p.598), que destacam que a regulamentação governamental e características locais específicas influenciam significativamente o ritmo e o alcance das inovações tecnológicas.

Segundo Belik (1985, p.103), o cultivo da cana-de-açúcar apresenta uma estrutura produtiva marcada pela elevada necessidade de capital e pela concentração de terras, o que restringe a inserção de pequenos agricultores. Esse padrão, identificado em São Paulo, também se repete no Paraná, em especial nas regiões noroeste e oeste, onde a grande propriedade se destaca. Nessas áreas, a concentração de terras indica o favorecimento à incorporação de tecnologias, fator esse que contribuiu para que, de acordo com a CONAB (2015), a produção estadual atingisse cerca de 40 milhões de toneladas de cana. Pesquisas como as de Rissardi Júnior e Shikida (2008, p.450) e Cunha *et al.* (2010, p.13) analisam esse cenário em âmbito nacional, enquanto Santos e Braga (2013, p.303) ampliam a discussão para o contexto do sul do país.

Entre as características dos produtores, destaca-se o tamanho da propriedade como fator relevante para a adoção tecnológica. Produtores com áreas maiores tendem a adotar tecnologias com mais facilidade, já que possuem maior liberdade para testar inovações, acesso facilitado ao crédito rural e maior capacidade de lidar com os riscos associados à introdução de novas soluções tecnológicas. (WALTON *et al.*, 2010, *apud* MOZAMBANI *et al.*, 2024, p. 456). No caso paranaense, a eficiência técnica dos produtores de cana-de-açúcar ainda apresenta grande potencial de

melhoria. Melo e Esperancini (2012, p. 55), em estudo com produtores independentes, constataram um escore médio de 0,71024, sendo que apenas 13,56% atingiram a eficiência máxima no modelo DEA-BCC, o que evidencia a grande margem a explorar com o uso de tecnologias avançadas.

Outro fator relacionado ao perfil do produtor diz respeito ao nível de escolaridade e ao capital humano. Agricultores com maior formação educacional geralmente possuem mais facilidade para compreender e operar tecnologias agrícolas, o que se reflete em taxas mais altas de adoção (Khanal *et al.*, 2019, *apud* MOZAMBANI *et al.*, 2024, p. 460; TEY; BRINDAL, 2012, p. 721).

Do ponto de vista financeiro e institucional, o acesso ao crédito é um componente indispensável para viabilizar investimentos em tecnologias com elevado custo inicial. Linhas, por exemplo, como o Pronaf, podem exercer papel decisivo no aumento da modernização (TEY; BRINDAL, 2012, p. 723; CARRER *et al.*, 2020). Por outro lado, pequenas escalas produtivas e limitações financeiras são frequentemente citadas como entraves ao avanço tecnológico (MOZAMBANI *et al.*, 2024, p. 467).

No que tange às tecnologias propriamente ditas, a percepção de complexidade pode desestimular sua adoção, ao passo que equipamentos e práticas com benefícios produtivos claros tendem a ser incorporados com mais facilidade (TEY; BRINDAL, 2012, p. 724). No Paraná, observa-se que o avanço tecnológico proporcionou significativa redução de custos e maior conservação ambiental decorrente da diminuição do tráfego de máquinas agrícolas e da redução na prática de queimadas em áreas de cultivo de cana-de-açúcar (BACCARIN, 2016 *apud* OLIVEIRA, 2021 p.31-32).

A análise de Souza *et al.* (2015, p.366) revela uma clara diversidade entre as usinas paranaenses no que se refere à capacidade de inovação em engenharia de produto. Cerca de um terço das unidades demonstrava domínio tecnológico mais avançado, ao passo que uma parte significativa ainda operava com modificações intermediárias ou apenas com adaptações simples às exigências do mercado. Essa disparidade sugere a importância de políticas públicas que levem em conta o estágio específico de desenvolvimento tecnológico de cada usina. Além disso, as usinas desempenham papel relevante no incentivo à adoção de tecnologias pelos produtores, atuando como agentes prestadores de serviços e fontes de informação técnica especializada. (MOZAMBANI *et al.*, 2024, p. 467).

Ademais, para além dos atributos, como crédito e assistência técnica, os atributos físicos são também determinantes para a produtividade da cana-de-açúcar no Paraná. A literatura sugere que a mecanização intensa, que vai da preparação até o plantio, colheita e pós-colheita, podem alterar a estrutura física do solo. Conforme Arcoverde *et al* (2019, p.42), é possível afirmar que a qualidade do solo influencie a produtividade de cana-de-açúcar, inclusive a qualidade do solo pode ser influenciada por alguns fatores endógenos, como, por exemplo, a própria mecanização.

Conforme analisado nesta seção fatores como acesso ao crédito, assistência técnica, ensino superior dos produtores, tamanho da propriedade e qualidade do solo podem ter influência sobre a produtividade da cana-de-açúcar, uma vez que elas estão diretamente relacionadas à adoção tecnológica, e essa última, impacta diretamente a produtividade no cultivo.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa utiliza uma abordagem espacial para examinar como a produtividade da cana-de-açúcar se relaciona espacialmente com outros fatores nos municípios do Paraná. Diante disso, foram utilizados dados do Censo Agropecuário e da PAM para o ano de 2017. O Quadro 1 apresenta as variáveis utilizadas no estudo.

O presente trabalho realizou uma abordagem espacial, sendo ela a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Para aplicação de AEDE, faz-se necessária a observação de uma possível correlação espacial, sendo que esse fenômeno pode ser medido por meio da estatística denominada de I de Moran. Segundo Almeida (2012) o coeficiente de autocorrelação de I de Moran espacial pode ser escrito na forma matricial como:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{z'Wz}{z'z} \quad (1)$$

onde n é o número de regiões, enquanto Wz se refere aos valores da variável de interesse padronizada nos vizinhos, com ponderação realizada por meio da matriz de contiguidade. Por sua vez, o S_0 representa o somatório da matriz de pesos.

Quadro 1 – Apresentação das variáveis

Variável de interesse	Descrição	Análise sintetizada	
PCA	Produtividade da cana-de-açúcar (t/ha)	De 0 até mais de 100 t/h	
Variável	Descrição	Análise sintetizada	Referência
CN	Proporção de estabelecimentos com crédito	De valores próximos de 0 até níveis mais elevados no norte	Santos e Braga (2013); Tey e Brindal (2012); Carrer <i>et al.</i> (2020)
AT	Proporção de produtores com assistência técnica	–	Souza <i>et al.</i> (2019); Mozambani <i>et al.</i> (2024)
GN	Proporção de produtores com ensino superior	Predominância de faixas baixas, poucos municípios com índices mais altos	Khanal <i>et al.</i> (2019 apud Mozambani <i>et al.</i> , 2024); Tey e Brindal (2012)
PN	Proporção de propriedades > 1.000 ha	Valores próximos de 0 na maioria dos municípios; casos pontuais mais elevados	Walton <i>et al.</i> (2010 apud Mozambani <i>et al.</i> , 2024); Melo e Esperancini (2012)
SOLO	Índice de qualidade do solo (1 a 7)	De 1 a 7; maiores índices no oeste e centro-sul	Arcoverde <i>et al.</i> (2019)

Fonte: Elaboração própria.



Todavia, dadas as especificidades regionais, torna-se importante realizar uma análise voltada para a correlação local. Sendo assim, emprega-se a análise LISA (*Local Indicator of Spatial Association*) univariada com o intuito de compreender as interrelações presentes no espaço amostral. Segundo Almeida (2012), o I de Moran local univariado para uma determinada variável padronizada pode ser escrito conforme abaixo:

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^J w_{ij} Z_j \quad (2)$$

Por alusão, o coeficiente de I de Moran local bivariado pode ser escrito de forma similar, realizando apenas alguns ajustes, conforme abaixo:

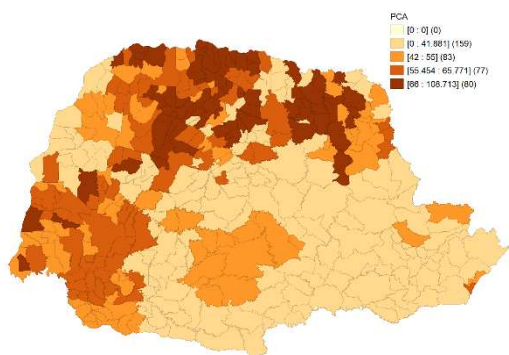
$$I_i^{z1z2} = z_{1i} W z_{2i} \quad (3)$$

4 RESULTADOS

A Figura 1 se refere à distribuição da produtividade da cana-de-açúcar entre os municípios paranaenses. A média de produtividade paranaense está em 41,74 t/ha (tonelas por hectare). Percebe-se que os maiores rendimentos se concentram no norte, norte-pioneiro e noroeste do estado, como os municípios de Pitangueiras, Andirá e Uraí, com uma produtividade de 108,71 t/ha, 94,11 t/ha e 92,80 t/ha, respectivamente.

A Figura 2 apresenta a proporção de estabelecimentos de produção de lavoura temporária que acessaram alguma forma de crédito rural, sem necessariamente ser através de empréstimos bancários. O destaque vai para alguns municípios do norte e oeste do estado, onde o acesso ao crédito se mostra mais presente. Essa tendência propõe que o crédito tenha papel relevante para viabilizar investimentos em tecnologia e insumos.

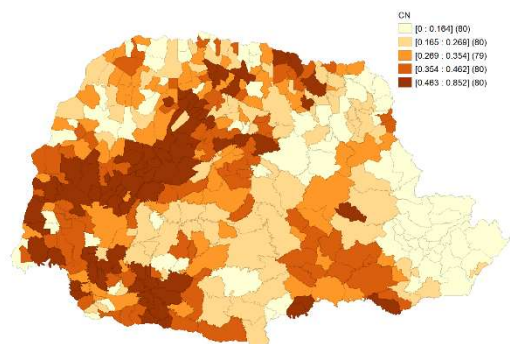
Figura 1 – Produtividade da cana-de-açúcar no Paraná (PCA)



Fonte: Elaboração própria com dados do Censo Agropecuário (2017).



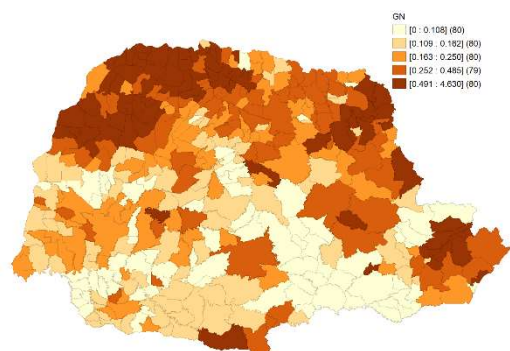
Figura 2 – Estabelecimentos com alguma fonte de financiamento



Fonte: Elaboração própria com dados do Censo Agropecuário (2017).

A distribuição especial do número de estabelecimentos agropecuários em atividades gerais em que o produtor rural principal possui graduação em relação ao número de estabelecimentos de lavoura temporária no município é apresentada na Figura 3. Verifica-se concentração no noroeste e norte-pioneiro do estado. Os maiores valores encontrados dessa variável foram nos municípios de Ribeirão Claro, Loanda e Pérola, com 4,62, 2,88 e 2,48, respectivamente, de acordo com os dados do Censo Agropecuário (2017).

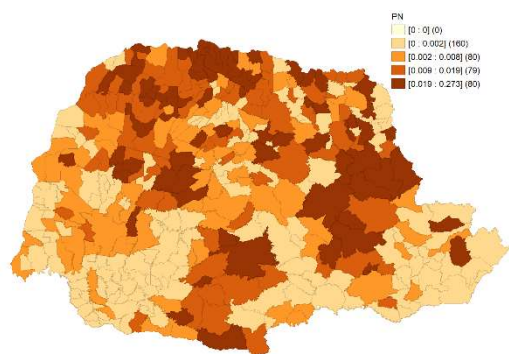
Figura 3 – Graduação entre os produtores rurais



Fonte: Elaboração própria com dados do Censo Agropecuário (2017).

A Figura 4 apresenta a proporção de propriedades de lavoura temporária com área superior a mil hectares. Isso revela uma heterogeneidade territorial, com certas locais, sobretudo no norte e centro-leste, exibindo um acúmulo considerável de extensas propriedades, como é o caso dos municípios de Paranapoema, Carambeí e Amaporã, de acordo com os dados do Censo Agropecuário (2017), enquanto outras são caracterizadas por propriedades menores abaixo de mil hectares.

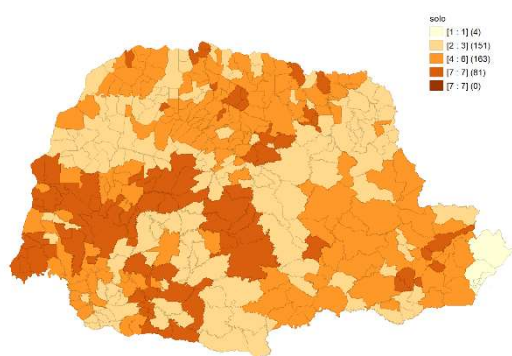
Figura 4 – Propriedades com área superior a mil hectares



Fonte: Elaboração própria com dados do Censo Agropecuário (2017)

A Figura 5 apresenta a classificação da qualidade do solo em escala de 1 a 7. Municípios das regiões oeste e centro-sul do estado concentram os índices mais elevados, enquanto outras áreas apresentam solos classificados em faixas intermediárias ou baixas.

Figura 5 – Qualidade do solo em escala de 1 a 7



Fonte: Elaboração própria.

No caso da Análise Exploratória de Dados Espaciais, a Tabela 1 apresenta a escolha da matriz de ponderação especial. Como pode ser observado, a matriz que apresentou o maior I de Moran significativo foi a matriz K5 (0,547). Diante disso, ela será utilizada como a matriz de ponderação na Análise Exploratória de Dados Espaciais.

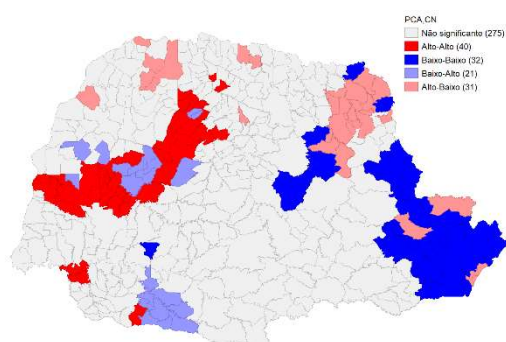
Tabela 01 – Escolha da matriz de ponderação espacial

Matriz	I de Moran
Rainha	0,534***
Torre	0,535***
K5	0,547***
K7	0,529***
K9	0,507***

Fonte: Elaborado pelos autores

No caso da correlação entre produtividade e crédito rural, os resultados mostram *clusters* do tipo alto-alto nas regiões norte e oeste, evidenciando que o acesso ao financiamento desempenha papel decisivo para sustentar maiores rendimentos agrícolas. Os agrupamentos baixo-baixo, por outro lado, concentram-se no leste e sudeste do estado, sugerindo que a limitação do crédito está correlacionada diretamente em menores índices produtivos, como mostra a Figura 6. Esse padrão traz um indício da importância das políticas de crédito direcionadas, sobretudo para pequenos e médios produtores, como mecanismo de redução das disparidades espaciais.

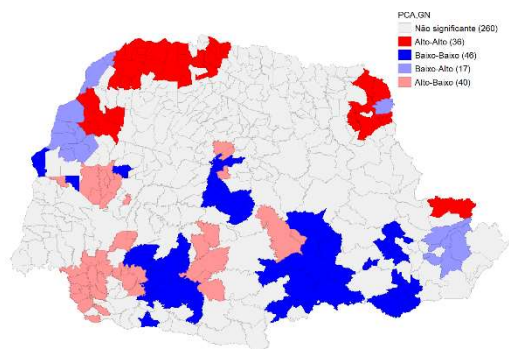
Figura 6 – LISA Bivariado PCA-CN



Fonte: Elaboração própria com dados do Censo Agropecuário (2017).

A associação espacial entre produtividade e grau de escolaridade do produtor indica *clusters* do tipo alto-alto em municípios do norte-pioneiro e do noroeste, onde maiores níveis de instrução estão correlacionados espacialmente com resultados produtivos superiores. Esse resultado sugere que a formação educacional pode ter, de alguma forma, gerado um arcabouço propício para a relação com a capacidade de compreensão e aplicação das tecnologias agrícolas, e por sua vez com a produtividade da cana-de-açúcar. Por outro lado, o agrupamento baixo-baixo no centro-sul e sudoeste evidencia a vulnerabilidade de regiões em que a baixa escolaridade é apresentada na Figura 7.

Figura 7 – LISA Bivariado PCA-GN

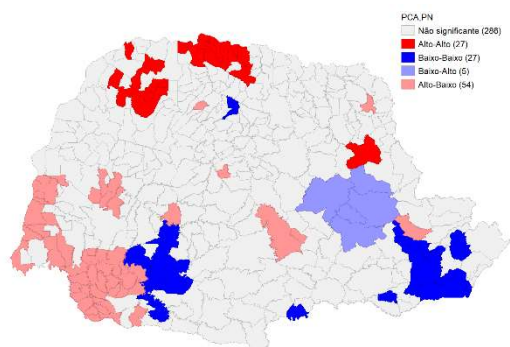


Fonte: Elaboração própria com dados do Censo Agropecuário (2017).

A relação entre produtividade e tamanho da propriedade também mostra um padrão espacial. Os *clusters* do tipo alto-alto aparecem em áreas do norte do Paraná, sinalizando que propriedades de maior escala se associam a rendimentos mais elevados, o que pode estar ligado à maior capacidade de investimento em maquinário e insumos.

Em contraste, regiões do sudoeste e oeste concentram agrupamentos baixo-baixo, onde propriedades menores se sobrepõem a baixos níveis de produtividade, reforçando a desigualdade estrutural no setor canavieiro, como a Figura 8 apresenta.

Figura 8 – LISA Bivariado PCA-PN

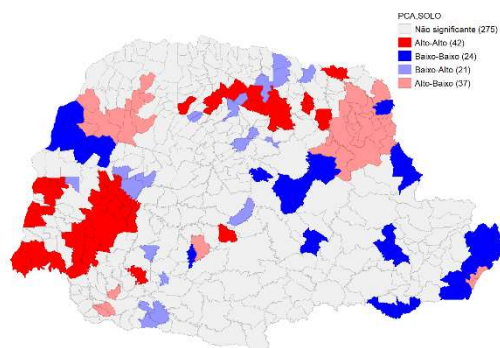


Fonte: Elaboração própria com dados do Censo Agropecuário (2017).

De acordo com a Figura 9, a análise espacial entre produtividade e qualidade do solo destaca agrupamentos do tipo alto-alto nas regiões oeste e norte central, indicando que os melhores índices de fertilidade e estrutura do solo se refletem diretamente relacionados espacialmente com rendimentos mais elevados da cana-de-açúcar. Ao mesmo tempo, os *clusters* do tipo baixo-baixo identificados no leste do estado demonstram que limitações podem contribuir para manter a produtividade em patamares reduzidos. Esses resultados sugerem a possibilidade de influência dos

fatores físicos na dinâmica produtiva, ainda que possam ser mitigados parcialmente por tecnologias de manejo.

Figura 9 – LISA Bivariado PCA-SOLO



Fonte: Elaboração própria.

5 CONCLUSÃO

Este estudo analisou a produtividade da cana-de-açúcar nos municípios do Paraná, com foco na correlação espacial entre a produtividade agrícola (toneladas por hectare) e variáveis discutidas na literatura, como acesso ao crédito rural, nível de instrução dos produtores, tamanho da propriedade e qualidade do solo. A análise foi realizada com base em dados do Censo Agropecuário e da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) de 2017, fornecidos pelo IBGE, abrangendo os 399 municípios do estado.

Os resultados mostram heterogeneidades regionais, com *clusters* do tipo alto-alto no norte, onde crédito e educação podem favorecer a adoção de tecnologias, e baixo-baixo no leste e sudeste, onde limitações financeiras e de capacitação prevalecem. A qualidade do solo, mais alta no oeste e centro-sul do estado, também influencia os rendimentos, enquanto propriedades acima de 1.000 hectares lideram a modernização.

É importante aprofundar as correlações espaciais para entender melhor esses fatores, utilizando os dados do Censo Agropecuário e PAM de 2017 como base, e propor políticas como expansão do crédito rural e capacitação para reduzir disparidades. Sugere-se que pesquisas futuras abordem questões econométricas, explorando modelos que quantifiquem os impactos, para orientar estratégias que tornem o setor mais justo e produtivo no Paraná.

REFERÊNCIAS

ARCOVERDE, S. N. S.; SOUZA, C. M. A.; SUAREZ, A. H. T.; COLMAN, B. A.; NAGAHAMA, H. J. Atributos físicos do solo cultivado com cana-de-açúcar em função do preparo e época de amostragem. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 6, n. 1, p. 43-47, jan./mar. 2019. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/agrineo/article/view/2761/2750>. Acesso em: 19 ago. 2025

BELIK, W. **A tecnologia em um setor controlado: o caso da agroindústria canavieira em São Paulo**. Disponível em: <https://apct.sede.embrapa.br/index.php/cct/article/view/9250/5284>. Acesso em: 10 abr. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, safra 2014/15, terceiro levantamento**. Brasília, DF: CONAB, 2015. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. Acesso em: 23 mar. 2025.

DIAS, L. C. **Determinantes das ofertas de açúcar e de álcool paranaenses (1981–2006): uma análise de co-integração**. 2008. 99 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2008. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/2239>. Acesso em: 04 jun. 2025.

GUANZIROLI, C. E.; BUAINAIN, A. M.; DI SABBATO, A. Dez anos de evolução da agricultura familiar no Brasil: 1996 e 2006. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 2, p. 351–373, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/gYkb6s9xcpqvLLHKRw3PCnn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 maio. 2025.

MELO, C. O.; ESPERANCINI, M. S. T. Análise econômica da eficiência da produção de cana-de-açúcar de fornecedores do Estado do Paraná. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n. 3, p. 48–60, out. 2012. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/646/304>. Acesso em: 04 jun. 2025.

MOZAMBANI, C. Ivan *et al.* Adoção de práticas e tecnologias de agricultura de precisão por produtores de cana-de-açúcar do estado de São Paulo. In: BASSOI, L. H. *et al.* (orgs.). **Agricultura de precisão: um novo olhar na era digital**. São Carlos: Cubo Editora, 2024. cap. 50, p. 455–463. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1171548>. Acesso em: 04 jun. 2025.

OLIVEIRA, R. P de. **Estudo da aplicação da tecnologia 4.0 na produção de cana-de-açúcar**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –



Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2021. Disponível em:
<https://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/9223>. Acesso em: 04 jun. 2025.

PORTER, M. E. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1990.

RISSARDI JÚNIOR, D. J. R.; SHIKIDA, P. F. A. A agroindústria canavieira do Paraná pós-desregulamentação: uma abordagem neoschumpeteriana. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 3, p. 683–712, 2008. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/resr/a/FDztmYsVYLSMhx9JYsnsBZK/?lang=pt>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SANTOS, R. B. N.; BRAGA, M. J. Impactos do crédito rural na produtividade da terra e do trabalho nas regiões brasileiras. **Economia Aplicada**, v. 3, p. 299–324, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eco/a/T976b3ZKY8xdFsM45fZKCwQ/>. Acesso em: 28 abr. 2025.

SCHUMPETER, J.A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. 3. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1982. (Coleção Os Economistas).

SHIKIDA, P. F. A.; BACHA, C. J. C. Aspectos econômicos da geração de tecnologia e da utilização dos principais produtos e subprodutos da agroindústria canavieira do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 2, p. 183–202, 1998. Disponível em: <https://revistasober.org/article/5da34f2a0e88250378ba68e1/pdf/resr-36-2-9.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.

SOUZA, E. C. de; SHIKIDA, P.F. A.; MARTINS, J.P. Uma análise da agroindústria canavieira do Paraná à guisa da matriz de capacidades tecnológicas. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, MG, v. 3, n. 3, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rea/article/view/7386/2975> . Acesso em: 05 jun. 2025.

SOUZA, P. M. de; FORNAZIER, A.; SOUZA, H. M. de; PONCIANO, N. J. Diferenças regionais de tecnologia na agricultura familiar no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 4, p. 594–617, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/3fRGp9DWRgFwKKqj59BT85J/>. Acesso em: 23 mar. 2025.

TEY, Y.S; BRINDAL, M. Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. **Precision Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 713–730, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/257640209>. Acesso em: 09 jun. 2025.

