

ECONOMIA AGRÍCOLA

Expansão da produção de milho no MATOPIBA

Uma análise com a decomposição LMDI (*Logarithmic Mean Divisia Index*)

Mariana Ribeiro de Brito e Vitor Hugo Miro (LABDEA/UFC)

Resumo

Esta nota analisa em que medida as variações da área colhida e do rendimento médio contribuíram para o crescimento da produção de milho no MATOPIBA. Com base nos dados da Produção Agrícola Municipal (PAM/IBGE), acompanha-se a evolução da atividade entre 2014 e 2024 e aplica-se o método LMDI (*Logarithmic Mean Divisia Index*) para decompor a mudança observada entre os triênios 2014–2016 e 2022–2024. Nesse período, a produção regional aumentou 90,8%, dos quais 63,9% estiveram associados à expansão da área colhida e 36,1% ao aumento do rendimento médio. Os resultados também revelam diferenças relevantes entre estados e entre a primeira e a segunda safras.

Introdução

O milho (*Zea mays L.*) destaca-se como uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo, desempenhando papel fundamental na segurança alimentar, na produção de ração animal e como matéria-prima para diversos produtos (FAO, 2021; CONAB, 2023). Sua adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas e seu elevado potencial produtivo contribuem para sua expansão em distintas regiões agrícolas (EMBRAPA, 2019).

Uma das principais fronteiras agrícolas brasileiras é o território conhecido como MATOPIBA, acrônimo formado por Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Inserido majoritariamente no bioma Cerrado, o MATOPIBA reúne condições naturais e produtivas que, combinadas à adaptação de tecnologias agrícolas, favoreceram a expansão da produção de grãos em larga escala. Nas últimas décadas, culturas como soja, milho e algodão ganharam espaço na região, acompanhadas pela ampliação da infraestrutura produtiva, pela mecanização e pelo uso mais intensivo de insumos. Esse processo envolveu tanto a intensificação de áreas já incorporadas à atividade agropecuária quanto a expansão da agricultura sobre novas áreas, inclusive com conversão de cobertura vegetal nativa em partes do território (Bolfé et al., 2016; Porcionato et al., 2018).

Diante desse cenário, a questão central da análise apresentada neste relatório é compreender de que forma ocorreu o crescimento da produção de milho no MATOPIBA. Esse aumento esteve associado principalmente à ampliação da área colhida ou à elevação do rendimento médio por hectare? Além disso, a importância desses componentes foi semelhante entre os estados? Existem diferenças entre a primeira e a segunda safras? Responder a essas perguntas permite caracterizar se o crescimento regional esteve mais associado à ampliação da área colhida, aos ganhos de rendimento ou à combinação dos dois movimentos.

Para isso, a variação da produção é decomposta em dois componentes. O primeiro, denominado efeito área, representa a parcela associada à mudança da área colhida. O segundo, chamado efeito rendimento, corresponde à contribuição da variação da quantidade produzida por hectare. Essa distinção é particularmente relevante no MATOPIBA, onde coexistem

diferentes trajetórias produtivas e sistemas de cultivo. Na segunda safra, por exemplo, o milho pode ser plantado após a colheita da soja na mesma área física. Por essa razão, o crescimento da área colhida não deve ser interpretado automaticamente como incorporação de novas terras, assim como o aumento do rendimento médio não pode ser atribuído exclusivamente ao progresso tecnológico, pois também pode refletir condições climáticas, manejo e mudanças na composição das áreas cultivadas.

O objetivo geral do relatório é realizar uma análise descritiva da evolução da produção de milho no MATOPIBA entre 2014 e 2024, identificando a contribuição da área colhida e do rendimento médio para a mudança observada entre os triênios 2014–2016 e 2022–2024. Especificamente, busca-se descrever a trajetória regional da produção, da área colhida e do rendimento; decompor a variação da produção pelo método LMDI; comparar os resultados entre Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia; examinar as diferenças entre a primeira e a segunda safras; e identificar a distribuição espacial dos padrões de crescimento e retração nos municípios da região.

■ Aspectos metodológicos

• Base de dados e recortes analíticos

As informações provêm da Produção Agrícola Municipal (PAM), pesquisa anual do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), consultada por meio do SIDRA (IBGE, 2024). Foram reunidos dados municipais de quantidade produzida, área colhida e rendimento médio do milho em grão, com desagregação entre primeira e segunda safras quando disponível. O rendimento foi expresso em toneladas por hectare.

A evolução anual de 2014 a 2024 é utilizada para descrever a trajetória das variáveis. Para a decomposição, comparam-se as médias de dois triênios: 2014–2016, período inicial, e 2022–2024, período final. O uso de médias trienais reduz a influência de oscilações específicas de um único ano, particularmente relevantes em uma atividade sujeita a choques climáticos.

Os resultados regionais são obtidos a partir das somas da produção e da área colhida nos municípios da delimitação oficial do MATOPIBA (Brasil, 2015). O rendimento regional corresponde à razão entre a produção agregada e a área colhida agregada, preservando a identidade contábil utilizada na decomposição.

• Decomposição LMDI

A produção de milho (P) é definida pela identidade entre a área colhida (A) e o rendimento médio (Y):

$$P = AY. \quad (1)$$

Para dois períodos, 0 e 1, a variação absoluta da produção é $\Delta P = P_1 - P_0$. Na formulação aditiva do Índice de Média Logarítmica de Divisia (*Logarithmic Mean Divisia Index* — LMDI), essa mudança é dividida, sem resíduo, em efeito área (ΔP_A) e efeito rendimento (ΔP_Y) (Ang, 2004, 2005):

$$\Delta P = \Delta P_A + \Delta P_Y, \quad (2)$$

$$\Delta P_A = L(P_1, P_0) \ln \left(\frac{A_1}{A_0} \right), \quad (3)$$

$$\Delta P_Y = L(P_1, P_0) \ln \left(\frac{Y_1}{Y_0} \right). \quad (4)$$

A média logarítmica utilizada como ponderador é dada por:

$$L(P_1, P_0) = \frac{P_1 - P_0}{\ln(P_1) - \ln(P_0)}, \quad P_1 \neq P_0. \quad (5)$$

Quando a produção cresce, a participação de cada componente no acréscimo total pode ser expressa por:

$$s_A = \frac{\Delta P_A}{\Delta P} = \frac{\ln(A_1/A_0)}{\ln(P_1/P_0)}, \quad s_Y = \frac{\Delta P_Y}{\Delta P} = \frac{\ln(Y_1/Y_0)}{\ln(P_1/P_0)}, \quad (6)$$

de modo que $s_A + s_Y = 1$.

• Alcance e limitações

É importante ressaltar que a decomposição LMDI tem natureza contábil. O método permite distribuir a variação observada da produção entre as mudanças da área colhida e do rendimento médio, conforme a identidade apresentada na Equação (1), mas não identifica os fatores que deram origem a essas mudanças. Assim, as expressões efeito área e efeito rendimento designam as contribuições de cada componente para a variação da produção, e não efeitos causais de natureza econômica, agrônômica ou ambiental.

Essa distinção é particularmente importante na interpretação do efeito área. A área colhida informada pela PAM corresponde à extensão associada às colheitas realizadas, não ao estoque de terra fisicamente ocupado nem à área recentemente incorporada à produção. Em sistemas de cultivo sequencial, por exemplo, o milho de segunda safra pode ocupar uma área utilizada anteriormente por outra cultura no mesmo ano agrícola. Desse modo, o aumento da área colhida pode refletir maior intensidade de uso da terra, mudanças na composição das culturas ou expansão da área cultivada.

Consequentemente, o crescimento da área colhida de milho não constitui, por si só, evidência de abertura de novas áreas, conversão de vegetação nativa ou desmatamento. A distinção entre esses processos exige a integração dos dados da PAM com informações adicionais, como mapas de uso e cobertura da terra, calendários agrícolas e dados georreferenciados sobre a dinâmica das áreas cultivadas.

■ Resultados e discussão

• Evolução regional

Entre 2014 e 2024, a produção de milho no MATOPIBA apresentou tendência de crescimento, embora com oscilações importantes. O volume produzido passou de aproximadamente 5,3 milhões de toneladas em 2014 para um pico próximo de 9,5 milhões em 2023, recuando para cerca de 7,5 milhões em 2024. A área colhida seguiu trajetória semelhante, de 1,07 milhão de hectares em 2014 para 1,60 milhão em 2023, antes de cair para 1,31 milhão em 2024. O rendimento médio também avançou no período, mas foi mais volátil, com forte redução em 2016 e máximos em 2020 e 2023 (Figura 1).

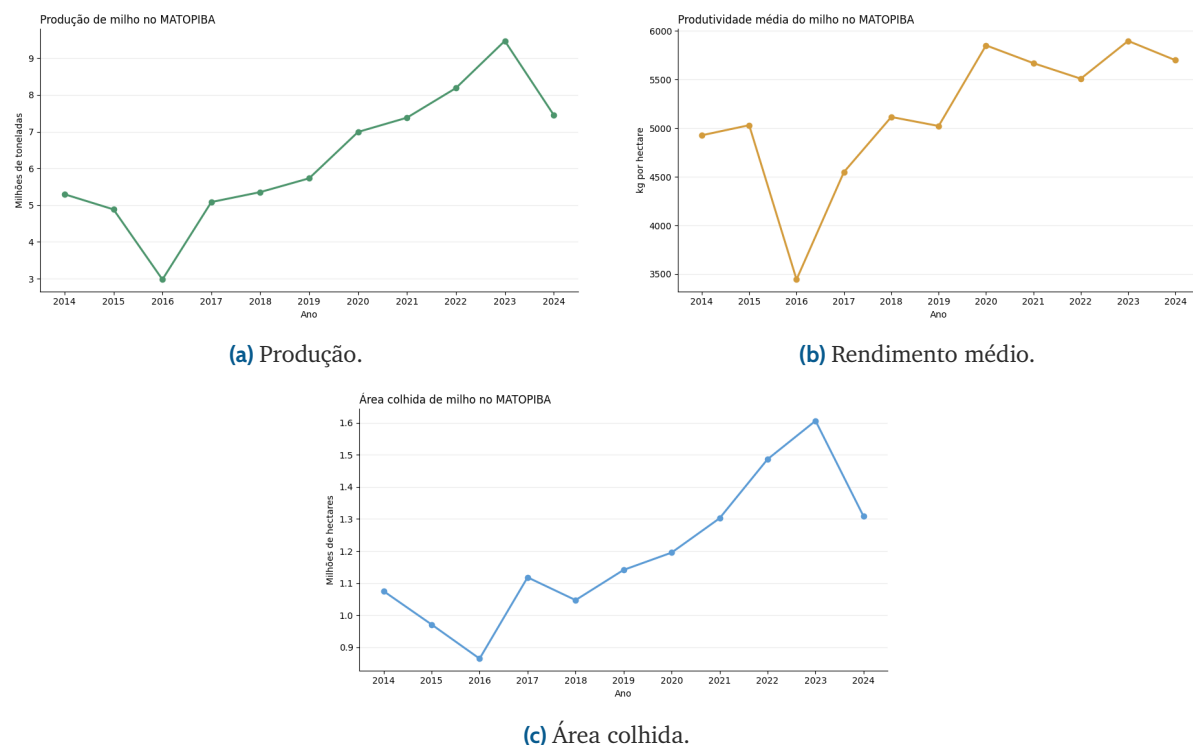


Figura 1. Produção, rendimento médio e área colhida de milho no MATOPIBA, 2014–2024.

Fonte: elaboração própria com dados da PAM/IBGE.

A comparação entre os triênios confirma uma mudança de patamar. A produção média aumentou 90,8%, de 4,39 milhões para 8,37 milhões de toneladas. No mesmo intervalo, a área colhida cresceu 51,1%, de 970 mil para 1,47 milhão de hectares, e o rendimento médio avançou 26,2%, de 4,5 para 5,7 t/ha (Tabela 1). Como a produção é o produto entre área e rendimento, as duas variações se reforçam mutuamente; por isso, não se deve comparar os percentuais por simples soma.

Tabela 1. Indicadores médios da produção de milho no MATOPIBA, 2014–2016 e 2022–2024.

Indicador	2014–2016	2022–2024	Variação (%)
Produção (t)	4.386.826	8.369.834	90,8
Área colhida (ha)	970.311	1.466.608	51,1
Rendimento (t/ha)	4,5	5,7	26,2

Fonte: elaboração própria com dados da PAM/IBGE.

• Contribuições da área e do rendimento

A produção média regional cresceu 3,98 milhões de toneladas entre os dois triênios. O LMDI atribui 2,55 milhões de toneladas desse acréscimo ao efeito área e 1,44 milhão ao efeito rendimento. Assim, o efeito área respondeu por 63,9% da variação total, enquanto o efeito rendimento respondeu por 36,1% (Figura 2). A predominância da área colhida não elimina a relevância do rendimento: sem o ganho observado por hectare, o aumento da produção teria sido substancialmente menor.

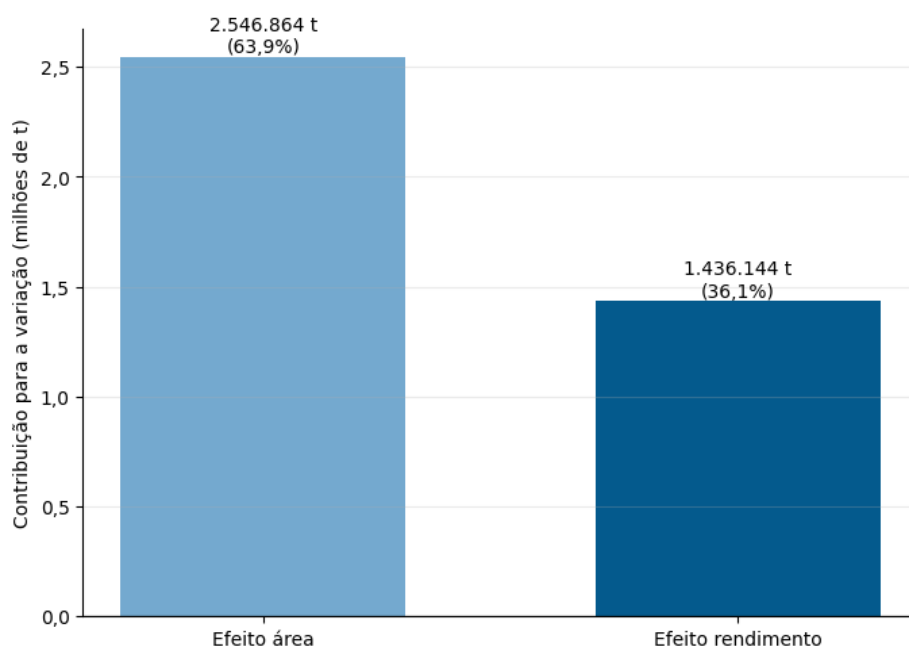


Figura 2. Decomposição da variação da produção de milho no MATOPIBA entre os triênios.

Fonte: elaboração própria com dados da PAM/IBGE. Comparação entre 2014–2016 e 2022–2024.

As trajetórias estaduais foram distintas (Tabela 2 e Figura 3). Tocantins registrou o maior aumento absoluto da produção, de 1,63 milhão de toneladas, com forte predominância do efeito área. No Maranhão, o acréscimo de 1,10 milhão de toneladas esteve mais associado ao rendimento: esse efeito alcançou 701 mil toneladas, ante 401 mil do efeito área. O Piauí combinou os dois componentes, embora o efeito área tenha sido maior.

Tabela 2. Decomposição da variação da produção de milho por estado.

UF	Δ produção (t)	Efeito área (t)	Efeito rendimento (t)
Maranhão	1.102.328	401.202	701.126
Tocantins	1.625.365	1.393.091	232.274
Piauí	1.301.836	792.976	508.860
Bahia	–46.521	–618.231	571.710

Fonte: elaboração própria com dados da PAM/IBGE. Comparação entre 2014–2016 e 2022–2024.

A Bahia foi o único estado com pequena retração líquida da produção média, de 46,5 mil toneladas. A redução da área colhida gerou contribuição negativa de 618,2 mil toneladas, enquanto a elevação do rendimento acrescentou 571,7 mil toneladas. Em outras palavras, o rendimento compensou cerca de 92,5% do efeito negativo da área, mas não o anulou completamente. Os dados permitem identificar esse rearranjo contábil, mas não revelam se os hectares deixaram o milho em favor da soja ou de outra atividade, nem se houve mudança da área física cultivada.

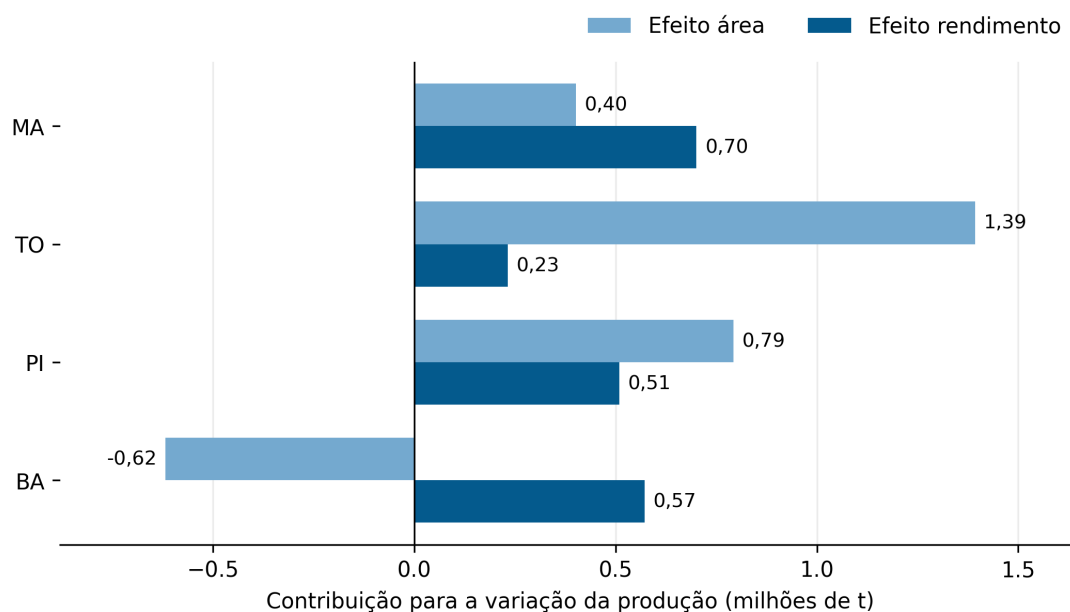


Figura 3. Efeitos área e rendimento na variação da produção de milho, por estado.

Fonte: elaboração própria com dados da PAM/IBGE. Comparação entre 2014–2016 e 2022–2024.

• Analisando a primeira e a segunda safras

A composição da produção regional também mudou. Em 2014, a segunda safra respondia por 20% do milho produzido; em 2024, sua participação chegou a 40%. Esse avanço não foi linear, uma vez que se observam oscilações ao longo da série, mas a tendência geral é de crescimento: a segunda safra ganhou importância relativa e se aproximou da produção da primeira safra (Figura 4).

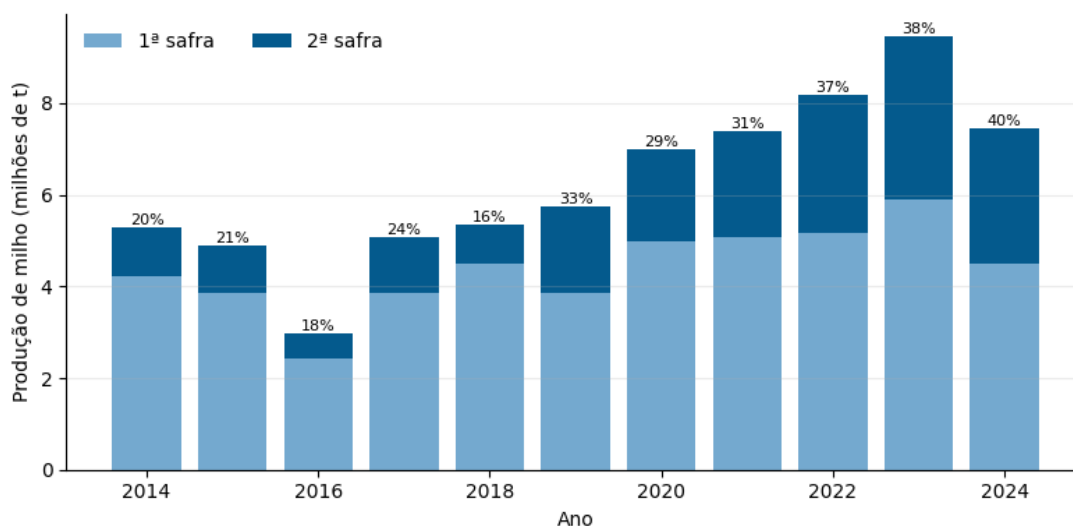


Figura 4. Produção de milho por safra e participação da segunda safra no MATOPIBA.

Fonte: elaboração própria com dados da PAM/IBGE.

A decomposição, no entanto, mostra mecanismos diferentes entre as safras (Figura 5). Na primeira safra, o crescimento entre os triênios pode ser quase integralmente atribuído ao aumento do rendimento: 94% do acréscimo. Na segunda safra, ocorreu o inverso: cerca de 87% do aumento foi associado à área colhida.

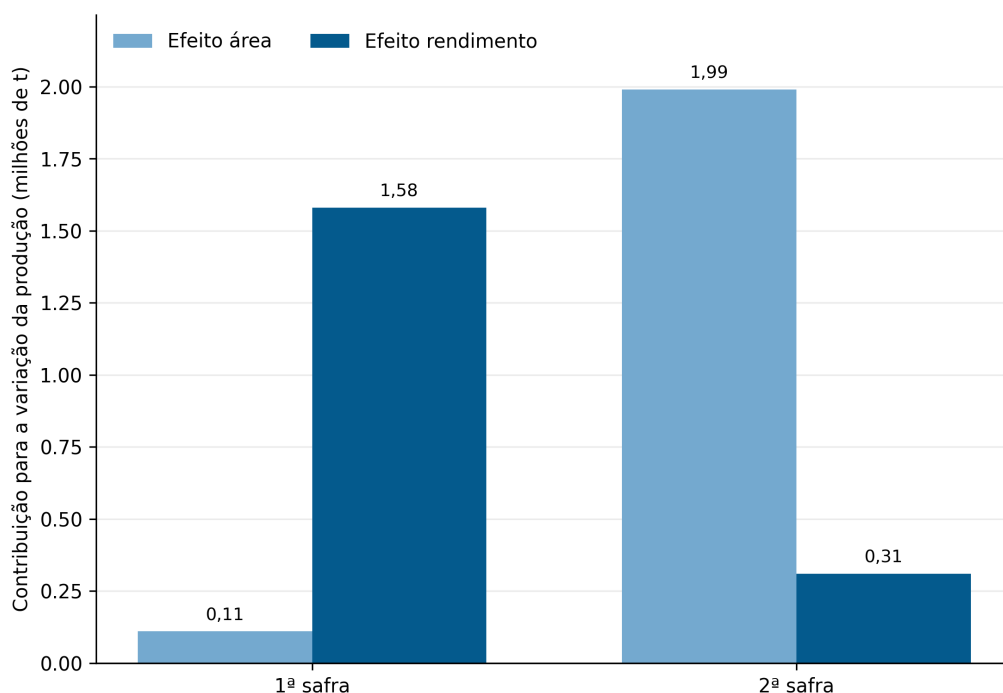


Figura 5. Decomposição da variação da produção de milho por safra.

Fonte: elaboração própria com dados da PAM/IBGE. Comparação entre 2014–2016 e 2022–2024.

A interpretação desse resultado merece uma ressalva. O crescimento da segunda safra pode ocorrer sobre a mesma área física utilizada por outra cultura na safra de verão. Nesse caso, o aumento da área colhida anual representa intensificação do uso da terra pelo cultivo sequencial, e não necessariamente expansão da fronteira agrícola.

• Heterogeneidade municipal

A decomposição municipal reforça a diversidade interna do MATOPIBA. O crescimento combinado, com efeitos positivos de área e rendimento, aparece em grande parte do território analisado, mas convive com municípios em que apenas um componente sustenta o aumento da produção e com áreas de retração (Figura 6). No mapa, “crescimento puxado pela área” ou “pelo rendimento” indica que o efeito positivo dominante superou o efeito negativo do outro componente; de forma simétrica, as categorias de queda identificam o componente negativo que prevaleceu. “Retração combinada” corresponde a efeitos negativos de área e rendimento.

O padrão combinado é disseminado em Tocantins e aparece em parcelas importantes do Maranhão, do Piauí e da Bahia. Ao mesmo tempo, há manchas de crescimento sustentado principalmente pelo rendimento e municípios com retração associada à área, especialmente em partes da Bahia. O mapa deve ser lido como uma síntese espacial dos sinais e da predominância dos componentes.

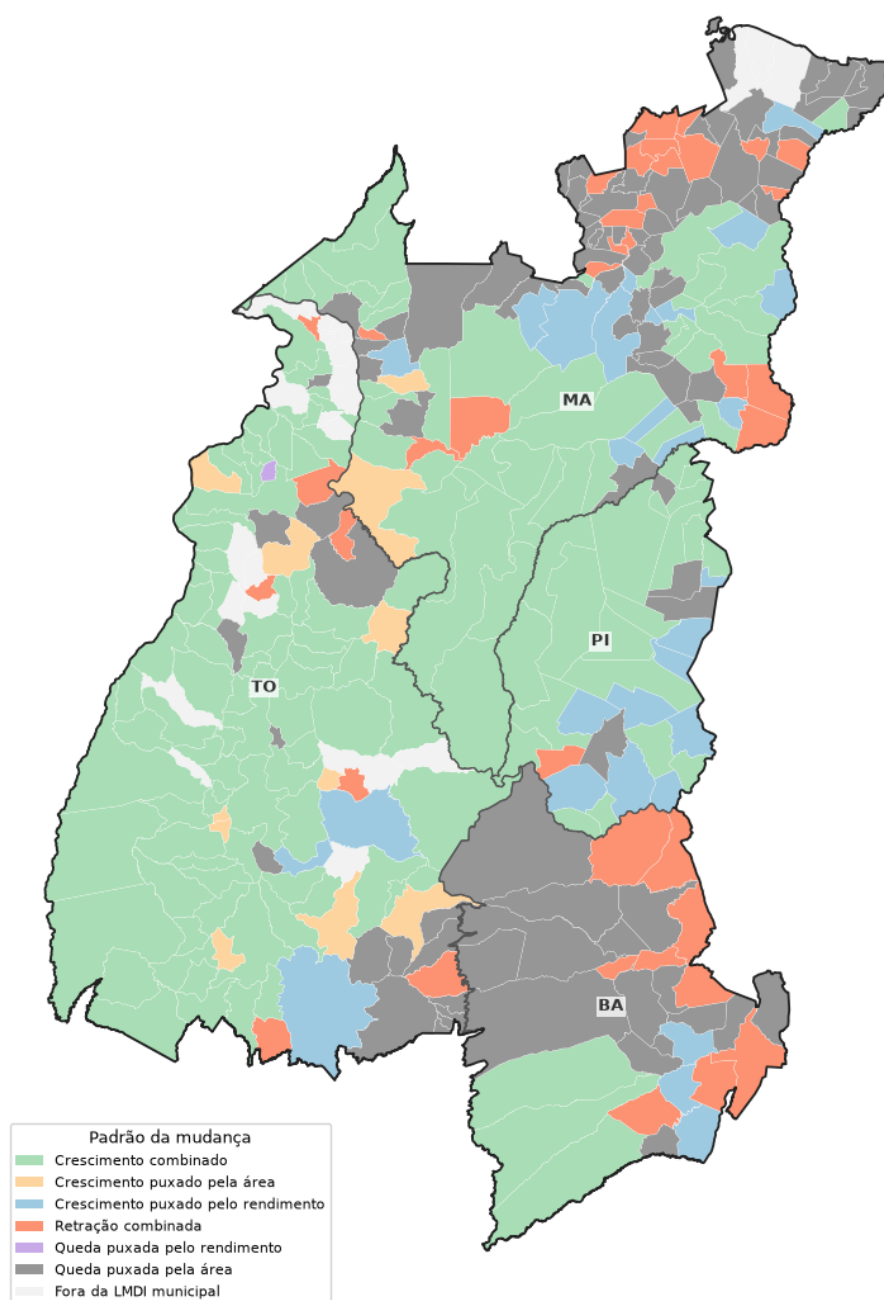


Figura 6. Padrão municipal da variação da produção de milho no MATOPIBA.

Fonte: elaboração própria com dados da PAM/IBGE. Comparação entre 2014–2016 e 2022–2024. Municípios sem condições para a decomposição aparecem fora da classificação LMDI.

■ Considerações Finais

A expansão da produção de milho no MATOPIBA entre os triênios 2014–2016 e 2022–2024 resultou da combinação entre crescimento da área colhida e elevação do rendimento médio. A produção aumentou 90,8%, com predominância do efeito área, responsável por 63,9% do acréscimo, e contribuição expressiva do efeito rendimento, de 36,1%. Esse resultado regional, contudo, reúne trajetórias distintas: a área foi decisiva em Tocantins, o rendimento predominou no Maranhão, os dois componentes avançaram no Piauí e, na Bahia, o ganho de rendimento quase neutralizou a retração da área.

Sob uma perspectiva econômica, os resultados são compatíveis com duas dinâmicas complementares. Na primeira safra, o predomínio do efeito rendimento sugere que os ganhos de produtividade tiveram papel central na sustentação do crescimento. Na segunda, a maior contribuição da área colhida é consistente com a crescente integração do milho aos sistemas de sucessão com a soja. A intensidade desse processo pode depender dos preços relativos das culturas, da janela climática, dos custos dos insumos, do acesso ao crédito e das condições de armazenamento e transporte. Incorporar essas variáveis em análises futuras permitiria avançar na identificação dos fatores que condicionam a expansão do milho no MATOPIBA.

■ Referências

- B. W. Ang. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? *Energy Policy*, 32(9):1131–1139, 2004. doi: 10.1016/S0301-4215(03)00076-4.
- B. W. Ang. The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide. *Energy Policy*, 33(7):867–871, 2005. doi: 10.1016/j.enpol.2003.10.010.
- E. L. Bolfe, D. C. Victoria, E. Contini, G. Bayma-Silva, L. Spinelli-Araujo, and D. Gomes. MATOPIBA em crescimento agrícola: aspectos territoriais e socioeconômicos. *Revista de Política Agrícola*, 25(4):38–62, 2016.
- Brasil. Portaria nº 244, de 12 de novembro de 2015: define os municípios abrangidos pelo plano de desenvolvimento agropecuário do Matopiba, 2015. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 nov. 2015.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2022/23. Technical report, Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, DF, 2023.
- EMBRAPA. Milho: caracterização e desafios tecnológicos. Technical report, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília, DF, 2019.
- FAO. FAOSTAT: Crops and livestock products, 2021. URL <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- IBGE. Produção agrícola municipal — PAM: Sistema IBGE de recuperação automática — SIDRA, 2024. Dados de 2014 a 2024. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- G. L. Porcionato, C. N. Castro, and C. N. Pereira. Aspectos sociais do MATOPIBA: análise sobre o desenvolvimento humano e a vulnerabilidade social. Technical report, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, DF, 2018.

Como citar: BRITO, Mariana Ribeiro de; MIRO, Vitor Hugo. **Expansão da produção de milho no MATOPIBA:** Uma análise com a decomposição LMDI (*Logarithmic Mean Divisia Index*). Fortaleza: LABDEA/UFC, setembro de 2026. (Prisma, n. 2).

As opiniões expressas são de responsabilidade dos autores e não refletem, necessariamente, a posição institucional do LABDEA ou da UFC.