

**O PAPEL DO CRÉDITO RURAL NO FORTALECIMENTO DA CULTURA DO MILHO NA REGIÃO DO
MATOPIBA
THE ROLE OF RURAL CREDIT IN STRENGTHENING CORN CULTIVATION IN THE MATOPIBA
REGION**

Willy Farias Albuquerque

Doutorando em Economia Rural (PPGER/UFC); Depto. de Economia – Campus Avançado de Assú (UERN)

willyfarias@alu.ufc.br ; willyfarias@uern.br

Tanara Jéssica Marques Araújo

Doutoranda em Economia Rural (PPGER-UFC); Depto de Economia - Campus Pau dos Ferros (UERN)

tanarajessica@gmail.com

Jair Andrade de Araújo

Doutor em Economia (CAEN-UFC); Depto de Economia Agrícola (PPGER-UFC)

jaraujoce@gmail.com

Keuler Hissa Teixeira

Doutor em Economia (PIMES-UFPE); Depto de Economia (UFAL)

keuler.teixeira@feaac.ufal.br; keulerht@yahoo.com.br

Antônio Célio Ferreira dos Santos

Doutorando em Economia Rural (PPGER-UFC); Economista (UNILAB)

acfsantos@unilab.edu.br

Grupo de Trabalho (GT): << GT03.Mercados agrícolas e cadeias produtivas>>

Resumo

Este artigo avalia os efeitos do crédito rural sobre a produção e a produtividade do milho no MATOPIBA, região que representa a nova fronteira agrícola do Brasil. Utiliza-se um painel de dados com 238 municípios, entre 2014 e 2023, elaborado a partir de informações do IBGE e do Banco Central. A metodologia é baseada no modelo Vetor Autorregressivo em Painel (PVAR), que permite identificar as interdependências dinâmicas entre valor da produção, área plantada, quantidade produzida, produtividade e volume de crédito rural. Os resultados indicam que choques positivos no crédito rural geram aumentos significativos na produtividade e na produção de milho, sobretudo no médio e longo prazo. A decomposição da variância evidencia que o crédito rural explica parcela crescente das flutuações da produção ao longo do tempo. Conclui-se que o crédito rural é um instrumento essencial para impulsionar o desenvolvimento agrícola e fortalecer a sustentabilidade econômica no MATOPIBA.

Palavras-Chaves: Crédito rural, Produção de milho, Matopiba.

Abstract

The study assess the effects of rural credit on corn production and productivity in the MATOPIBA region, Brazil's new agricultural frontier. A panel dataset covering 238 municipalities from 2014 to 2023 was constructed using data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and the Central Bank of Brazil. The analysis employs a Panel Vector Autoregression (PVAR) model to capture dynamic interrelations among production value, planted area, output, productivity, and rural credit volume. The results show that positive shocks in rural credit significantly increase corn productivity and production, especially in the medium and long term. Variance decomposition reveals that rural credit explains a growing share of production fluctuations over time. The findings underscore the strategic role of rural credit as a key policy instrument for fostering agricultural development and promoting economic sustainability in the MATOPIBA region.

Key words: Rural credit, Corn production, Matopiba.

1 INTRODUÇÃO

A agropecuária brasileira constitui-se como um dos pilares fundamentais do desenvolvimento nacional, sustentando a economia e projetando o país no cenário internacional. Sua relevância advém da notável capacidade de

produção e oferta de grãos, fibras e proteínas, consolidando o setor como uma das principais forças do sistema produtivo. Todavia, esse protagonismo convive com desafios estruturais e conjunturais que comprometem a estabilidade e a equidade no campo. A atividade agropecuária é fortemente influenciada por fatores externos, como as condições climáticas adversas, a volatilidade dos preços e as limitações estruturais presentes nas diversas regiões do país (Santos, 2018; Buainain et al., 2017).

Além desses aspectos, destaca-se o acesso desigual às tecnologias e aos recursos de investimento, especialmente por meio das linhas de financiamento direcionadas a diferentes perfis produtivos, o que restringe a capacidade de modernização e expansão de pequenos e médios produtores (Araújo et al., 2020). Essa realidade é particularmente evidente nas áreas de expansão da nova fronteira agrícola brasileira, compreendendo partes dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia — região conhecida como MATOPIBA. Nesse território, a heterogeneidade dos sistemas produtivos e a influência das dinâmicas do mercado internacional configuram obstáculos expressivos à consolidação de um modelo de desenvolvimento mais equilibrado e inclusivo (Alves et al., 2024; Alves; Souza; Garagorry, 1997).

Diante desse cenário, o crédito rural destaca-se como um instrumento essencial das políticas públicas voltadas ao fortalecimento da agropecuária nacional. Ao viabilizar o acesso a recursos financeiros, sobretudo para pequenos e médios produtores, o crédito rural contribui para a superação de barreiras econômicas, estimulando a adoção de tecnologias, a ampliação da produtividade e o fortalecimento da capacidade de investimento no campo (Ramos; Martha Júnior, 2010; Rocha; Ozaki, 2020). Pesquisas recentes reafirmam esse papel, evidenciando efeitos positivos do crédito sobre variáveis como produção e área cultivada, bem como sua influência no dinamismo econômico regional, especialmente na região do MATOPIBA (Costa; Vieira Filho, 2018; Souza et al., 2021).

Instituído em 1965, com a criação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), o crédito agrícola consolidou-se como uma das principais ferramentas da política agrícola nacional, sob a coordenação do Banco Central do Brasil. Seus objetivos abrangem desde o custeio da produção até a modernização das unidades produtivas (Buainain et al., 2014). Programas como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e o Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (Pronamp) reforçam esse papel, ao atenderem distintos perfis de agricultores. Contudo, persistem assimetrias no acesso e nos impactos dessas políticas, sobretudo em regiões periféricas e na nova fronteira agrícola (Araújo et al., 2020).

Entre as culturas que mais se beneficiam do crédito rural, o milho ocupa lugar de destaque. Além de sua importância para a alimentação humana e animal, o grão é peça-chave na cadeia do agronegócio brasileiro. Na safra 2022/2023, o Brasil ultrapassou a marca de 130 milhões de toneladas, consolidando-se como um dos maiores produtores e exportadores mundiais (CONAB, 2023). Esse desempenho expressivo é resultado da expansão da fronteira agrícola, da incorporação de inovações tecnológicas e do papel decisivo do crédito rural na viabilização de investimentos e aprimoramentos produtivos (Castillo; Botelho; Busca, 2021; Costa; Vieira Filho, 2018).

Nesse contexto de crescimento e reconfiguração espacial da agricultura, a região do MATOPIBA desponta como área estratégica para a expansão da produção em larga escala, especialmente das culturas de soja e milho (EMBRAPA, 2021). Conforme dados da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM/IBGE), apenas na safra de 2023, a produção de milho na região — considerando as duas safras — alcançou aproximadamente 9,5 milhões de toneladas, com produtividade média de 3,3 toneladas por hectare (PAM/IBGE, 2024).

Diante dessa conjuntura, compreender os efeitos do crédito rural sobre a produtividade do milho no MATOPIBA revela-se de grande relevância acadêmica e prática. A identificação da magnitude e da direção desses impactos pode subsidiar decisões relacionadas à alocação de recursos públicos e à formulação de políticas agrícolas mais eficazes e ajustadas às realidades locais. Em termos específicos, busca-se avaliar se o crédito rural exerce influência não apenas sobre o volume produzido, mas também sobre a eficiência técnica e os ganhos reais de produtividade agrícola na região.

Assim, este estudo tem como objetivo responder à seguinte questão de pesquisa: em que medida o crédito rural influencia a produção e a produtividade do milho nos municípios do MATOPIBA, no período de 2014 a 2023? Para tanto, utiliza-se o modelo Vetor Autorregressivo em Panel (PVAR), com base em uma amostra de 238 municípios, combinando dados do Banco Central do Brasil (Matriz de Crédito Rural – MDCR) e da Produção Agrícola Municipal (PAM/IBGE). Essa metodologia possibilita identificar os efeitos dinâmicos do crédito rural sobre a produção e a produtividade do milho, captando relações de causalidade e persistência temporal.

Além desta introdução, o artigo apresenta, na segunda seção, a revisão da literatura pertinente ao tema. A terceira seção descreve os dados e os procedimentos metodológicos. Na quarta seção, são apresentados os resultados empíricos e a discussão das evidências obtidas a partir das estimações do modelo PVAR. Por fim, a quinta seção expõe as considerações finais, sintetizando as principais conclusões e implicações do estudo para o aprimoramento das políticas públicas voltadas ao crédito rural e à produtividade agrícola.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A política de crédito rural no Brasil

A agricultura brasileira, marcada por heterogeneidade produtiva e desigualdade regional, enfrenta desafios recorrentes relacionados à instabilidade climática, volatilidade de preços e limitações de infraestrutura. Nesse cenário, o crédito rural emerge como um dos principais instrumentos de política pública para viabilizar a produção, promover a modernização tecnológica e mitigar riscos no campo (Amaral; Bacha, 2023; Costa; Vieira Filho, 2018).

Formalizado com a criação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR) em 1965, o crédito rural consolidou-se como um dos eixos estruturantes da política agrícola brasileira. Sua normatização e operacionalização estão disciplinadas no Manual de Crédito Rural (MCR), elaborado e periodicamente atualizado pelo Banco Central do Brasil (BCB), documento que estabelece as modalidades de crédito, os beneficiários, os agentes financeiros e as fontes de recursos (BCB, 2018; BCB, 2024). Desde sua instituição, o crédito rural tem desempenhado papel fundamental na modernização do setor agropecuário, ao fomentar a adoção de tecnologias produtivas e promover a profissionalização das atividades no meio rural (Santos; Braga, 2013).

A política de crédito rural compreende quatro modalidades principais, custeio, investimento, comercialização e industrialização, abrangendo desde o financiamento da produção até etapas de agregação de valor. Os recursos são provenientes de diversas fontes, incluindo depósitos obrigatórios, poupança rural, Letras de Crédito do Agronegócio (LCA), fundos constitucionais, repasses do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), além de instrumentos privados como as Cédulas de Produto Rural (CPR) e os Fundos de Investimento nas Cadeias Produtivas Agroindustriais (Fiagro) (Rocha; Ozaki, 2020; Bacen, 2024).

Para a safra 2024/2025, o governo federal destinou R\$ 400,59 bilhões para médios e grandes produtores e R\$ 108 bilhões em operações via CPR com lastro em LCA, totalizando R\$ 508,59 bilhões. À agricultura familiar, foram alocados R\$ 76 bilhões, o que representa um crescimento de 6% em relação ao ciclo anterior (BRASIL, 2024). Apesar do avanço nominal dos recursos, a distribuição do crédito continua concentrada nos grandes estabelecimentos e em regiões com maior densidade bancária e infraestrutura, perpetuando desigualdades históricas (Araujo; Alencar; Vieira Filho, 2020).

Nesse contexto, o Pronaf tem desempenhado papel central na promoção da inclusão produtiva de pequenos produtores rurais no Brasil, ao oferecer linhas de financiamento com taxas de juros subsidiadas e estímulos à adoção de práticas produtivas sustentáveis. Estudos como o de Araújo, Alencar e Vieira Filho (2020) indicam que o Pronaf tem contribuído significativamente para a expansão da renda e da produção da agricultura familiar, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste. No entanto, os efeitos positivos do programa ainda são limitados por barreiras estruturais como a elevada burocracia nos processos de concessão, a carência de assistência técnica e a baixa capilaridade institucional em áreas periféricas, o que compromete a efetividade do acesso ao crédito (Paiva et al., 2023).

Ademais, a desigualdade no acesso ao financiamento rural mantém-se como um desafio estrutural e persistente. Machado, Neves e Mattos (2021) destacam que o acesso ao crédito apresenta relação positiva com o nível de escolaridade do produtor, o uso de tecnologias e a localização em áreas dotadas de melhor infraestrutura. De modo convergente, Paiva et al. (2023) demonstram, por meio do Índice de Capitalização do Crédito Rural (IRCA), que os recursos provenientes do Pronaf tendem a concentrar-se nas regiões Sul e Sudeste, em detrimento das regiões Norte e Nordeste. Esse quadro evidencia a necessidade de políticas públicas mais integradas, que articulem o crédito rural à assistência técnica e às estratégias de comercialização, especialmente em áreas de fronteira agrícola, como o MATOPIBA, onde o potencial produtivo ainda demanda maior suporte institucional, contínuo e eficaz.

Apesar de seu potencial, o atual modelo de financiamento enfrenta limitações importantes. Questões fiscais, concentração regional dos recursos e dificuldades de acesso por parte de pequenos produtores ainda persistem (Lopes; Lowery; Peroba, 2016; Gimenes et al., 2023). Nesse cenário, alternativas como o crédito privado, instrumentos de mitigação de riscos e modalidades inovadoras de financiamento têm ganhado espaço como alternativas complementares às políticas tradicionais de crédito rural.

Dessa forma, o fortalecimento das políticas de crédito rural requer uma abordagem integrada, capaz de contemplar as particularidades regionais e de promover a articulação entre o financiamento, a assistência técnica e a infraestrutura produtiva. Essa perspectiva mostra-se essencial para o avanço de uma agricultura mais eficiente, justa e ambientalmente sustentável, especialmente em territórios de maior vulnerabilidade, como o semiárido nordestino e as áreas de fronteira agrícola em expansão no MATOPIBA.

2.2 Panorama internacional e expansão da produção de milho no Brasil

O milho ocupa posição central no agronegócio global, não apenas pela sua escala produtiva, mas também pela diversidade de usos e relevância estratégica. Segundo Erenstein et al. (2022), essa cultura cobre cerca de 197 milhões de hectares no mundo, com produção superior a 1,137 bilhão de toneladas, volume que supera o do trigo e do arroz. Sua versatilidade o torna indispensável à alimentação humana, à nutrição animal e à produção de biocombustíveis e insumos industriais, configurando-o como um componente-chave da segurança alimentar e energética mundial. Estimativas recentes do United States Department of Agriculture (USDA, 2025) indicam que a safra global de 2025/2026 deve alcançar 1,265 bilhão de toneladas, o que representa um crescimento de 3,6%. Nesse cenário, o Leste Asiático figura como o principal polo de demanda internacional, com importações previstas na ordem de 34 milhões de toneladas.

Inserido nesse contexto global, o Brasil tem expandido significativamente sua presença no mercado internacional de grãos. Conforme relatório do *Instituto de Ensino e Pesquisa* (Insper) Agro Global (Cardoso et al., 2024), desde 2023 o país ocupa a liderança nas exportações mundiais de commodities agropecuárias e agroindustriais, ultrapassando os Estados Unidos em volume exportado. Tal desempenho resulta da confluência de diversos fatores, entre os quais se destacam o ganho de produtividade, a ampliação de mercados externos e o fortalecimento da produção doméstica. Nesse processo, a consolidação da segunda safra de milho, a chamada safrinha, tem desempenhado papel crucial, elevando a competitividade do agronegócio brasileiro no cenário internacional.

No cenário interno, o milho mantém-se como uma cultura de elevada relevância econômica e estratégica para a agropecuária nacional. Em 2023, o Brasil ocupou a terceira posição no ranking mundial de produção de milho, com colheita superior a 130 milhões de toneladas, conforme dados da Conab (2024). Em 2025, até o mês de maio, a produção parcial já totalizava cerca de 130,8 milhões de toneladas, número que ainda não contempla uma eventual terceira safra, usualmente menos expressiva (IBGE, 2025).

Dados mais recentes confirmam essa tendência de crescimento. Segundo o nono levantamento da Conab (2025), a produtividade média nacional do milho atingiu 4.108 kg/ha, um aumento de 10,4% em relação à safra anterior. Segundo projeções divulgadas pelo Insper, através do trabalho de Cardoso et al. (2024), o Brasil tende a se consolidar, até 2034, como o maior exportador mundial de milho, com vendas estimadas em 77,5 milhões de toneladas, superando as 63,5 milhões de toneladas previstas para os Estados Unidos. Esse cenário reforça o protagonismo crescente do país no comércio internacional de grãos e destaca o milho como vetor estratégico da internacionalização do agronegócio brasileiro.

2.3 A importância regional e os vetores estruturantes da produção de milho no Matopiba

Inserida no novo dinamismo agrícola do país, a região do Matopiba tem se consolidado como uma das principais frentes de expansão da produção de grãos, especialmente de soja e milho. Segundo projeções do Ministério da Agricultura e da Embrapa (Brasil, 2023), o volume de grãos produzido na região evoluiu de 18 milhões de toneladas em 2013 para mais de 35 milhões em 2023, com expectativa de alcançar 48 milhões até 2032/2033. Conforme dados da Brasil (2023), o Matopiba em 2023 respondeu por cerca de 7% da produção nacional de milho, com destaque para o Oeste da Bahia e o Sul do Maranhão.

As estimativas para a safra de 2024/2025 apontam uma produção nacional de milho na ordem de 119,78 milhões de toneladas, das quais cerca de 90,29 milhões deverão ser provenientes da segunda safra, consolidada como componente estratégico da oferta brasileira (Conab, 2024). Nessa conjuntura, a atuação do crédito rural tem sido determinante para viabilizar o crescimento da produção no Matopiba, ao permitir a adoção de tecnologias e a expansão da área plantada. Estudo de Silva Filho et al. (2023) mostra que o crédito público exerce efeitos positivos e espacialmente significativos sobre a produção agrícola no Matopiba, evidenciando o papel estruturante desse instrumento na intensificação da atividade agropecuária em regiões de expansão.

Outro aspecto relevante diz respeito à destinação da produção nacional de milho, cuja maior parte é voltada para a alimentação animal. Nos últimos vinte anos, o consumo interno para esse fim manteve-se relativamente estável, representando cerca de 85% do total produzido (Brasil, 2024). O uso do milho como matéria-prima para a produção de etanol, sobretudo no Centro-Oeste, também tem crescido, reforçando sua importância para a diversificação energética nacional (Neves, et al, 2021). Essas múltiplas destinações elevam o peso econômico do milho e ampliam sua centralidade nas estratégias agroindustriais brasileiras.

O desempenho brasileiro nas exportações de milho tem sido expressivo, consolidando o país como um dos principais atores globais no fornecimento desse grão. Em 2022, as receitas provenientes das vendas externas ultrapassaram US\$ 10 bilhões, refletindo a crescente inserção do produto na pauta comercial agrícola (USDA, 2023). Apesar dessa trajetória positiva, o Valor Bruto da Produção (VBP) do milho registrou, em 2024, uma retração de 18,9% em relação ao ano anterior, somando R\$ 122,92 bilhões. Essa redução decorre, sobretudo, da combinação entre a queda nos preços médios do grão (-7,5%) e a redução no volume produzido (-12,3%), conforme estimativas da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2024). Ainda assim, os números reafirmam a centralidade econômica do milho na agropecuária nacional.

De toda forma, as projeções de longo prazo elaboradas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária apontam o milho como o produto agropecuário com maior crescimento percentual esperado nas exportações até 2033/2034, com variação acumulada de 61,9% no volume exportado superando carnes, frutas e fibras vegetais (Brasil, 2024).

À luz dos dados apresentados, torna-se evidente que a expansão da produção de milho no Brasil notadamente em novas fronteiras como o Matopiba não resulta apenas da ampliação de área ou do dinamismo de mercado, mas de uma confluência de vetores institucionais, tecnológicos e financeiros. Nesse sentido, políticas públicas como o crédito rural assumem papel estruturante, funcionando como catalisadores do processo de modernização e intensificação produtiva em regiões com potencial ainda em consolidação.

2.4 Crédito rural destinado à cultura de milho no Matopiba

A consolidação do Matopiba como nova fronteira agrícola brasileira está profundamente associada a um projeto institucional que articula interesses públicos e privados em prol da expansão do agronegócio. Conforme argumenta Favareto et al. (2019), essa configuração territorial resulta de um arranjo deliberado baseado em três vetores principais: a adoção intensiva de inovações tecnológicas; o fortalecimento de instituições de pesquisa e extensão rural, com destaque para a atuação da Embrapa; e a ampliação do acesso ao financiamento por meio do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR). Esse arcabouço institucional criou condições favoráveis para o avanço da produção de grãos, especialmente de soja e milho, que passaram a liderar a economia agrícola da região.

No que se refere à dinâmica produtiva, a produção de grãos, especialmente soja e milho, apresenta significativa importância econômica na região. Segundo Santos et al. (2024), essas duas culturas lideraram o Valor Bruto da Produção (VBP) tanto para a agricultura familiar quanto para a não familiar nos anos de 2006 e 2017. Em 2017, a soja em grãos representava 51,7% do VBP agropecuário, consolidando-se como a principal cultura da região, enquanto o milho ocupava a segunda posição, com 22,89%.

O papel do crédito rural como vetor de crescimento regional tem sido amplamente reconhecido na literatura recente. Souza et al. (2022), ao analisarem 17 municípios localizados entre o Oeste da Bahia, o Sul do Maranhão e o Sudoeste do Piauí totalizando uma área aproximada de 73 milhões de hectares, observaram que o aumento do volume de financiamento rural exerceu impacto significativo sobre o Produto Interno Bruto (PIB) da agropecuária local. Segundo os autores, o crédito contribuiu diretamente para a reestruturação da base produtiva, promovendo ganhos de rentabilidade e estimulando o crescimento da renda setorial. Esses resultados corroboram as conclusões de Gomes et al. (2020), que identificam o crédito rural como um dos principais indutores das transformações no uso e na cobertura da terra em áreas de expansão agrícola.

No campo das políticas públicas de financiamento agropecuário, o Plano Safra 2025/2026 prevê a destinação de R\$ 516,2 bilhões em recursos para o Crédito Rural Empresarial, sendo R\$ 414,7 bilhões voltados às operações de custeio e comercialização e R\$ 101,5 bilhões destinados a investimentos. Em comparação ao ciclo anterior (2024/2025), observa-se um aumento no montante total disponibilizado, com destaque para a ampliação dos recursos nas linhas de custeio e comercialização, o que demonstra o esforço institucional em manter a liquidez das atividades agropecuárias e em fortalecer a capacidade de capital de giro dos produtores (MAPA, 2025).

O milho, por sua natureza intensiva em insumos e pela necessidade de infraestrutura logística adequada, tende a se beneficiar diretamente dessas linhas de financiamento. O acesso ao crédito contribui para a redução dos custos operacionais e para o aumento das margens de rentabilidade, fortalecendo o papel do crédito rural como instrumento estratégico de modernização produtiva e de desenvolvimento regional. A trajetória recente da cultura do milho no MATOPIBA confirma esse papel estruturante, evidenciando o impacto positivo do financiamento sobre a expansão da fronteira agrícola e sobre a consolidação da competitividade regional.

Apesar da importância do crédito rural para o avanço da agricultura no MATOPIBA, ainda são escassos os estudos empíricos que examinam de forma específica seus efeitos sobre a produtividade do milho na região. As pesquisas existentes abordam impactos mais amplos sobre o setor agropecuário, seja por meio da análise de programas específicos (Araújo; Alencar; Vieira Filho, 2020), seja com foco voltado à cultura da soja (Ribeiro et al., 2023), mas não exploram de maneira aprofundada as relações entre financiamento e eficiência produtiva no cultivo do milho. Diante disso, o presente estudo busca preencher essa lacuna, oferecendo evidências empíricas inéditas a partir de uma modelagem econométrica aplicada a dados municipais da região do MATOPIBA.

3 METODOLOGIA

Nos estudos onde as séries temporais analisadas apresentam relações mútuas ao longo do tempo, torna-se imprescindível adotar uma metodologia que leve em consideração a cointegração. Neste contexto, o modelo Vetor Autorregressivo (VAR) é frequentemente empregado, por permitir avaliar de forma ampla tanto a evolução quanto as interdependências entre múltiplas séries temporais, generalizando o conceito tradicional de autoregressão univariada para o caso multivariado. Analogamente ao VAR convencional, o modelo VAR em Painel (PVAR ou Painel Var), combinação do VAR com dados em painel, capaz de capturar as dinâmicas interdependentes dos dados, impondo apenas um conjunto mínimo de restrições adicionais. Sua característica distintiva reside na incorporação simultânea de informações provenientes de múltiplas unidades em um determinado ponto no tempo, ou seja, dados em corte transversal. Consequentemente, o PVAR permite a identificação de relações complexas de interdependência e causalidade entre as variáveis analisadas (Bondar, 2010; Maia, 2011; Canova; Ciccarelli, 2013).

3.1 Método de análise

O modelo PVAR aplicado nesta pesquisa mantém uma estrutura semelhante ao VAR tradicional, fundamentando-se na premissa de que as variáveis estudadas são endógenas e interdependentes entre si. Diferentemente de outras técnicas

econométricas que usualmente classificam variáveis em endógenas ou exógenas classificação esta frequentemente considerada arbitrária, o PVAR adota uma abordagem alternativa, tratando todas as variáveis como endógenas. Essa abordagem busca minimizar a possibilidade de imposição de restrições incorretas ou artificiais, proporcionando uma maior flexibilidade e precisão na análise econométrica realizada (Bondar, 2010; Maia, 2011).

$$Y_{it} = A_{0i}(t) + A_i(L)Y_{t-1} + u_{it}^1$$

Onde i representa os municípios da região Matopiba, Y_t é o empilhamento dos dados do vetor Y_{it} , que por sua vez representa as variáveis endógenas do modelo. $A_{0i}(t)$ possui os segmentos determinísticos contidos nos dados, $A_i(L)$ se constitui como o operador polinomial de defasagem, u_{it} representa um vetor $G \times 1$ de erros aleatórios e A_0 juntamente com A_i dependem de i . No modelo, as variáveis foram estimadas em logaritmo.

3.2 Base de Dados

Para compreender os impactos do crédito rural sobre a produtividade e a produção de milho nos municípios que integram a região do Matopiba, entre os anos de 2014 e 2023, os autores recorreram a dados da Matriz de Crédito Rural (MDCR), disponibilizada pelo Banco Central (Bacen), além de informações provenientes da Produção Agrícola Municipal (PAM), acessíveis no site do IBGE. O Quadro 1 do estudo detalha as variáveis utilizadas na modelagem econométrica.

Quadro 1 - Variáveis do modelo

VARIÁVEIS	ABREVIÇÕES	DESCRIÇÃO	FONTE
VBP	VBP	Valor bruto da produção de milho por município (mil reais)	Produção agrícola municipal (PAM - IBGE)
Quantidade Produzida	QP	Quantidade de milho produzida por município (toneladas)	
Produtividade	PROD	Produtividade da terra por município	
Área Plantada	AP	Área plantada de milho por município (hectares)	
Crédito Rural	CR	Valor do crédito rural por município (mil reais)	MDCR / BACEN

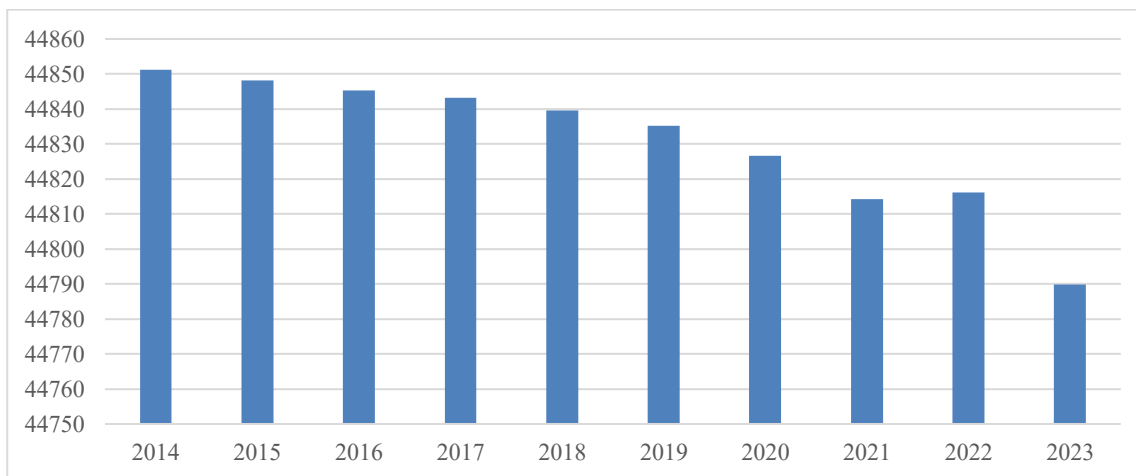
Fonte: Elaborado pelos autores

Nesse contexto, observa-se que o valor bruto da produção de milho foi apresentado em mil reais; a quantidade produzida foi medida em toneladas; a produtividade da terra foi avaliada por município; a área plantada foi registrada em hectares; e o crédito rural também foi expresso em mil reais, conforme registrado por município.

O gráfico 01 revela uma tendência de queda contínua nos valores médios anuais do crédito rural concedido aos municípios entre os anos de 2014 e 2023. A linha de tendência destacada no gráfico indica que, ao longo desse período, houve uma redução gradual nos repasses médios, o que sugere uma retração no volume total de crédito rural ofertado, especialmente a partir de 2019. Essa queda pode ser resultado de mudanças na política de crédito rural, restrições orçamentárias, ou ainda de redirecionamento dos recursos para outras finalidades dentro do agronegócio.

O gráfico 01 ainda evidencia que os valores são superiores nos anos de 2014 a 2016, todos com média acima de R\$ 44.800.000,00. Já o menor valor no gráfico aparece em 2023, reflete o esgotamento desse impulso a partir de 2020, reforçando a hipótese de redução estrutural do crédito rural médio nos anos seguintes.

Gráfico 1 - Valor médio do crédito rural (Milhões) por ano nos municípios do Matopiba



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 ANÁLISE DOS DADOS

4.1 Estatísticas descritivas

Os resultados descritos na Tabela 01 são referentes a uma amostra de 238 municípios produtores de milho na região do Matopiba, para os anos de 2014 à 2023. Percebe-se então que há grande dispersão nos valores de crédito rural, o que indica forte desigualdade entre os municípios analisados. Enquanto alguns acessam valores muito baixos (mínimo de R\$ 1.400), outros obtêm volumes expressivos de crédito (acima de R\$ 1,8 bilhão). O desvio padrão elevado reforça essa heterogeneidade.

A média de produtividade do milho é relativamente baixa, e o valor mínimo igual a zero sugere que há localidades com produção nula ou falhas de cultivo. Já o valor máximo (11,542 t/ha) mostra que alguns produtores atingem altos níveis de produtividade, indicando desigualdade técnica e produtiva.

A produção de milho apresenta forte disparidade entre os municípios ou unidades observadas. O mínimo de zero revela a inexistência de produção em algumas regiões, enquanto o máximo aponta uma produção extremamente elevada em outras. O alto desvio padrão confirma a variabilidade significativa na escala produtiva. Adicionalmente o município que registrou maior produtividade foi São Desidério (BA) em 2023, enquanto o de menor produtividade foi Coribe (BA).

Tabela 1 - Estatísticas descritivas

VARIÁVEIS	MAX	MIN	MÉDIA	DES. PAD.	OBS
quantidade de milho (ton)	690.984	-	24.672,25	73.731,45	238
produtividade (ton/ha)	11.542	-	2.956,96	2.138,25	238
crédito rural (r\$)	1.846.961.633,65	1.400,00	44.707.864,94	131.213.754,59	238

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados revelam que os maiores produtores de milho estão concentrados em regiões do Nordeste brasileiro, especialmente nos estados da Bahia, Maranhão e Piauí. O município de São Desidério (BA) lidera com destaque na produção, seguido de perto por Balsas (MA) e Uruçuí (PI). Essa distribuição reflete uma consolidação da fronteira agrícola no Matopiba acrônimo para Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia uma das regiões mais dinâmicas do agronegócio no Brasil, impulsionada por investimentos em tecnologia, mecanização e infraestrutura logística.

Além disso, o volume expressivo produzido por esses municípios indica não apenas áreas extensas destinadas ao cultivo, mas também uma alta eficiência agrícola, evidenciada pela produtividade média. Municípios como Baixa Grande do Ribeiro (PI) e Correntina (BA) complementam o ranking, reforçando a relevância da região para o abastecimento nacional e exportação do milho. Esses resultados também podem orientar políticas públicas e estratégias de mercado voltadas à sustentabilidade e à competitividade dessa importante cadeia produtiva.

4.2 Estimações do PVAR

Antes de estimar o modelo PVAR, foi realizado o teste de raiz unitária de Harris-Tzavalis afim de verificar se as séries temporais são estacionárias. Dessa forma, a partir do teste de raiz unitária de Harris Tzavallis (1999), descrito na tabela 2 observam-se os seguintes resultados

Tabela 2 - Teste de raiz unitária - HT

VARIÁVEIS	ESTATÍSTICA	Z	P-VALOR
Quantidade de milho	0,5431	-10,3086	0,0000
Valor do Crédito Rural	1,0933	20,4833	1,0000
Produtividade do milho	0,2924	-24,3382	0,0000

Fonte: Elaboração do autor

Os resultados obtidos por meio do teste de raiz unitária de Harris e Tzavallis (1999) indicam que as variáveis QP (quantidade produzida) e PROD (produtividade) são estacionárias no nível, conforme evidenciado pelos p-valores extremamente baixos ($p = 0,0000$), os quais permitem rejeitar com segurança a hipótese nula de presença de raiz unitária. Isso significa que essas variáveis apresentam comportamento estável ao longo do tempo, sem tendência estocástica persistente, o que as torna adequadas para análises econométricas que exigem estacionariedade, como modelos de painel estático ou VAR em nível. A estabilidade dessas séries é um indicativo positivo de que choques nelas tendem a se dissipar no tempo, retornando ao seu valor médio.

Por outro lado, a variável CR (crédito rural) apresentou um p-valor igual a 1,0000, sugerindo forte evidência em favor da hipótese nula, ou seja, a presença de raiz unitária. Isso implica que a série não é estacionária, e seu comportamento ao longo do tempo pode ser influenciado por tendências ou choques permanentes. Para essa variável, recomenda-se a diferenciação antes de sua inclusão em modelos que pressupõem estacionariedade, a fim de evitar inferências incorretas ou resultados espúrios. Este achado ressalta a importância de um tratamento estatístico cuidadoso das séries temporais em painel, especialmente quando há heterogeneidade entre os processos geradores das variáveis envolvidas.

Assim, a fim de corrigir essa não-estacionariedade, tem-se duas formas uma seria aplicar a primeira diferença $\Delta CR_{it} = CR_{it} - CR_{it-1}$ ou então aplicar o logaritmo nas variáveis em questão e refazer o teste. Por conveniência, escolheu-se logaritmizar as variáveis e refazer o teste, obtendo-se o resultado conforme disposta na tabela 03.

De acordo com a Tabela 03, ao aplicar o teste de raiz unitária de Harris e Tzavallis (1999) às versões logarítmicas das variáveis, obtêm-se resultados estatisticamente significativos e apontam de forma consistente para a rejeição da hipótese nula, uma vez que todos os p-valores encontrados foram iguais a 0,0000. Essa evidência empírica indica que as variáveis transformadas em logaritmo, ln da quantidade de milho, ln do valor do crédito rural e ln da produtividade do milho, são estacionárias em nível. A magnitude dos valores Z negativos reforça a robustez dessa inferência. Em termos práticos, a estacionariedade dessas séries implica que seus comportamentos são estáveis ao longo do tempo e que eventuais choques tendem a ser transitórios, retornando à média.

Tabela 3 - Teste de raiz unitária – HT com variáveis logaritmizadas

VARIÁVEIS	ESTATÍSTICA	Z	P-VALOR
Ln da Quantidade de Milho	0,458	-15,0715	0,0000
Ln do Valor do Crédito Rural	0,5948	-7,4480	0,0000
Ln da Produtividade do milho	0,1621	-31,6316	0,0000

Fonte: Elaboração do autor

Na sequência, realizou-se o teste de Causalidade de Granger para verificar a direção e a intensidade da causalidade entre as variáveis em questão.

Tabela 4 - Resultados do teste de Causalidade de Granger

EQUATION(Y) \ EXCLUDED(X)		chi2	Df.	Prob>chi2
Log Produção Total	Log Crédito Rural	46,888	1	0,0000
Log Produtividade	Log Crédito Rural	24,889	1	0,0000
Log Crédito Rural	Log Produção Total	15,006	1	0,0000
Log Crédito Rural	Log Produtividade	19,561	1	0,0000

Fonte: Elaboração dos autores

Segundo Mills (2015), o teste de causalidade de Granger não busca identificar causalidade em seu sentido filosófico ou estrutural, mas sim avaliar se os valores passados de uma variável explicativa contribuem significativamente para a previsão de outra variável, mesmo após o controle pelos próprios valores defasados desta última. Em outras palavras, trata-se de um procedimento voltado à identificação de relações preditivas no âmbito da análise de séries temporais.

Especificamente, os resultados do teste de causalidade de Granger demonstraram elevados valores do Chi2 e baixos p-valores (inferiores a 0,01) para as relações entre o crédito rural e a produtividade, o que reforça a rejeição da hipótese nula de ausência de causalidade preditiva. Essa robustez estatística indica que os valores passados do crédito rural contribuem de forma significativa para a explicação da variação na produtividade agropecuária no período subsequente.

De acordo com Hamilton (2012), a significância dos coeficientes defasados em modelos VAR é justamente o critério fundamental para se concluir pela existência de causalidade de Granger. Essa interpretação é fortalecida pelo arcabouço teórico de Stock e Watson (2007), que situam o teste como ferramenta para avaliar a utilidade preditiva de uma variável. Embora os resultados sejam estatisticamente robustos, é importante reiterar, à luz das advertências metodológicas de Wegman (1996) e Mills (2015), que tais achados não implicam uma relação causal estrita, mas apenas indicam que a série temporal do crédito rural antecipa, com significância, a trajetória da produtividade, o que é valioso para fins de monitoramento, planejamento econômico e formulação de políticas agrícolas.

O teste de causalidade de Granger tem se mostrado uma ferramenta robusta para examinar relações dinâmicas entre variáveis econômicas ao longo do tempo. Com base nos resultados apresentados, a análise empírica revela que o crédito rural (LCR) exerce causalidade sobre a quantidade produzida (LQP) e a produtividade (LPROD), corroborando com os achados de Ahmed et al. (2022), que demonstraram que políticas de seguro agrícola nos Estados Unidos influenciaram diretamente a produtividade agrícola total dos fatores, com relação de causalidade unidirecional. Esses resultados reforçam a tese de que instrumentos financeiros, como o crédito rural, não apenas antecedem variações produtivas, como também possuem efeito propagado no tempo, evidenciado nos gráficos de impulso-resposta obtidos na presente pesquisa.

Além disso, o estudo de Azeem et al. (2022) aponta para uma associação significativa entre crédito agrícola e desempenho produtivo em países em desenvolvimento, destacando a direção causal do crédito para os indicadores agrícolas. No contexto do Brasil, especialmente na região do MATOPIBA, essa evidência ganha relevância, visto que o acesso ao crédito é uma das principais variáveis intervenientes no crescimento da agropecuária regional. A aplicação do teste de Granger neste estudo, portanto, fornece base estatística sólida para afirmar que os choques positivos no crédito rural precedem e explicam aumentos subsequentes na produção agrícola, o que respalda sua utilização como variável explicativa nas análises de políticas públicas.

Por fim, as evidências de causalidade de Granger identificadas estão em consonância com as proposições metodológicas de Nazlıoğlu e Karul (2024), que defendem a adequação de testes com heterogeneidade entre unidades de corte transversal, como no caso de painéis com múltiplos municípios. A presença de significância estatística reforça a robustez dos achados e permite argumentar que políticas de financiamento direcionadas podem ter efeitos persistentes e significativos sobre a performance agrícola, consolidando o crédito rural como uma alavanca central na promoção da produtividade e da expansão agropecuária regional.

Tabela 5 - Decomposição do erro de variância

Variável de Impulso	Variável de Resposta	Horizontes					
		0	1	2	3	4	5
Prod Total	Crédito Rural	0,00	100,00	91,01	74,55	57,64	44,20
		0,00	0,00	8,99	25,45	42,36	55,80
Crédito Rural	Prod Total	0,00	6,74	10,95	14,00	16,02	17,31
		0,00	93,26	89,05	86,00	83,98	82,69
Produtividade	Crédito Rural	0,00	100,00	93,83	83,03	71,31	60,98
		0,00	0,00	6,17	16,97	28,69	39,02
Crédito Rural	Produtividade	0,00	9,42	20,07	26,51	30,22	32,38
		0,00	90,58	79,93	73,49	69,78	67,62

Fonte Elaborado pelos autores

A decomposição da variância do erro de previsão permite examinar, em termos percentuais, quanto da

variabilidade futura de uma variável endógena em um modelo VAR pode ser explicada por choques em si mesma e por choques nas demais variáveis do sistema. Trata-se de uma ferramenta fundamental para avaliar a interdependência dinâmica entre as variáveis ao longo do tempo.

No presente estudo, observa-se que a maior parte da variância da produtividade do milho, nos primeiros períodos, é explicada por choques na própria variável. Contudo, ao longo do horizonte temporal, a participação do crédito rural no processo explicativo torna-se cada vez mais relevante. Esse padrão é compatível com a literatura que trata da dinâmica das séries temporais em modelos VAR, como assinala Shumway e Stoffer (2017), ao destacar que a decomposição da variância fornece uma medida da influência relativa dos choques estruturais sobre as variáveis do sistema em distintos horizontes de previsão.

Corroborando com essa interpretação, Madsen (2007) enfatiza que a análise de variância é particularmente útil para identificar a importância relativa dos impulsos de diferentes variáveis ao longo do tempo, fornecendo suporte empírico à existência de relações de causalidade dinâmica entre as variáveis endógenas.

Adicionalmente, a interpretação obtida é compatível com os resultados do teste de causalidade de Granger, anteriormente discutido. Segundo Stock e Watson (2007), a causalidade de Granger sugere que uma variável X “Granger-causa” Y se os valores passados de X ajudam a prever Y, mesmo após controlar os próprios defasagens de Y. Assim, ao identificar que o crédito rural contribui, de forma crescente, para explicar a variância da produtividade do milho ao longo do tempo, os resultados da decomposição da variância do erro reforçam o resultado obtido pelo teste de Granger.

Essa sinergia entre os resultados é também abordada por Chris Brooks (2014), que afirma que a decomposição da variância e a análise de impulso-resposta são complementares à causalidade de Granger, pois fornecem uma visão mais rica da dinâmica do sistema, permitindo quantificar o grau de influência das variáveis ao longo do tempo e não apenas a existência estatística de relação.

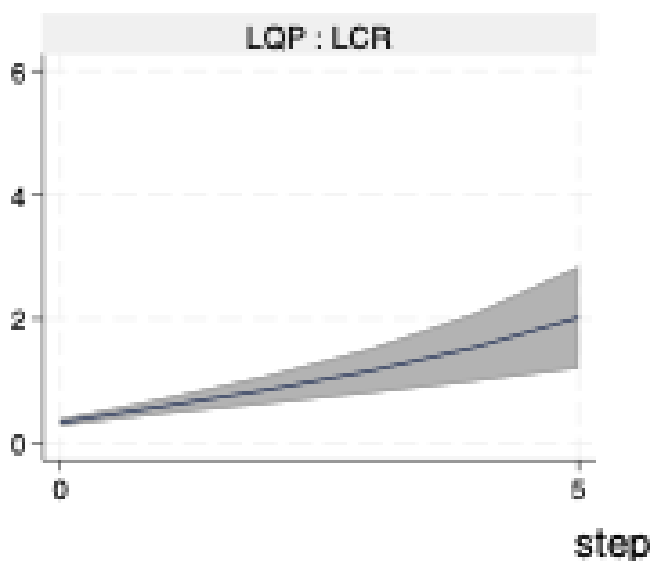
A decomposição do erro de variância (Forecast Error Variance Decomposition – (FEVD) constitui uma ferramenta essencial para investigar as inter-relações dinâmicas entre variáveis econômicas em modelos de Vetores Autorregressivos em Painel (PVAR). Por meio dessa metodologia, torna-se possível identificar a proporção da variância de uma variável endógena que pode ser explicada por choques exógenos em outras variáveis do sistema ao longo do tempo, contribuindo para a interpretação da direção e da intensidade dos efeitos entre os elementos observados (Almeida, 2021, p. 57). Essa abordagem oferece insights relevantes para compreender, por exemplo, como as variações no crédito rural repercutem sobre a produtividade agrícola em diferentes horizontes temporais.

A aplicação do modelo PVAR com decomposição da variância tem sido valorizada em estudos voltados à análise macroeconômica e à formulação de políticas públicas, especialmente em contextos marcados por interdependência regional ou setorial. Segundo Gomes, Besarria e Silva (2023, p. 1033), a FEVD é uma das etapas mais relevantes da análise empírica com PVAR, pois permite quantificar de forma robusta o impacto relativo das variáveis explicativas sobre a dinâmica das variáveis endógenas. No contexto da agropecuária brasileira, essa técnica pode auxiliar na avaliação dos efeitos diferenciados da concessão de crédito rural sobre o desempenho produtivo dos municípios, revelando, por exemplo, a sensibilidade da produtividade do milho a variações nos investimentos públicos ou privados.

A decomposição do erro de previsão também se mostra útil para a formulação de estratégias setoriais, ao permitir identificar quais variáveis têm maior capacidade explicativa sobre o comportamento de variáveis econômicas estratégicas, como produção ou produtividade. Oliveira (2024, p. 51) destaca que a utilização da FEVD em modelos PVAR e SVAR torna-se indispensável para captar os efeitos de choques específicos sobre variáveis macroeconômicas em diferentes janelas temporais. Tal abordagem contribui para fortalecer o entendimento sobre os canais de transmissão de políticas públicas no setor agropecuário e, conseqüentemente, para fundamentar decisões mais eficazes sobre alocação de recursos financeiros, como o crédito rural.

Por fim, conforme salientam Fusari, Marlow e Volpicella (2024, p. 3), a FEVD, mesmo em modelos parcialmente identificados, mantém seu valor analítico ao fornecer uma medida clara sobre a importância relativa dos choques em sistemas multivariados. Assim, ao aplicar esse método à região do MATOPIBA, observa-se não apenas a importância do crédito como propulsor da produção de milho, mas também a relevância de considerar os efeitos cruzados entre variáveis estruturais, como área plantada e produtividade, para a efetiva compreensão do papel das políticas de financiamento rural. A capacidade da FEVD de captar essas interações reforça sua utilidade tanto para o campo acadêmico quanto para a elaboração de políticas públicas específicas.

Gráfico 2 - Resposta da quantidade produzida de milho a choques no crédito rural



Impulse : response

Nota: A região em cinza representa o intervalo de confiança de 95%

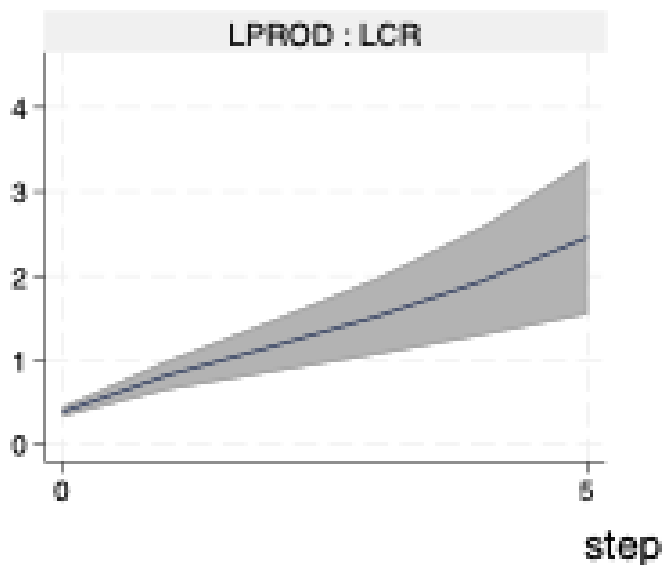
Fonte: Elaborado pelos Autores

A função impulso-resposta apresentada no gráfico ilustra a trajetória esperada da variável quantidade produzida (LQP) diante de um choque positivo na variável crédito rural (LCR). No eixo horizontal (step), são representados os cinco períodos subsequentes ao impulso inicial, permitindo observar a evolução temporal do efeito. A linha azul corresponde à média estimada do impacto do choque, enquanto a faixa cinza delimita o intervalo de confiança geralmente de 95%, indicando a margem de incerteza associada à estimativa. A tendência ascendente da curva evidencia um comportamento de crescimento gradual da produção ao longo do tempo, sugerindo que os efeitos do crédito rural não se limitam ao curto prazo, mas se ampliam de forma contínua.

A resposta positiva e estatisticamente significativa da produção ao crédito rural demonstra a importância desse instrumento como indutor do crescimento agrícola. A partir do segundo período, observa-se que os intervalos de confiança se afastam de maneira consistente da linha de base (zero), confirmando a robustez do efeito estimado. Esse resultado indica que o crédito rural, ao ser disponibilizado, permite aos produtores realizar investimentos em insumos, tecnologias e expansão da área cultivada, o que se reflete diretamente no aumento da produção. Essa trajetória de resposta positiva reforça a compreensão de que as políticas de financiamento rural desempenham papel fundamental na promoção da produtividade e no fortalecimento do setor agropecuário.

O gráfico apresentado exibe uma função impulso-resposta (FIR) entre a variável impulsionadora, crédito rural (LCR), e a variável resposta, produtividade (LPROD), ao longo de cinco períodos. A curva azul indica a resposta média esperada da produtividade agrícola a um choque unitário positivo no crédito rural, enquanto a faixa cinza representa o intervalo de confiança, geralmente de 95%, para essa estimativa.

Gráfico 3 - Resposta da produtividade do milho a choques no crédito rural



Impulse : response

Nota: A região em cinza representa o intervalo de confiança de 95%

Fonte: Elaborado pelos Autores

A trajetória da curva é positiva e crescente, revelando que um aumento no crédito rural tende a provocar um aumento significativo e persistente na produtividade da lavoura, ao menos no horizonte de cinco períodos analisados. Este resultado é coerente com a literatura recente sobre os efeitos do crédito agrícola, que destaca seu papel não apenas na expansão da produção, mas também na melhoria da eficiência produtiva. Conforme apontam Canova e Ciccarelli (2013), choques financeiros positivos em modelos VAR em painel tendem a gerar efeitos multiplicadores nas variáveis reais, especialmente quando há rigidez de financiamento prévia no setor.

Além disso, a significância estatística dos efeitos observados é corroborada pelo fato de que a faixa de confiança não inclui o valor zero a partir do segundo período, sugerindo robustez no impacto estimado. Isso indica que o crédito rural não apenas estimula maior produção em volume, mas também viabiliza melhorias tecnológicas, aquisição de insumos de melhor qualidade e práticas de manejo mais eficientes, o que resulta em ganhos de produtividade. Tais evidências se alinham aos achados de Jordà (2005), ao empregar projeções locais para identificar efeitos dinâmicos ao longo do tempo, especialmente em setores dependentes de financiamento externo, como o agronegócio em regiões em desenvolvimento.

Portanto, os resultados reforçam a importância do crédito rural como um instrumento de política pública voltado à elevação da produtividade agrícola. No contexto específico da região do MATOPIBA, onde predominam áreas de expansão recente da fronteira agrícola, esse tipo de evidência empírica é fundamental para orientar estratégias de desenvolvimento sustentável baseadas no aumento da eficiência dos recursos produtivos disponíveis.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta pesquisa demonstram, de maneira consistente, que o crédito rural desempenha um papel determinante na produção e na produtividade do milho na região do MATOPIBA. A aplicação do modelo Vetor Autorregressivo em Painel (PVAR) permitiu constatar que choques positivos na concessão de crédito rural geram efeitos significativos e persistentes sobre os indicadores produtivos dessa cultura, tanto em relação à quantidade produzida quanto à eficiência técnica, refletida na produtividade.

A análise de causalidade de Granger confirma que o crédito rural antecede e influencia, de forma preditiva, o desempenho produtivo, enquanto a decomposição da variância do erro de previsão evidencia que, ao longo do tempo, o crédito passa a explicar uma parcela crescente da variabilidade observada na produtividade. Esses resultados indicam que o financiamento agrícola atua não apenas como estímulo à expansão da produção em larga escala, mas também como um fator de transformação estrutural na atividade agropecuária, ao possibilitar investimentos em insumos, tecnologias e capacitação técnica.

A heterogeneidade identificada entre os municípios expressa pelos elevados desvios-padrão nas estatísticas descritivas revela, contudo, a existência de disparidades significativas no acesso e no uso eficiente dos recursos de crédito rural. Enquanto municípios como São Desidério (BA), Balsas (MA) e Uruçuí (PI) se destacam pelo elevado volume de

crédito captado e pelos índices superiores de produtividade, outros enfrentam restrições estruturais e operacionais que limitam sua capacidade de aproveitar o crédito como vetor de desenvolvimento.

Diante desse cenário, os resultados do estudo reforçam a necessidade de políticas públicas mais diferenciadas e territorializadas, capazes de ampliar o acesso ao crédito rural nas regiões menos favorecidas e de promover maior eficiência na aplicação dos recursos. O fortalecimento da assistência técnica, a capacitação em gestão produtiva e a melhoria da infraestrutura logística configuram-se como ações complementares indispensáveis para potencializar os impactos positivos do crédito rural e assegurar que seus benefícios sejam distribuídos de forma equitativa em todo o território.

Conclui-se, portanto, que o crédito rural constitui uma ferramenta estratégica para a consolidação da produção de milho no MATOPIBA, contribuindo não apenas para o aumento da produção em termos absolutos, mas também para o avanço da produtividade e da competitividade agrícola. A continuidade e a ampliação de programas de crédito direcionado, especialmente em regiões de expansão da fronteira agrícola, mostram-se essenciais para o fortalecimento da segurança alimentar, a dinamização econômica regional e a redução das desigualdades territoriais no campo brasileiro.

REFERÊNCIAS

- AHMED, S. *et al.* Do crop insurance programs lead to improved total factor productivity? Evidence from the US agricultural sector. **Energy Economics**, Local, v. 109, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105995>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- ALMEIDA, Francielly de Fátima. **Uma investigação dos efeitos e dos determinantes da participação nas cadeias globais de valor: aspectos teóricos e empíricos**. 2021. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2021.
- ALVES, Eliseu; SOUZA, Geraldo da Silva e; GARAGORRY, Fernando Luís. A evolução da produtividade do milho. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 77-98, 1997.
- ALVES, L. J.; SANCHES, M. C.; BARROS, G. S.; OSAKI, M. Reconfiguração produtiva no Matopiba: uma análise das estratégias de modernização agrícola e acesso ao crédito. **Revista Brasileira de Estudos Regionais**, Local, v. 12, n. 2, p. 34–58, 2024.
- AMARAL, Felipe José Gurgel do; BACHA, Carlos José Caetano. Evolução do crédito rural no Brasil de 1969 a 2023. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 29, e252903, p. 1–30, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/19805527252903>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rec>. Acesso em: 30 jun. 2025.
- AQUINO, Gustavo Ribeiro de *et al.* **Avaliação dos impactos do crédito rural sobre a produtividade agropecuária nos estados brasileiros**. Brasília: Ipea, 2023. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota_tecnica/230808_nt_82_dipes.pdf. Acesso em: 30 jun. 2025.
- ARAÚJO, J. A. de; ALENCAR, M. O. de; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Crédito rural e agricultura familiar no Brasil: uma avaliação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar**. Redes, Santa Cruz do Sul, v. 25, p. 2009-2034, 2020. Edição especial 2.
- AZEEM, M. M. *et al.* Agricultural credit and agricultural productivity: Evidence from developing countries. **Energy Economics**, Local, v. 112, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106145>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL - (BACEN). Estatísticas de crédito rural. Brasília: BACEN, 2024. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estatisticas/creditorural>. Acesso em: 30 jun. 2025.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL - (BACEN). **Manual de Crédito Rural**. Brasília: BACEN, 2018. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/pre/normativos/busca/normativo.asp?numero=2018>. Acesso em: 30 jun. 2025.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Boletim de Política Monetária e Operações de Crédito Rural – novembro/2024**. Brasília: BCB, 2024. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/content/publicacoes/boletimderop/Boletim%20Derop%20-%20novembro2024.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.
- BONDAR, C. **Unificação monetária no Mercosul: uma aplicação da teoria das áreas monetárias ótimas utilizando a metodologia VAR estrutural**. 2010. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Porto Alegre, 2010.

BRASIL. Banco Central do Brasil. Instrução Normativa BCB nº 510, de 30 de agosto de 2024. Altera o Documento 6 (Demonstrativo das Exigibilidades e das Aplicações de Crédito Rural) do Manual de Crédito Rural (MCR). **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, 2 set. 2024, p. 229. Disponível em:

<https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/exibenormativo?tipo=Instrução%20Normativa%20BCB&numero=510>. Acesso em: 27 jun. 2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível

em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117.html>. Acesso em: 28 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Exportações brasileiras – milho**. Brasília: MAPA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/relacoes-internacionais/documentos/Milho.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Plano Safra 2025/2026: Agricultura empresarial**. Brasília: MAPA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura>. Acesso em: 1 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Projeções do agronegócio: Brasil 2023/24 a 2033/34 – projeções de longo prazo**. Brasília, DF: MAPA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2022-2023-a-2032-2033.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – (MAPA). **Projeções do agronegócio: Brasil 2022/23 a 2032/33 – projeções de longo prazo**. Brasília: MAPA; AGE; Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-brasileira-devera-chegar-a-390-milhoes-de-toneladas-nos-proximos-dez-anos/ProjeesdoAgronegocio20232033.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Projeções do agronegócio: Brasil 2022/23 a 2032/33 – projeções de longo prazo para os principais produtos agropecuários**. Brasília: MAPA; Assessoria de Gestão Estratégica, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio>. Acesso em: 26 jun. 2025.

BROOKS, Chris. **Introductory econometrics for finance**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

BUAINAIN, A. M. *et al.* **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília: Embrapa, 2014.

CARDOSO, Victor Martins; COSTA, Cinthia Cabral da; UEDA, Beatriz Emi; GILIÔ, Leandro. **Perspectivas para as exportações do agronegócio brasileiro em 2024**. São Paulo: Insper Agro Global, set. 2024. (Comércio Internacional, Working Paper n. 6/2024).

CASTILLO, Ricardo; BOTELHO, Adielson Correia; BUSCA, Matheus Dezidério. Agronegócio globalizado no MATOPIBA maranhense: análise da especialização regional produtiva da soja. **Espaço e Economia [online]**, n. 21, 2021. Disponível em: <https://journals.openedition.org/espacoeconomia/19325>. Acesso em: 02 maio 2025. DOI: <https://doi.org/10.4000/espacoeconomia.19325>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Safra 2023/2024: nono levantamento, junho 2025**. Brasília: Conab, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 28 jun. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos – safra 2022/23 – 12º levantamento**. Brasília: Conab, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2023-2024/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 20 jun. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - (CONAB). **Grãos – Safras 2023/24 e 2024/25: comparativo de área, produtividade e produção**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 29 jun. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Perfil do etanol de milho no Brasil: edição 2023**. Brasília: Conab, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 14 jun. 2025.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **Valor Bruto da Produção – VBP: 21**

de novembro de 2024. Brasília: CNA, 2024. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/storage/arquivos/pdf/vbp-21-nov-2024.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2025.

CANOVA, F.; CICCARELLI, M. **Panel vector autoregressive models: a survey**. Frankfurt: European Central Bank, 2013. (ECB Working Paper, n. 1507).

COSTA, E. M.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Choque de oferta no crédito rural e seu impacto produtivo na agricultura brasileira. Políticas públicas: avaliando mais de meio trilhão de reais em gastos públicos**. Brasília: IPEA, p. 207, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - (EMBRAPA) **Matopiba: características, potencialidades e desafios**. Brasília: Embrapa Territorial, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 6 jun. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Milho no Brasil: evolução tecnológica e produtividade**. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo>. Acesso em: 14 jun. 2025.

ERENSTEIN, Olaf *et al.* Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. **Food Security**, Dordrecht, v. 14, p. 1295–1319, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>. Acesso em: 4 jul. 2025.

FAVARETO, Arilson *et al.* Há mais pobreza e desigualdade do que bem estar e riqueza nos municípios do MATOPIBA/There is more poverty and inequality than well-being and wealth in the municipalities of Matopiba/Hay más pobreza y desigualdad que bienestar y riqueza en los municipios de Matopiba. **Revista Nera**, Local, n. 47, p. 348-381, 2019.

FREEDMAN, David A. **Statistical models and causal inference: a dialogue with the social sciences**. New York: Cambridge University Press, 2010.

FUSARI, Francesco; MARLOW, Joe; VOLPICELLA, Alessio. **Estimation and inference of the forecast error variance decomposition for set-identified SVARs**. Guildford: University of Surrey, 2024. (Discussion Paper, 04/2024). Disponível em: <https://www.surrey.ac.uk/school-economics>. Acesso em: 24 jun. 2025.

GIMENES, Régio Márcio Toesca; QUEIROZ, Ricardo Guimarães de; HENSCHER, Daniely. Revisão sistemática sobre o crédito rural no Brasil, com destaque para a operação barter. **Revista Gestão e Secretariado (GeSec)**, São Paulo, v. 14, n. 12, p. 21104–21123, 2023. DOI: 10.7769/gesec.v14i12.2953. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/376308250>. Acesso em: 29 jun. 2025.

GOMES, L. C. *et al.* Land use and land cover scenarios: An interdisciplinary approach integrating local conditions and the global shared socioeconomic pathways. **Land Use Policy**, Local, v. 97, p. 104723, 2020

GOMES, Thiago Geovane Pereira; BESARRIA, Cassio da Nóbrega; SILVA, José Alderir da. Informalidade na América Latina: uma análise por Vetores Autorregressivos em Panel. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 25, n. 58, p. 1017–1049, set./dez. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2023-5811>. Acesso em: 24 jun. 2025.

HAMILTON, Lawrence C. **Statistics with Stata: updated for version 12**. 8. ed. Boston: Cengage Learning, 2012.

HARRIS, Richard DF; TZAVALIS, Elias. Inference for unit roots in dynamic panels where the time dimension is fixed. **Journal of econometrics**, Local, v. 91, n. 2, p. 201-226, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - (IBGE). **Levantamento sistemático da produção agrícola: indicadores IBGE, maio de 2025**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html>. Acesso em: 4 jul. 2025.

LOPES, Desirée; LOWERY, Sarah; PEROBA, Tiago Luiz Cabral. Crédito rural no Brasil: desafios e oportunidades para a promoção da agropecuária sustentável. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 45, p. [155]-196, jun. 2016.

MACHADO, Bruno de Souza; NEVES, Mateus de Carvalho Reis; MATTOS, Leonardo Bornacki. Determinantes do acesso a programas de financiamento de crédito rural no Brasil: uma análise a partir da PNAD 2014. *Agricultura em Debate*, Local, v. 9, n. 2, p. 313–332, 2021.

MADSEN, Henrik. *Time series analysis*. London: Chapman and Hall/CRC, 2007.

MAIA, P. R. B. *Análise comparativa da previsão de demanda de energia elétrica industrial no período pós-crise: uma aplicação dos modelos VAR e BVAR*. 2011. Dissertação (Mestrado em Economia) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011.

MILLS, Terence C. *Time series econometrics: a concise introduction*. London: Palgrave Macmillan, 2015.

NAZLIOĞLU, Ş.; KARUL, C. Revisiting the agricultural productivity–credit nexus: Panel bootstrap Granger causality approach. *Economic Modelling*, Local, v. 131, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2022.105700>. Acesso em: 24 jun. 2025.

NEVES, Marcos Fava (org.). *Etanol de milho: cenário atual e perspectivas para a cadeia no Brasil*. Ribeirão Preto, SP: UNEM, 2021. e-book.

OLIVEIRA, Rafael Santos de. *Combinando previsões do consumo de energia elétrica do setor industrial brasileiro por modelos de séries temporais e de redes neurais*. 2024. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2024.

PAIVA, Elizama C.; FEITOSA, Milena M.; LEMOS, José de J. S. et al. Unequal capitalization of rural credit in Brazilian states and regions. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, São José dos Pinhais, v. 16, n. 6, p. 3131–3150, 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.6-006.

PIZZAMIGLIO, Karina; AQUINO, Gustavo; CARVALHO, Rafael. Desmatamento e crédito rural na região do Matopiba: uma revisão sistemática da literatura. *Cadernos de Estudos Socioambientais*, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 1–23, 2025.

PIZZAMIGLIO, Orimar Luis; BRAUNSTEIN, Guilherme Kunde; RIGHI, Eléia; BOCCHESI, Carla Azambuja Centeno. Access to public rural credit policies in family farming and agroecology in Brazil. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, Miami, v. 19, n. 1, p. 1–16, 2025. e010937.

PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL. (PAM) *Pesquisa Agrícola Municipal: milho – produção e rendimento por hectare – safra 2023*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 21 jun. 2025.

RAMOS, S. Y.; MARTHA JÚNIOR, G. B. *Evolução da política de crédito rural brasileira*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. (Documentos, 292).

ROCHA, G. A. P.; OZAKI, V. A. Crédito rural: histórico e panorama atual. *Revista de Política Agrícola*, Local, v. 29, n. 4, p. 6, 2020.

SANCHES, A. L. R.; ALVES, L. R. A. BARROS, G. S. C. ; OSAKI, M. Os impactos dos preços do milho ao longo das cadeias consumidoras. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 62, n. 3, e274483, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.274483>. Acesso em: data?

SANTOS, Clóvis Caribé Menezes dos. Matopiba: uma nova fronteira agrícola ou um reordenamento geográfico do agronegócio e dos espaços produtivos de “cerrados”? *Cadernos do CEAS*, Salvador/Recife, n. 245, p. 570–600, set./dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.25247/2447-861X.2018.n245.p590-623>.

SANTOS, Laís Freitas dos et al. Padrões espaciais da produção agropecuária no Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA). *COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional*, Local, v. 21, n. 3, jul./set., p. 226-251, 2024.

SANTOS, R. B. N. dos; BRAGA, M. J. Impactos do Crédito Rural na produtividade da terra e do trabalho nas Regiões Brasileiras. *Economia Aplicada*, Local, v. 17, n. 3, p. 299-324, 2013.

SHUMWAY, Robert H.; STOFFER, David S. *Time series analysis and its applications: with R examples*. 4. ed. Cham: Springer, 2017.

SILVA FILHO, Luís Abel da; CRUZ, Bruno de Oliveira; CASTRO, Gustavo Henrique Leite de; AZZONI, Carlos Roberto; CHAGAS, André Luiz Squarize. Crédito público e produção agrícola do Matopiba: uma abordagem espacial. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS –

ENABER, 2023, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: ABER, 2023.

SOUSA, Ederson de; ROCHA, José Ricardo; MORAIS, Paulo. Impacto do crédito rural na produção de soja no Matopiba. **Revista Cadernos do CEAM**, Brasília, v. 12, n. 2, p. 32–48, 2021.

SOUZA, D. T.; MAGALHÃES, L. A.; CASTRO, GSA. **Uma avaliação do impacto do crédito rural e do mercado de trabalho à agropecuária do Matopiba**. Local: Editora, 2022.

STOCK, James H.; WATSON, Mark W. **Introduction to econometrics**. 2. ed. Boston: Addison-Wesley, 2007.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). *World Agricultural Supply and Demand Estimates: WASDE-652*. Washington, D.C.: USDA, maio 2025. Disponível em: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde>. Acesso em: 4 jul. 2025.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - (USDA). **Grain: World Markets and Trade – December 2023**. Washington, DC: USDA, 2023.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - (USDA) Grain: World Markets and Trade. Washington, D.C.: **Foreign Agricultural Service**, june 2025. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/>. Acesso em: 29 jun. 2025.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - (USDA). *World Agricultural Supply and Demand Estimates – WASDE Report, 2022*. Washington, D.C.: USDA, 2022. Disponível em: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde>. Acesso em: 12 jun. 2025.

WEGMAN, Edward J. *Time series analysis: theory, data analysis and computation*. Fairfax, VA: Center for Computational Statistics, George Mason University, 1996.