

Inadimplência no crédito rural no Brasil: uma avaliação econométrica do impacto dos fatores macroeconômicos

Default on rural credit in Brazil: an econometric assessment of the impact of macroeconomic factors

Cristiano Aguiar de Oliveira^{1*} , Rafael Mesquita Pereira¹ 

¹Programa de Pós-graduação em Economia Aplicada, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande (RS), Brasil.
E-mails: cristiano.oliveira@furg.br; rafaelmesquita@furg.br

Como citar: Oliveira, C. A., & Pereira, R. M. (2025). Inadimplência no crédito rural no Brasil: uma avaliação econométrica do impacto dos fatores macroeconômicos. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 63, e292119. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2025.292119>

Resumo: Este artigo investiga os determinantes macroeconômicos da inadimplência no crédito rural brasileiro, com ênfase no papel dos preços dos cereais e de outras variáveis macroeconômicas, como a taxa de câmbio, os preços dos fertilizantes e o custo do crédito. Utilizando dados mensais de janeiro de 2013 a julho de 2024, o estudo aplica um Modelo Vetorial de Correção de Erro (VECM) para captar as dinâmicas de curto e longo prazo entre a inadimplência e essas variáveis. Os resultados indicam que os preços dos cereais têm a maior influência na redução da inadimplência, tanto no curto quanto no longo prazo, refletindo a forte relação entre a lucratividade agrícola e a capacidade de pagamento dos produtores. A taxa de câmbio também exerce um efeito significativo, com a desvalorização do Real contribuindo para a redução da inadimplência ao aumentar as receitas de exportação. O impacto dos preços dos fertilizantes é mais pronunciado no longo prazo e o custo do crédito afeta a inadimplência no curto prazo, mas sem persistir no longo prazo. O artigo conclui que os ciclos de preços das commodities devem ser considerados no planejamento do crédito rural.

Palavras-chave: inadimplência, crédito rural, fatores macroeconômicos, VECM.

Abstract: This paper investigates the macroeconomic determinants of default in Brazilian rural credit, emphasizing the role of cereal prices and other macroeconomic variables, such as the exchange rate, fertilizer prices, and the cost of credit. Using monthly data from January 2013 to July 2024, the study applies a Vector Error Correction Model (VECM) to capture the short and long-term dynamics between default and these variables. The results indicate that cereal prices have the greatest influence on reducing default, both in the short and long term, reflecting the strong relationship between agricultural profitability and producers' ability to pay. The exchange rate also has a significant effect, with the depreciation of the Real contributing to the reduction in default rates by increasing export revenues. The impact of fertilizer prices is more pronounced in the long term, and the cost of credit affects default rates in the short term without persisting in the long term. The paper concludes that rural credit planning should consider commodity price cycles.

Keywords: default, rural credit, macroeconomic factors, VECM.

1 Introdução

O crédito desempenha um papel crucial no financiamento do agronegócio, sendo essencial tanto para o custeio das atividades produtivas quanto para investimentos em tecnologia, infraestrutura e expansão. No entanto, o crédito rural ainda apresenta um grande potencial de crescimento no Brasil (Linardi & Ferreira, 2008). Embora tenha evoluído ao longo das últimas décadas, o acesso a financiamento permanece limitado para muitos produtores, especialmente no que diz respeito à participação no mercado de capitais. Esse entrave está diretamente relacionado ao elevado risco de crédito que permeia o setor agrícola, o que afasta potenciais



investidores institucionais e aumenta a dependência dos produtores em relação às fontes tradicionais de financiamento, como os bancos e o crédito subsidiado pelo governo (Souza, 2019).

O agronegócio brasileiro enfrenta, além dos tradicionais riscos de crédito, desafios decorrentes dos riscos de mercado e, sobretudo, dos riscos climáticos. A volatilidade dos preços das commodities agrícolas e a imprevisibilidade das condições climáticas impactam diretamente a lucratividade dos produtores, elevando o medo de inadimplência e tornando o crédito rural menos atraente para os investidores do mercado de capitais (Céu & Gaspar, 2024). Essa aversão ao risco é justificada pela percepção de que a inadimplência no setor agrícola pode ser mais elevada em comparação com outros segmentos econômicos, devido à sua maior exposição a fatores exógenos. Portanto, torna-se fundamental compreender melhor a inadimplência no crédito rural com o objetivo de desenvolver mecanismos que mitiguem esses riscos e tornem o setor mais competitivo e financeiramente sustentável. Nesse contexto, o estudo da inadimplência, especialmente no contexto agrícola, merece maior atenção por parte da academia e do mercado financeiro.

De acordo com Bonfim (2009), os estudos sobre inadimplência e risco de crédito podem ser classificados em três grandes grupos, de acordo com o tipo de abordagem adotada: (i) aqueles que utilizam microdados dos mutuários, considerando seus índices contábeis e características intrínsecas; (ii) estudos que combinam informações do sistema financeiro com microdados de empréstimos e contratos, possibilitando uma visão integrada entre credores e tomadores de crédito; e (iii) estudos que utilizam modelos de séries temporais, incorporando variáveis macroeconômicas e fatores de risco sistêmico. Este estudo se enquadra no terceiro grupo, buscando entender os efeitos das variáveis macroeconômicas e de risco sistêmico sobre a inadimplência no crédito rural a partir de uma análise de séries temporais.

Embora a literatura internacional ofereça uma vasta gama de estudos sobre inadimplência, poucos trabalhos focam especificamente no crédito rural brasileiro, e, quando se conduz uma pesquisa considerando critérios de qualidade, tais como a publicação em periódicos com revisão pelos pares ou teses e dissertações que passaram por bancas de avaliação, os que existem estão desatualizados. Estudos que estão em consonância com esses critérios, como o de Arraes & Teles (1999), Melo & Resende Filho (2017) e Souza (2019), investigaram a inadimplência no crédito rural, mas os resultados refletem uma realidade que antecede muitas das transformações recentes no setor.

Ao longo da última década, o mercado do agronegócio e do crédito rural passou por profundas mudanças. A pandemia de COVID-19, por exemplo, trouxe impactos significativos à economia global, com repercussões diretas no setor agrícola. Além disso, o Brasil enfrentou desafios decorrentes de conflitos internacionais, que influenciaram o comércio e a oferta de insumos essenciais à produção agrícola. Ainda, as reformas institucionais e legais também desempenharam um papel importante na expansão e diversificação das fontes de financiamento do agronegócio. As leis do agro (Lei nº 13.986/2020 e Lei nº 14.130/2021) impulsionaram a participação do crédito privado no setor, trazendo maior concorrência e novas oportunidades de financiamento para os produtores rurais. No entanto, apesar dessas inovações, o risco de crédito e, por conseguinte, a inadimplência continuam sendo obstáculos significativos para a plena integração do setor ao mercado de capitais.

Diante desse cenário, este estudo busca preencher uma lacuna na literatura brasileira ao investigar os fatores macroeconômicos e de risco sistêmico que afetam a inadimplência no crédito rural, atualizando o debate acadêmico e oferecendo subsídios para a formulação de políticas que promovam a estabilidade e a segurança financeira no setor agrícola. A contribuição deste estudo reside na avaliação dos impactos das variáveis macroeconômicas e específicas do

setor sobre a inadimplência do crédito rural no Brasil, um tema de relevância crescente dado o papel estratégico do agronegócio na economia nacional. O objetivo central é compreender as dinâmicas que afetam a capacidade de pagamento dos produtores rurais, fornecendo uma análise detalhada das interações entre variáveis como o custo do crédito, a taxa de câmbio, e os preços internacionais de cereais e fertilizantes – todos elementos fundamentais para o desempenho financeiro do setor agrícola.

Para atingir esse objetivo, o estudo utiliza dados mensais do período de janeiro de 2013 a julho de 2024, capturando um intervalo de tempo significativo que inclui diversas fases do ciclo econômico brasileiro, além de eventos exógenos que impactaram o agronegócio, como a pandemia de COVID-19 e as variações acentuadas no mercado de commodities internacionais. A metodologia aplicada é o Modelo Vetorial de Correção de Erro (VECM), que permite analisar as relações de curto e longo prazo entre as variáveis de interesse. O VECM é particularmente apropriado para esse tipo de análise, dado que muitas das variáveis macroeconômicas e setoriais apresentam comportamento autorregressivo e estão cointegradas no longo prazo, ou seja, elas tendem a se mover juntas ao longo do tempo.

O estudo, portanto, contribui para a literatura ao fornecer uma visão detalhada das interações complexas entre as variáveis macroeconômicas e o crédito rural, destacando a importância dos preços internacionais para a saúde financeira do setor. Ao identificar os fatores determinantes da inadimplência e suas relações de curto e longo prazo, este trabalho oferece subsídios para a formulação de políticas públicas e para a gestão de risco por parte de instituições financeiras, as quais poderão, com base nos resultados aqui apresentados, desenvolver estratégias mais robustas para lidar com o risco de crédito no setor agrícola brasileiro.

O artigo está estruturado da seguinte maneira: após esta introdução, a próxima seção apresenta a revisão da literatura, na qual são discutidos os principais estudos que investigam a relação entre variáveis macroeconômicas e a inadimplência, com ênfase nas diferentes abordagens metodológicas adotadas e nos resultados obtidos tanto na literatura internacional quanto no contexto brasileiro. Em seguida, a seção de estratégia empírica descreve os dados utilizados e a metodologia aplicada, detalhando a estrutura do modelo econométrico e suas vantagens para capturar as relações de curto e longo prazo. A seção de resultados analisa as evidências empíricas encontradas e suas implicações para o crédito rural no Brasil. Por fim, a conclusão sintetiza os principais achados, destacando suas contribuições para o entendimento do risco de crédito no setor agrícola e sugerindo direções para futuras pesquisas e políticas públicas.

2 Fundamentação teórica

A literatura internacional sobre a relação entre inadimplência e variáveis macroeconômicas é vasta e fornece uma base sólida para a análise dos fatores que influenciam o comportamento das taxas de inadimplência em diversos contextos econômicos. A inadimplência, geralmente medida por empréstimos inadimplentes (Non-Performing Loans – NPLs), é frequentemente associada a variáveis macroeconômicas ligadas ao ciclo econômico, como a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), taxas de desemprego, inflação e taxas de juros. A natureza autorregressiva da inadimplência torna os modelos econométricos que incorporam essa dinâmica particularmente úteis, como os Modelos de Vetores Autorregressivos (VAR), Modelos Vetoriais de Correção de Erros, Modelos de Autorregressão com Defasagens Distribuídas, Modelos de Painel Dinâmicos e Modelos de Painel com Vetores Autorregressivos. Estes são os modelos mais empregados na literatura empírica. Por exemplo, Espinoza & Prasad (2010) utilizaram um modelo VAR para demonstrar como o crescimento econômico enfraquecido e o aumento

das taxas de juros agravavam as taxas de NPLs em bancos do Conselho de Cooperação do Golfo (GCC). De forma semelhante, Konstantakis et al. (2016) usaram um VECM para mostrar o impacto da dívida pública sobre o aumento da inadimplência na Grécia, especialmente durante a crise de dívida soberana.

Diversos estudos destacam a sensibilidade da inadimplência às flutuações do ciclo de negócios. Keeton & Morris (1987), em um dos primeiros estudos sobre o tema, identificaram que a assunção de risco pelos bancos era uma das causas das perdas de crédito, enquanto Lis et al. (2000) descobriram que o crescimento do PIB tinha um efeito negativo sobre os empréstimos problemáticos. Outro estudo relevante, de Nkusu (2011), analisou a performance econômica e a inadimplência em 26 economias avançadas, demonstrando que o desempenho macroeconômico fraco, como crescimento mais lento do PIB e aumento do desemprego, estava correlacionado com o aumento das taxas de NPLs.

A importância do crescimento econômico é frequentemente destacada na literatura. De Bock & Demyanets (2012), por exemplo, mostraram que o crescimento do PIB e as taxas de câmbio são determinantes importantes da qualidade dos ativos bancários em 25 economias emergentes. Moinescu (2012) também indicou que a variação no PIB real desempenha um papel significativo nas dinâmicas de inadimplência em países da Europa Central e Oriental (CEE).

Em suma, a maioria dos estudos indica que o sistema financeiro é procíclico, ou seja, as atividades de crédito aumentam em períodos de expansão econômica e diminuem durante recessões. Durante uma expansão, os níveis de inadimplência e provisões para perdas são baixos, enquanto durante uma recessão, esses níveis aumentam consideravelmente. Em um mercado de crédito com informações assimétricas, o prêmio de financiamento externo varia inversamente com a riqueza líquida dos tomadores. Quanto maior a riqueza, maior é a capacidade de autofinanciamento e menor o risco percebido pelos credores, resultando em um menor prêmio. Por outro lado, uma riqueza líquida menor aumenta os custos de agência, elevando o prêmio de financiamento. Como a riqueza líquida é procíclica, o prêmio de financiamento externo se torna contracíclico, amplificando as variações nos empréstimos, investimentos e produção ao longo do ciclo econômico.

Durante recessões, os bancos enfrentam problemas de inadimplência, aumentam a execução de garantias e restringem novos empréstimos, mesmo para projetos com valor positivo. Isso agrava ainda mais a recessão ao reduzir investimentos e demanda. Berger & Udell (2004) sugerem que o otimismo excessivo dos bancos durante expansões pode explicar esse comportamento. Na fase de crescimento, os bancos subestimam os riscos, flexibilizam os padrões de crédito e, como resultado, sofrem maiores perdas na recessão seguinte. A dificuldade de avaliar os riscos sistemáticos em momentos de crescimento também contribui para esse ciclo.

No contexto brasileiro, diversos estudos têm investigado a relação entre inadimplência e variáveis macroeconômicas, aplicando metodologias semelhantes às utilizadas na literatura internacional. Entretanto, esses estudos frequentemente abordam peculiaridades econômicas do Brasil, como a volatilidade das taxas de juros e o impacto de políticas monetárias e fiscais sobre o sistema bancário e o crédito.

Um dos primeiros trabalhos sobre inadimplência no Brasil foi realizado por Chu (2001), que investigou os fatores macroeconômicos que explicam a inadimplência bancária no período de 1994 a 2000. Utilizando um modelo VECM, o autor identificou que variáveis como o *spread* bancário, o índice de produção industrial, a taxa de desemprego e a taxa de juros Selic explicavam significativamente o comportamento da inadimplência. Esse estudo revelou a forte dependência da inadimplência bancária em relação à conjuntura econômica, especialmente em momentos de alta nas taxas de juros e deterioração da atividade industrial.

Seguindo essa linha, Linardi & Ferreira (2008) investigaram a relação entre a inadimplência dos bancos brasileiros e variáveis macroeconômicas no período de 2000 a 2007. Os autores utilizaram um modelo VAR e identificaram que choques no hiato do produto, variação do índice de rendimento médio dos ocupados e na taxa de juros nominal impactam significativamente a inadimplência. Os resultados confirmaram a sensibilidade do sistema bancário brasileiro às flutuações macroeconômicas, com destaque para a influência do crescimento econômico e da política monetária sobre o risco de crédito.

O estudo de Tabak et al. (2010) também contribuiu significativamente para essa literatura ao analisar os riscos de crédito no sistema bancário brasileiro. Com base em dados semestrais dos balanços e demonstrações de resultados dos bancos brasileiros entre 2000 e 2005, o estudo concluiu que o risco de crédito era a principal fonte de risco operacional para os bancos, e que altos níveis de inadimplência estavam associados a maior risco de falência bancária. Esse estudo destaca que, em momentos de instabilidade econômica, os bancos precisam gerenciar rigorosamente seus níveis de inadimplência para evitar colapsos financeiros.

Outro estudo relacionado ao tema foi realizado por Oliveira et al. (2016), que analisaram a inadimplência das empresas no Brasil e concluíram que variáveis como a taxa de juros, a renda, as expectativas de inflação e a taxa de câmbio eram estatisticamente significativas na explicação da inadimplência. Os autores reforçaram a relevância da política monetária e do comportamento da renda disponível das empresas para a dinâmica de crédito no país.

Dessa forma, a literatura brasileira confirma que a inadimplência é fortemente influenciada por choques macroeconômicos, com destaque para as taxas de juros, a renda e a atividade econômica. Além disso, os estudos indicam que a política monetária desempenha um papel crucial na gestão do risco de crédito, sendo as taxas de juros um fator determinante para a capacidade de pagamento dos devedores.

Esses resultados são consistentes com a literatura internacional, que também aponta para a sensibilidade das taxas de inadimplência a variáveis como o crescimento do PIB e as taxas de desemprego. No entanto, as particularidades da economia brasileira, como a volatilidade das taxas de juros e a dependência do crédito bancário, fazem com que essas variáveis assumam um papel ainda mais central na dinâmica da inadimplência no Brasil. Portanto, a literatura internacional estabelece que o comportamento da inadimplência é fortemente influenciado por condições macroeconômicas adversas, e o uso de modelos autorregressivos tem sido uma ferramenta eficaz para capturar a dinâmica temporal dessas variáveis.

A literatura sobre crédito rural no Brasil é mais escassa em comparação com os estudos que abordam o crédito bancário em geral, mas há importantes contribuições que analisam as peculiaridades do mercado de crédito rural e os fatores que influenciam a inadimplência nesse setor. Esses estudos geralmente destacam o papel das políticas governamentais, a dependência de subsídios e a sensibilidade do setor agrícola às condições macroeconômicas e climáticas.

Arraes & Teles (1999) foram pioneiros ao investigar a inadimplência do crédito rural no Brasil, focando nos anos 1990. Eles partiram de uma série de hipóteses, como a intervenção governamental no mercado de crédito rural, que controla o volume de crédito disponível e as taxas de juros aplicadas, além dos processos de renegociação de dívida rural. Esses fatores criaram, segundo os autores, um ambiente de *rent seeking* entre os produtores rurais, onde o incentivo à renegociação de dívidas favoreceu o não pagamento dos compromissos. O estudo utilizou dois modelos econométricos, uma regressão linear simples e um sistema de equações simultâneas, e concluiu que, após o Plano Real, a inadimplência passou a ser mais explicada pela rentabilidade do setor agrícola e pela taxa de juros aplicada ao crédito rural, em vez de fatores como a facilidade de renegociação.

Já Melo & Resende Filho (2017) aplicaram uma abordagem econométrica robusta para investigar os determinantes macroeconômicos da inadimplência do crédito rural no Brasil. Utilizando dados do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), os autores identificaram que as renegociações de dívida induzem níveis maiores de inadimplência do que em cenários sem esses processos. No entanto, eles também concluíram que variáveis macroeconômicas relacionadas ao ciclo de negócios, como PIB e inflação, não tiveram impacto significativo na inadimplência do crédito rural. Em contraste, a relação de preços pagos pela agricultura sobre os preços recebidos mostrou-se um fator crucial, com um aumento significativo da inadimplência sempre que essa relação se deteriorava. Isso sugere que a lucratividade agrícola é uma variável chave no entendimento da inadimplência rural, já que margens mais apertadas comprometem a capacidade dos produtores de quitarem suas dívidas.

Outro trabalho relevante foi realizado por Souza (2019), que analisou a relação entre as leis de anistia fiscal, conhecidas como Refis, e as taxas de inadimplência das operações rurais securitizadas. Os resultados indicaram que essas leis estavam associadas a um aumento nas taxas de inadimplência, uma vez que o perdão fiscal cria incentivos para que os produtores deixem de pagar suas dívidas na expectativa de futuras renegociações. Por outro lado, Souza não encontrou evidências significativas de que variáveis macroeconômicas, como a rentabilidade do produtor, a variação da taxa de câmbio ou a expectativa de inflação, afetassem a inadimplência no crédito rural.

Adicionalmente, é importante destacar que, diferentemente do crédito bancário urbano, o crédito rural no Brasil tem uma forte dependência das políticas públicas e dos subsídios oferecidos pelo governo. Segundo Arraes & Teles (1999), as mudanças nas políticas de crédito, particularmente a redução do crédito subsidiado após o Plano Real, alteraram a dinâmica de inadimplência no setor, uma vez que os produtores passaram a depender mais da lucratividade de suas atividades agrícolas para saldar suas dívidas, em contraste com a dependência anterior das renegociações favorecidas pelo governo.

A inadimplência no crédito rural também é sensível a choques externos, como variações nos preços das commodities agrícolas e flutuações nas condições climáticas. Embora os estudos macroeconômicos geralmente enfoquem variáveis tradicionais como PIB, inflação e taxas de juros, a literatura sobre crédito rural no Brasil destaca a importância de fatores específicos do setor agrícola, como os preços das safras e a volatilidade do mercado de insumos.

Em resumo, a literatura sobre o crédito rural no Brasil enfatiza que a inadimplência é fortemente influenciada por políticas governamentais, subsídios e pela lucratividade do setor agrícola. Modelos econométricos como sistemas de equações simultâneas e modelos autorregressivos são frequentemente utilizados para capturar essas relações, que incluem tanto variáveis macroeconômicas quanto fatores específicos do setor. As renegociações de dívida rural e a política de anistia fiscal também desempenham um papel crucial, incentivando a inadimplência em alguns casos e complicando a dinâmica do crédito rural no Brasil.

3 Metodologia

O período de análise escolhido para este estudo, que abrange de janeiro de 2013 a julho de 2024, se deve à disponibilidade de informações para as variáveis macroeconômicas e específicas do setor agrícola. O ponto de partida, janeiro de 2013, foi determinado pela disponibilização do Índice de Custo de Crédito (ICC), que começou a ser divulgado neste período, enquanto o período final corresponde ao último mês para o qual os dados estavam disponíveis na data de realização do estudo.

A seguir, são descritas as variáveis utilizadas no modelo econométrico, assim como suas respectivas fontes:

1. Inadimplência no Crédito Rural (percentual da carteira de crédito com atraso superior a 90 dias): A variável de interesse neste estudo é o percentual da carteira de crédito do Sistema Financeiro Nacional destinada ao crédito rural com pelo menos uma parcela com atraso superior a 90 dias. Essa variável inclui operações contratadas tanto no segmento de crédito livre quanto no crédito direcionado, abrangendo um total de R\$ 255 bilhões em 2023. Para este estudo, utilizam-se apenas as operações de crédito rural contratadas por pessoas físicas, englobando tanto as que possuem taxas de mercado quanto as que seguem regulações governamentais. A fonte dos dados é o Banco Central do Brasil.
2. Índice de Preços de Cereais (FAO *Cereal Price Index*): Esse índice, calculado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), é baseado na fórmula de Laspeyres, que compara os preços atuais de uma cesta fixa de bens (cereais) com os preços dessa mesma cesta em um ano-base. O índice monitora os preços de grãos importantes, como sorgo, trigo, milho, arroz e cevada. Ele é uma medida fundamental para entender a lucratividade do setor agrícola brasileiro, uma vez que reflete as variações nos preços das commodities mais relevantes na sua pauta de exportações. Os dados são obtidos da FAO.
3. Índice de Preços de Fertilizantes (*World Bank Fertilizer Index*): Esse índice, publicado pelo Banco Mundial, inclui a média ponderada dos preços de fertilizantes-chave, como fosfato natural, fertilizantes fosfatados, fertilizantes à base de potássio e fertilizantes nitrogenados. O uso desse índice permite capturar os efeitos das variações nos custos de insumos agrícolas, os quais impactam diretamente os custos de produção e, por consequência, a capacidade de pagamento dos produtores. A fórmula de ponderação usada no índice reflete a relevância de cada tipo de fertilizante no comércio global e no consumo. A fonte dos dados é o Banco Mundial.
4. Índice de Custo de Crédito (ICC): O ICC reflete o custo médio das operações de crédito no Brasil, abrangendo as operações de empréstimos, financiamentos e arrendamento mercantil das instituições financeiras que fazem parte do Sistema Financeiro Nacional. Ele considera diversos elementos, como taxas de juros, tarifas e outros encargos associados aos empréstimos. Esse índice é uma variável crucial para o estudo, uma vez que o custo do crédito impacta diretamente a capacidade de pagamento dos tomadores de crédito rural. Os dados são fornecidos pelo Banco Central do Brasil.
5. Taxa de Câmbio Nominal Efetiva (TCNE): A variável utilizada nesse estudo é a Taxa de Câmbio Nominal Efetiva, calculada pelo Banco Central do Brasil. A taxa de câmbio nominal de uma determinada moeda, que reflete seu valor em relação a uma moeda estrangeira, é comumente usada para avaliar a competitividade das exportações e o desempenho da balança comercial em relação ao país da moeda de referência. No entanto, a TCNE aprimora essa análise ao incorporar no cálculo da taxa nominal uma cesta de moedas de diversos países que são relevantes para o comércio exterior brasileiro. Essa cesta de moedas é composta pelos 15 países mais significativos em termos de comércio exterior com o Brasil, e o peso de cada moeda na fórmula da TCNE é ponderado de acordo com a participação relativa de cada país no comércio bilateral. As participações são baseadas em dados de exportação e importação fornecidos pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC). Os pesos mais relevantes na cesta são: China (29%), Estados Unidos (18%) e Argentina (11,1%). Essa variável é especialmente relevante para o setor agrícola, que é fortemente integrado ao comércio global, e sua oscilação pode influenciar tanto o custo dos insumos importados

quanto o valor das receitas de exportação. Os dados da TCNE utilizados nesse estudo são obtidos do Banco Central do Brasil.

A avaliação empírica das relações entre inadimplência no crédito rural e variáveis macroeconômicas, como o custo do crédito, a taxa de câmbio nominal efetiva, os preços de cereais e de fertilizantes, é essencial devido à natureza complexa e interdependente desses fatores. No contexto do agronegócio, essas variáveis não atuam isoladamente; pelo contrário, influenciam-se mutuamente de forma dinâmica ao longo do tempo. Por exemplo, uma variação na taxa de câmbio pode impactar diretamente o custo dos insumos agrícolas, como fertilizantes, que, por sua vez, afetam a lucratividade do setor e, conseqüentemente, a capacidade de pagamento dos produtores rurais. Além disso, mudanças nos preços internacionais de cereais influenciam tanto a receita dos produtores quanto sua capacidade de honrar os compromissos financeiros.

Dessa forma, é necessário utilizar um modelo econométrico que permita avaliar essas relações simultaneamente em um sistema integrado, como modelos autorregressivos. Esse tipo de modelo é particularmente adequado porque permite a identificação de causalidades e interações entre as variáveis, levando em consideração o comportamento temporal das séries. Ao estudar essas relações de forma conjunta, é possível compreender de maneira mais precisa como os choques econômicos — seja na taxa de câmbio, nos preços internacionais ou no custo do crédito — afetam a inadimplência, e vice-versa, criando um panorama completo das dinâmicas econômicas que influenciam o crédito rural no Brasil.

A técnica econométrica mais comum para lidar com esse tipo de situação é a utilização de um Vetor Autorregressivo (VAR), desenvolvido por Sims (1980), que permite estimar um sistema de equações com variáveis endógenas e suas respectivas defasagens. Ele pode ser escrito como:

$$y_t = A_0 + A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + \mu_t \quad (1)$$

onde y é um vetor $n \times 1$ que inclui as variáveis endógenas do modelo; A_0 é um vetor de intercepto $n \times 1$; A_1, \dots, A_p são matrizes $n \times n$ de coeficientes que associam valores defasados de variáveis endógenas a seus valores atuais; e μ_t é um vetor $n \times 1$ de resíduos (inovações/choques) aleatórios $IID \sim N(0, \sigma^2)$. No entanto, a estimação do VAR está condicionada à estacionariedade das variáveis incluídas no modelo. Caso essas variáveis não sejam estacionárias, mas, existam relações de cointegração no sistema, um Modelo Vetorial de Correção de Erro (VECM) pode ser utilizado. O modelo VECM pode ser descrito como:

$$\Delta y_t = \Pi y_{t-k} + \Gamma_1 \Delta y_{t-1} + \Gamma_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta y_{t-(k-1)} + u_t \quad (2)$$

onde $\Pi = \left(\sum_{j=1}^k \beta_j \right) - I_g$; $\Gamma_i = \left(\sum_{j=1}^i \beta_j \right) - I_g$; Δy_t é um vetor com n variáveis, sendo $u_t \sim (0, \Sigma)$, onde Σ é uma matriz de u_t variâncias com $E(u_t u_s) = 0, \forall t \neq s$.

Além da vantagem de estimar um modelo que leva em consideração a simultaneidade entre as variáveis, os modelos econométricos de séries temporais oferecem a capacidade de capturar as dinâmicas de curto prazo, como as respostas das variáveis a choques externos, por meio das funções de resposta ao impulso. Esse aspecto é especialmente relevante no contexto do mercado de crédito, onde choques inesperados, como flutuações nos preços de insumos ou mudanças nas taxas de câmbio, podem impactar rapidamente a inadimplência. Ademais, esses modelos também permitem captar as dinâmicas de longo prazo por meio das relações

de cointegração entre as variáveis quando presentes, o que é fundamental para entender como as variáveis se ajustam e convergem ao longo do tempo.

4 Resultados e Discussão

Antes de apresentar os resultados, é importante reforçar que o objetivo deste estudo é analisar os impactos das variáveis macroeconômicas na inadimplência do crédito rural no Brasil. Nesse sentido, o primeiro passo em qualquer análise de séries temporais consiste em verificar a estacionariedade das variáveis utilizadas, o que é feito por meio de testes de raiz unitária. A estacionariedade é uma condição essencial para evitar falsos resultados de regressão e garantir a validade das inferências obtidas. A Tabela 1 apresenta os resultados da aplicação dos principais testes de raiz unitária: o teste ADF de Dickey & Fuller (1979), o teste PP de Phillips & Perron (1988) e o teste KPSS de Kwiatkowski et al. (1992).

Tabela 1. Testes de raiz unitária

| Variáveis | ADF-GLS | | Phillips-Perron | | KPSS |
|-------------------------|---------------|---------|-----------------|---------|-----------|
| | Estat. τ | P-valor | Estat. Z_t | P-valor | Estat. LM |
| Inadimplência | -1,0907 | 0,302 | -1,0833 | 0,7213 | 0,7719 |
| Taxa de Câmbio | -0,8368 | 0,433 | 2,0471 | 0,2666 | 1,4255 |
| Custo do Crédito | -0,8844 | 0,407 | 0,0757 | 0,9628 | 1,9203 |
| Preço dos cereais | -0,7104 | 0,501 | -1,7353 | 0,4113 | 0,9377 |
| Preço dos fertilizantes | -1,2196 | 0,244 | -1,3271 | 0,6158 | 0,9897 |

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Valores críticos de KPSS 0,349 (10%); 0,462 (5%); 0,736 (1%).

Todas as variáveis utilizadas no estudo foram transformadas em seus logaritmos naturais, o que é comum em análises econométricas para linearizar as relações entre as variáveis e reduzir a heterocedasticidade. Os testes de raiz unitária foram realizados com a inclusão de uma constante e *dummies* sazonais, a fim de capturar possíveis efeitos sazonais presentes nas séries temporais. Tanto o teste ADF quanto o teste PP indicam a aceitação da hipótese nula de não estacionariedade para todas as variáveis, sugerindo que elas possuem uma raiz unitária. Esse resultado é confirmado pelo teste KPSS, que, ao contrário dos anteriores, testa a hipótese nula de estacionariedade e, neste caso, a rejeita para todas as variáveis. Todas as variáveis se tornam estacionárias após a primeira diferença, como mostrado na Tabela A.1 do Apêndice, o que indica que são integradas de ordem 1, ou seja, $I(1)$.

Dado que todas as variáveis são $I(1)$, não é apropriado estimar um modelo VAR com as variáveis em seus níveis. No entanto, é possível estimar um Modelo Vetorial de Correção de Erro (VECM) se houver uma relação de cointegração entre as variáveis, o que implicaria que elas compartilham um equilíbrio de longo prazo. Para testar a existência de cointegração, utiliza-se o procedimento tradicional proposto por Johansen (1988), que verifica a presença de vetores de cointegração entre as variáveis analisadas.

Os resultados apresentados na Tabela 2 indicam que, tanto pelo teste do máximo autovalor quanto pelo teste do traço, existem dois vetores de cointegração ao nível de significância de 1%. Esse resultado sugere que as variáveis possuem uma relação de equilíbrio de longo prazo, o que justifica a utilização de VECM. Diante desse resultado, estima-se o VECM com dois vetores cointegrantes, mantendo o número de defasagens utilizadas nos testes de cointegração, ou seja, 5 defasagens. A escolha das defasagens é crucial para capturar adequadamente as dinâmicas

de curto prazo sem perder informações importantes sobre a interação temporal das variáveis. No presente estudo, o número de defasagens foi selecionado de modo a garantir que o modelo VEC apresentasse resíduos não autocorrelacionados. Caso isso não fosse assegurado, haveria sérios problemas na validade das inferências, uma vez que a autocorrelação dos resíduos indicaria a presença de informações não capturadas pelo modelo, o que poderia comprometer a precisão das estimativas e levar a erros nas previsões. Além disso, a autocorrelação dos resíduos pode gerar estimativas viesadas e inconsistentes, prejudicando a confiabilidade dos testes de hipóteses e das relações de longo prazo entre as variáveis.

Tabela 2. Testes de cointegração

| Ordem | Autovalor | Teste do traço | Teste do máximo autovalor |
|-------|-----------|-----------------|---------------------------|
| 0 | 0,40021 | 132,07 (0,0000) | 68,498 (0,0000) |
| 1 | 0,23061 | 63,573 (0,0007) | 35,130 (0,0029) |
| 2 | 0,13070 | 28,444 (0,0720) | 18,769 (0,1054) |
| 3 | 0,06169 | 9,6745 (0,3123) | 8,5330 (0,3347) |
| 4 | 0,00848 | 1,1415 (0,2853) | 1,1415 (0,2853) |

Fonte: Elaboração própria.

Notas: Modelo com constante sem restrições. P-valor entre parênteses. Teste do traço corrigido para pequenas amostras.

Antes de prosseguir com a descrição dos resultados, é importante destacar que a presença de dois vetores de cointegração, embora indique que as variáveis compartilham uma relação de equilíbrio de longo prazo, pode tornar a análise dessas dinâmicas mais complexa. Com dois vetores cointegrantes, a interpretação do ajuste de longo prazo entre as variáveis se torna menos clara, pois isso sugere a existência de múltiplos equilíbrios possíveis. Cada vetor de cointegração pode capturar diferentes aspectos dessas relações, o que gera ambiguidades sobre qual equilíbrio predomina em determinadas condições. Além disso, as variáveis podem estar se ajustando a diferentes forças de longo prazo simultaneamente, o que dificulta a identificação precisa dos principais fatores que regem essas relações. Por essa razão, este estudo não aborda detalhadamente o processo de ajustamento. No entanto, o modelo estimado apresenta resíduos que não possuem autocorrelação¹, e sua variância também não apresenta sinais de autocorrelação, garantindo maior confiabilidade nas estimativas do modelo.

Os resultados indicam uma relação de longo prazo estatisticamente significativa entre a inadimplência do crédito rural e os preços internacionais de cereais e fertilizantes. Especificamente, a relação com os preços dos cereais é negativa, ou seja, à medida que os preços dos cereais aumentam, a inadimplência tende a diminuir, o que sugere que a maior lucratividade decorrente de preços mais elevados permite que os produtores rurais honrem suas dívidas. Em contraste, a relação com os preços dos fertilizantes é positiva, indicando que aumentos no custo dos insumos pressionam a inadimplência, já que maiores despesas com fertilizantes reduzem as margens de lucro dos produtores e dificultam o pagamento de seus compromissos.

No entanto, a análise revela que a taxa de câmbio não apresenta uma relação estatisticamente significativa com a inadimplência no longo prazo. Além disso, o Índice de Custo de Crédito (ICC), que reflete o custo do crédito, também não possui uma relação direta com a inadimplência.

O custo do crédito aparece em um segundo vetor de cointegração, juntamente com a taxa de câmbio, os preços dos cereais e dos fertilizantes. Nesse vetor, observa-se uma relação positiva e significativa de longo prazo entre o custo do crédito, a taxa de câmbio e os fertilizantes, e

¹ Os testes de autocorrelação na variância dos resíduos são apresentados na Tabela A.2 no Apêndice, e os testes de autocorrelação nos resíduos dos modelos são mostrados na Tabela A.3.

uma relação negativa com os preços dos cereais. Isso sugere que aumentos nos preços dos cereais reduzem tanto o custo do crédito quanto a inadimplência, enquanto aumentos nos preços dos fertilizantes e na taxa de câmbio pressionam o custo do crédito no longo prazo. Assim, a dinâmica de longo prazo indica que o setor agrícola se beneficia de altas nos preços das commodities, que reduzem o risco de crédito, enquanto elevações nos custos de insumos e na taxa de câmbio geram um efeito contrário, impactando tanto a inadimplência quanto o custo do crédito.

A análise da decomposição da variância dos erros de previsão da inadimplência, ilustrada na Figura 1, revela a importância relativa das variáveis macroeconômicas ao longo do tempo na explicação das flutuações da inadimplência no crédito rural. Esses resultados corroboram os achados da literatura revisada, que apontam a significativa influência de fatores como preços das commodities, custos de insumos e condições de crédito sobre o comportamento da inadimplência no setor agrícola.

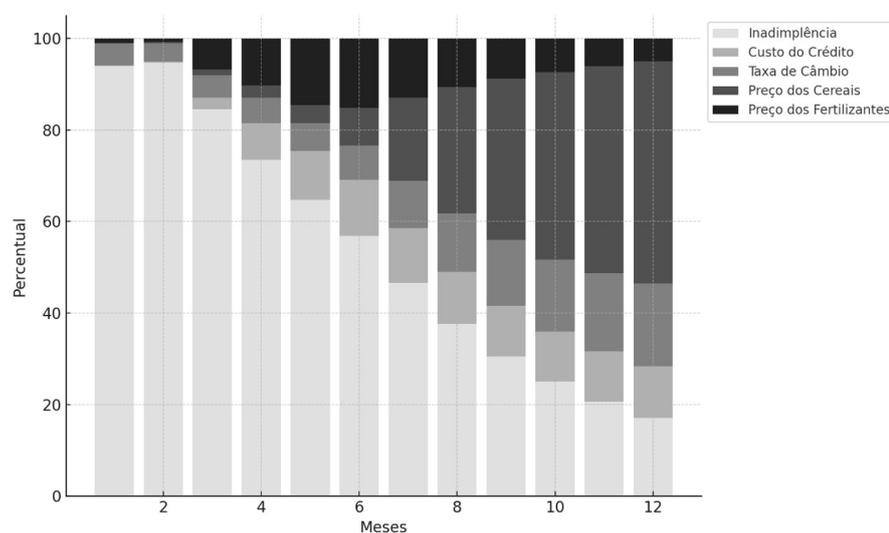


Figura 1. Decomposição da variância dos erros de previsão.

Fonte: Elaboração própria.

Conforme observado na Figura 1, após 12 meses, cerca de 48% da variação na inadimplência pode ser atribuída às flutuações no preço dos cereais. Esse resultado reforça a hipótese discutida anteriormente de que a lucratividade do setor agrícola, medida pelos preços internacionais das commodities, exerce um papel preponderante na capacidade dos produtores de cumprir suas obrigações financeiras. A relação negativa entre preços mais elevados dos cereais e menores taxas de inadimplência, identificada na análise de cointegração, é confirmada pela forte contribuição dos preços internacionais dos cereais na explicação das variações de longo prazo.

A taxa de câmbio explica aproximadamente 18% das variações na inadimplência ao final do período de 12 meses. Isso está alinhado com os estudos que destacam o impacto da volatilidade cambial sobre o setor agrícola, tanto por afetar o custo dos insumos importados, como fertilizantes, quanto por influenciar o valor das receitas obtidas com exportações. Embora a relação entre a taxa de câmbio e a inadimplência não tenha sido significativa na análise de cointegração, sua contribuição ao longo do tempo sugere que o câmbio se torna um fator mais importante conforme o horizonte temporal se expande.

O custo do crédito, por sua vez, é responsável por 11% das variações na inadimplência após 12 meses, sendo mais relevante no curto e médio prazo, com seu pico de influência

observado no sexto mês. Esse comportamento é consistente com a literatura que evidencia a sensibilidade do setor agrícola às condições de financiamento, como argumentado por autores como Tabak et al. (2010) e Oliveira et al. (2016). As variações nas taxas de juros e nos encargos financeiros impactam diretamente a inadimplência ao aumentar o custo do capital para os produtores.

O preço dos fertilizantes tem um impacto mais transitório, atingindo 15% de contribuição no sexto mês, mas caindo para 5% ao final do período de 12 meses. Esse resultado reflete o efeito inicial significativo que os aumentos no custo dos insumos exercem sobre a capacidade dos produtores de honrar suas dívidas, porém sua influência tende a se dissipar no longo prazo, à medida que outros fatores, como os preços das commodities, assumem maior importância.

Por fim, aproximadamente 17% das variações da inadimplência são explicadas pela própria série de inadimplência defasada, indicando a forte autocorrelação dessa variável. Isso é consistente com a natureza autorregressiva da inadimplência, já destacada na literatura, que aponta para a persistência desse comportamento ao longo do tempo, especialmente em períodos de dificuldades financeiras.

Para finalizar a análise de curto prazo e para determinar em qual direção ocorre a relação entre as variáveis incluídas no modelo, avaliam-se os impactos de inovações nessas variáveis através das funções de resposta ao impulso mostradas na Figura 2. Esse é um dos resultados mais importantes deste estudo porque demonstra que, no curto prazo, inovações nas variáveis macroeconômicas são capazes de gerar uma mudança na inadimplência do crédito rural.

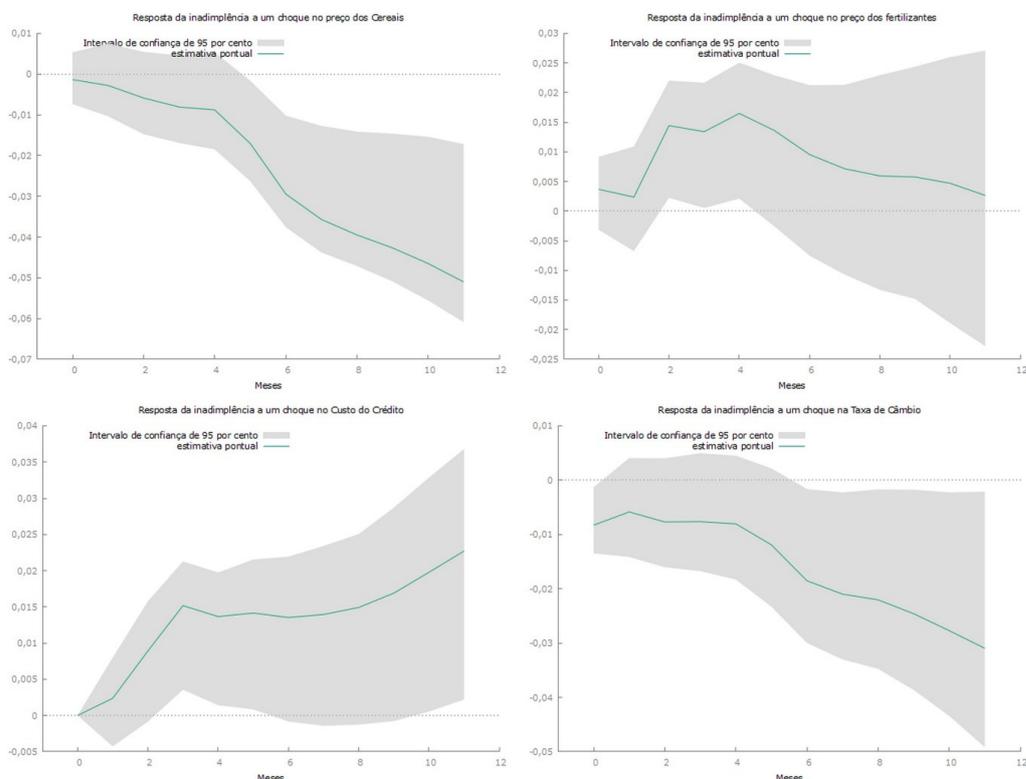


Figura 2. Funções de resposta ao impulso.

Fonte: Elaboração própria.

Notas: Impulso de um desvio padrão de Choleski. Áreas em cinza representam o intervalo de confiança de 95%. Ordem do impulso: Taxa de Câmbio-Preço dos fertilizantes-Preço dos Cereais-Inadimplência-Custo do Crédito.

As funções de resposta ao impulso (FRI) são ferramentas amplamente utilizadas em análises de modelos de séries temporais, especialmente em modelos VAR e VECM como os utilizados neste estudo. Elas permitem que se observe como uma variável responde a um choque, ou seja, uma variação inesperada ou inovação, em outra variável do sistema ao longo do tempo. No contexto deste estudo, as FRIs mostram como a taxa de inadimplência no crédito rural reage a choques de uma unidade de desvio-padrão em variáveis macroeconômicas como taxa de câmbio, preços dos cereais, preços dos fertilizantes e custo do crédito.

Os resultados mostram que um choque positivo na taxa de câmbio, ou seja, uma depreciação do real em relação ao dólar, leva a uma redução de aproximadamente 13,48% na taxa de inadimplência do crédito rural entre os meses 7 e 12. Esse resultado pode parecer contraintuitivo, já que normalmente espera-se que a depreciação cambial aumente o custo dos insumos agrícolas, como defensivos, sementes e fertilizantes, que são amplamente importados. No entanto, o efeito positivo observado pode ser explicado pelo impacto da taxa de câmbio nas receitas de exportação do setor agrícola. O agronegócio brasileiro, sendo fortemente orientado para exportação, se beneficia de uma taxa de câmbio desvalorizada, que aumenta a competitividade dos produtos brasileiros no mercado internacional. Isso resulta em maiores receitas em Reais, melhorando a capacidade de pagamento dos produtores e, conseqüentemente, reduzindo a inadimplência. Esse resultado está em conformidade com estudos como o de Oliveira et al. (2016), que identificam a taxa de câmbio como uma variável importante para o setor agrícola exportador.

Um choque positivo nos preços internacionais dos cereais gera uma redução de aproximadamente 21,71% na taxa de inadimplência do crédito rural entre os meses 7 e 12. Esse é o maior impacto observado entre as variáveis analisadas, refletindo a significativa relação entre a lucratividade do setor agrícola e a inadimplência. A literatura internacional e os estudos focados no Brasil, como os de Arraes & Teles (1999), indicam que a lucratividade do setor agrícola, especialmente em momentos de alta nos preços das commodities, é fundamental para a capacidade dos produtores de saldar suas dívidas. Altos preços de cereais aumentam a receita dos produtores, reduzindo o risco de inadimplência. Esse resultado reafirma a importância de monitorar os mercados globais de commodities na análise de crédito rural e na formulação de políticas de crédito agrícola.

Em relação aos preços dos fertilizantes, um choque positivo provoca uma redução de aproximadamente 4,44% na taxa de inadimplência entre os meses 3 e 5. Embora os fertilizantes representem um dos maiores custos de produção no setor agrícola, esse resultado pode ser explicado pela capacidade dos produtores, no curto prazo, de absorver parcialmente o aumento desses custos com o uso de estoques ou repassando parte dos aumentos no preço dos insumos para os preços finais das commodities. Assim, como apontado na decomposição da variância, o impacto dos preços dos fertilizantes é mais transitório, e o efeito positivo no curto prazo não se sustenta no longo prazo.

Por fim, um choque positivo no custo do crédito resulta em um aumento de aproximadamente 4,39% na taxa de inadimplência entre os meses 4 e 6. Esse resultado está em conformidade com a literatura que identifica o custo do crédito como um dos principais determinantes da inadimplência, especialmente no setor agrícola, que depende de crédito para financiar tanto os custos operacionais quanto os investimentos. Conforme discutido por Tabak et al. (2010), quando o custo do crédito aumenta, os produtores encontram maiores dificuldades para financiar suas atividades, o que eleva a probabilidade de inadimplência.

Em conjunto, as funções de resposta ao impulso demonstram a importância das variáveis macroeconômicas na determinação da inadimplência no crédito rural. Os choques nos preços

dos cereais e na taxa de câmbio, que melhoram a lucratividade e as condições de mercado para os produtores rurais, têm um impacto significativo na redução da inadimplência ao longo do tempo. Por outro lado, choques nos preços dos fertilizantes e no custo do crédito mostram efeitos mais curtos e transitórios, sugerindo que políticas focadas na redução da volatilidade dessas variáveis podem ajudar a mitigar o risco de inadimplência no setor. Esses resultados reforçam a relevância de uma análise integrada e simultânea das variáveis macroeconômicas para a análise e formulação de políticas eficazes no âmbito do crédito rural.

Para facilitar a interpretação dos resultados, a Tabela 3 apresenta o cálculo das elasticidades a partir das respostas acumuladas das funções de resposta ao impulso, utilizando apenas os efeitos que foram significativos ao nível de 5%, de modo que as elasticidades de curto prazo foram calculadas para um período de 12 meses, com a terceira coluna da tabela indicando especificamente os meses em que o efeito foi estatisticamente significativo. Além disso, a Tabela 3 mostra as elasticidades de longo prazo, que foram estimadas a partir dos vetores de cointegração, capturando as relações de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis macroeconômicas e a inadimplência no crédito rural.

Tabela 3. Elasticidades de curto e longo prazo

| Variável | Elasticidade de curto prazo | Período de tempo (meses) | Elasticidade de longo prazo |
|------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Custo do Crédito | 3,795 | 4-6 | 0 |
| Preço de fertilizantes | 0,699 | 3-5 | 3,865 |
| Taxa de câmbio | -3,914 | 7-12 | -0,481 |
| Preço de cereais | -6,296 | 7-12 | -9,273 |

Fonte: Elaboração própria.

O custo do crédito mostra uma elasticidade de curto prazo elevada, de 3,795, com um efeito significativo entre os meses 4 e 6. Isso significa, por exemplo, que o aumento de 1% no custo do crédito aumenta em cerca de 3,8% a taxa de inadimplência do crédito rural. Ademais, indica que variações no custo do crédito têm um impacto imediato e significativo sobre a inadimplência no curto prazo. No entanto, a elasticidade de longo prazo é zero, sugerindo que esse efeito não se prolonga ao longo do tempo. O resultado é coerente com a literatura, como destacado por Tabak et al. (2010) e Melo & Resende Filho (2017), os quais apontam o custo do crédito como um fator relevante no curto prazo, mas de menor influência nas dinâmicas de longo prazo. Tabak et al. (2010) demonstram que o impacto das variações nas taxas de juros é mais significativo no curto prazo, especialmente em períodos de aperto monetário, enquanto Melo & Resende Filho (2017) reforçam que o efeito do custo do crédito tende a diminuir conforme o horizonte temporal se expande, dando lugar a outros fatores estruturais, como a lucratividade agrícola e as condições macroeconômicas globais.

Em relação ao preço dos fertilizantes, a elasticidade de curto prazo é de 0,699, com um efeito significativo nos meses 3 a 5, indicando um impacto moderado da variação nos preços dos insumos sobre a inadimplência no curto prazo. No entanto, a elasticidade de longo prazo é muito mais expressiva, chegando a 3,865. Isso revela que o preço dos fertilizantes se torna um fator significativo no aumento da inadimplência ao longo do tempo, conforme os produtores enfrentam um aumento contínuo nos custos de produção.

A taxa de câmbio apresenta uma elasticidade negativa tanto no curto quanto no longo prazo. No curto prazo, a elasticidade é de -3,914, com impacto significativo entre os meses 7 e 12. Isso sugere que a depreciação do real em relação ao dólar reduz a inadimplência, provavelmente devido ao aumento das receitas de exportação dos produtores rurais. No longo

prazo, o impacto negativo da taxa de câmbio persiste, embora com menor magnitude e sem significância estatística, apresentando uma elasticidade de -0,4816. Isso indica que, apesar de seu efeito atenuado e menos preciso, a taxa de câmbio permanece um fator relevante para a inadimplência no setor agrícola, particularmente para os produtores orientados para o mercado externo.

O preço dos cereais apresenta as maiores elasticidades, tanto no curto quanto no longo prazo. No curto prazo, a elasticidade é de -6,296, com significância estatística entre os meses 7 e 12, enquanto no longo prazo a elasticidade atinge -9,273. Isso significa que, por exemplo, uma variação positiva de 1% no preço dos cereais resultaria em uma redução de aproximadamente 6,3% na inadimplência no curto prazo e em uma redução ainda maior, de cerca de 9,3%, no longo prazo. Esses resultados indicam que aumentos nos preços dos cereais reduzem significativamente a inadimplência no crédito rural, refletindo a importância da lucratividade do setor agrícola para o cumprimento das obrigações financeiras. Esse resultado é consistente com a decomposição da variância, que mostrou que os preços dos cereais explicam uma grande parte das variações na inadimplência. Estudos como Arraes & Teles (1999) e Melo & Resende Filho (2017) reforçam essa relação, destacando que a maior rentabilidade das commodities agrícolas permite que os produtores rurais, particularmente os que produzem para exportação, mantenham-se financeiramente saudáveis e honrem suas dívidas, reduzindo o risco de inadimplência.

Em conjunto, a análise das elasticidades sugere que, no curto prazo, o custo do crédito e a taxa de câmbio têm um impacto relevante sobre a inadimplência, enquanto no longo prazo, os preços dos cereais e dos fertilizantes se tornam os principais fatores determinantes.

Ao comparar as elasticidades com a decomposição da variância dos erros de previsão, é evidente que as variáveis que mais influenciam a inadimplência no crédito rural são, de fato, os preços dos cereais e a taxa de câmbio. A elasticidade negativa e elevada dos preços dos cereais confirma seu papel central na redução da inadimplência, coerente com sua contribuição expressiva na decomposição da variância. A taxa de câmbio também aparece como uma variável importante, embora com um impacto menor em relação aos preços dos cereais, mas ainda relevante.

O custo do crédito e os preços dos fertilizantes têm efeitos menores no curto prazo, mas, especialmente no caso dos fertilizantes, seu impacto se intensifica no longo prazo. Isso sugere que esses fatores podem ser mais influentes em períodos de ajuste prolongado, quando os produtores enfrentam dificuldades mais profundas relacionadas ao custo de produção e financiamento. Esses resultados são consistentes com a literatura revisada, que destaca a importância da lucratividade agrícola, impulsionada pelos preços internacionais, e o papel moderador do câmbio sobre o desempenho do setor exportador.

5 Conclusões

A análise realizada neste estudo sobre os determinantes macroeconômicos da inadimplência no crédito rural brasileiro apresentou resultados robustos e alinhados com a literatura existente. O principal achado refere-se à significativa influência dos preços internacionais dos cereais sobre a inadimplência. Tanto as funções de resposta ao impulso quanto a decomposição da variância e as elasticidades de longo prazo indicam que variações nos preços dos cereais têm o maior impacto na inadimplência, com um efeito negativo substancial. Isso significa que aumentos nos preços dos cereais tendem a reduzir a inadimplência no setor agrícola, evidenciando a forte relação entre a lucratividade dos produtores e sua capacidade de honrar compromissos

financeiros. Esse resultado está em consonância com a literatura revisada, que destaca o papel central da lucratividade agrícola — particularmente em momentos de alta nas commodities — para o desempenho financeiro do setor (Arraes & Teles, 1999; Oliveira et al., 2016).

Outro resultado importante foi a influência da taxa de câmbio, que também apresentou um efeito negativo significativo sobre a inadimplência, embora de menor magnitude quando comparado aos preços dos cereais. Esse resultado confirma a importância da competitividade internacional para o agronegócio brasileiro, onde uma desvalorização da moeda nacional pode favorecer as exportações, aumentando a receita dos produtores e, conseqüentemente, reduzindo a inadimplência. Esse resultado está alinhado com os estudos que apontam a sensibilidade do setor agrícola às variações cambiais, particularmente em economias exportadoras (Oliveira et al., 2016).

Os preços dos fertilizantes, por sua vez, apresentaram um impacto mais pronunciado no longo prazo, demonstrando que, embora os choques nos preços dos insumos tenham um efeito moderado no curto prazo, a persistência de altos custos com fertilizantes pode pressionar a inadimplência com o tempo. O custo do crédito, como esperado, teve um impacto significativo no curto prazo, aumentando a inadimplência em períodos de elevação das taxas de juros, mas sem um efeito persistente no longo prazo. Esse resultado é consistente com a literatura que destaca o papel das condições de financiamento no curto prazo, mas sugere que, com o tempo, os produtores conseguem ajustar suas operações para mitigar os efeitos de altas temporárias no custo do crédito.

Em suma, os resultados obtidos neste estudo estão em ampla consonância com a literatura existente, confirmando a relevância das variáveis macroeconômicas analisadas, particularmente a lucratividade associada aos preços dos cereais como principal fator de redução da inadimplência no crédito rural.

É importante destacar que, mesmo sem o uso de uma análise estatística ou econométrica mais sofisticada, é possível observar que os períodos de alta nos preços dos cereais são acompanhados por uma redução na inadimplência, e, da mesma forma, quando os preços dos cereais caem, a inadimplência tende a aumentar. De modo que a característica cíclica dos preços das commodities implica que o mercado de crédito rural também está sujeito a ciclos de inadimplência, o que exige que credores e instituições financeiras estejam preparados para lidar com essas flutuações.

A fim de se preparar para os períodos de maior inadimplência, os credores podem adotar uma série de estratégias. Uma delas é o desenvolvimento de ferramentas de previsão mais precisas, que permitam antecipar os momentos de estresse financeiro no setor agrícola. Essas ferramentas podem incluir modelos de séries temporais que levem em consideração variáveis como os preços das commodities e a taxa de câmbio, de forma a prever os picos e vales nos ciclos de inadimplência.

Outra abordagem é a diversificação das carteiras de crédito rural. Ao diversificar o portfólio de empréstimos entre diferentes tipos de produtores e culturas, os credores podem reduzir o risco associado a choques em preços específicos de commodities. Essa estratégia pode suavizar os impactos de variações bruscas nos preços dos cereais, já que diferentes setores agrícolas podem responder de maneiras distintas a choques de mercado.

Além disso, os credores rurais podem adotar estratégias financeiras, como mecanismos de hedge, para proteger suas carteiras contra as flutuações bruscas nos preços das commodities e nas taxas de câmbio. Essas oscilações, que são comuns em mercados agrícolas devido a fatores como variações climáticas, mudanças na demanda global, instabilidades políticas e econômicas, podem impactar significativamente a capacidade dos produtores rurais de honrar seus compromissos

financeiros. Como resultado, a inadimplência no crédito rural tende a aumentar, gerando prejuízos tanto para os credores quanto para a cadeia produtiva como um todo.

Nesse contexto, o uso de instrumentos financeiros derivativos, como contratos futuros de commodities e *swaps* cambiais, torna-se uma ferramenta essencial para a gestão de riscos por parte dos produtores. Os contratos futuros permitem que os produtores “travem” os preços das commodities em uma data futura, garantindo uma receita mínima esperada e reduzindo a incerteza em relação às variações de mercado. Da mesma forma, os *swaps* cambiais são úteis para mitigar os riscos associados às flutuações nas taxas de câmbio, especialmente em operações de crédito rural que envolvem exportações ou importações de insumos. Esses instrumentos permitem que os produtores se protejam contra variações adversas na moeda estrangeira, garantindo maior previsibilidade nos custos e receitas.

Ao transferir parte do risco para o mercado financeiro, os produtores e os credores reduzem sua exposição direta às oscilações dos preços das commodities e das taxas de câmbio. Isso não apenas protege as carteiras de crédito, mas também contribui para a estabilidade do setor rural como um todo. Quando os riscos de mercado são mitigados, a probabilidade de inadimplência diminui, pois os produtores rurais têm maior capacidade de planejamento e cumprimento de suas obrigações financeiras, mesmo em cenários adversos. Ademais, a adoção dessas práticas de *hedge* pode melhorar a confiança dos agentes financeiros em relação ao crédito rural, incentivando a oferta de recursos para o setor. Com menor risco de inadimplência, os credores podem oferecer taxas de juros mais atrativas e prazos mais flexíveis, beneficiando os produtores e fortalecendo a cadeia produtiva agrícola.

Por fim, costuma-se recomendar que os credores considerem a flexibilização das condições de crédito em períodos de baixa lucratividade. Todavia, em consonância com as observações de Linardi & Ferreira (2008) e Melo & Resende Filho (2017), as renegociações de dívidas rurais podem gerar um problema de perigo moral no mercado de crédito. O processo recorrente de renegociação pode incentivar o comportamento de risco por parte dos devedores, que passam a confiar na possibilidade de novas renegociações futuras em caso de inadimplência, o que pode agravar ainda mais o problema. Linardi & Ferreira (2008) destacam que a flexibilização excessiva nas renegociações pode aumentar o nível de inadimplência, pois os tomadores de crédito deixam de se esforçar para quitar suas dívidas, confiantes de que novas condições favoráveis serão oferecidas. Da mesma forma, Melo & Resende Filho (2017) enfatizam que os processos de renegociação podem não só elevar a inadimplência, mas também aumentar os custos do crédito para os bons pagadores, que acabam por arcar com parte do risco imposto pelos devedores inadimplentes.

Uma possível solução para mitigar esses problemas seria a redução da frequência das renegociações, limitando essas oportunidades a casos excepcionais e criteriosamente avaliados. Ao reduzir as expectativas de novas renegociações, os produtores seriam incentivados a honrar seus compromissos financeiros, reduzindo o risco moral associado.

Em consonância, a banalização da concessão de Recuperações Judiciais (RJs) pode representar outro obstáculo ao bom funcionamento do mercado de crédito. A facilidade com que empresas têm acesso a esse tipo de proteção jurídica pode resultar em um aumento do risco percebido pelos credores, o que se traduz em maiores custos de crédito e, como mostrado neste estudo, também em um aumento das taxas de inadimplência. Portanto, uma política pública que restrinja o uso abusivo de RJs e exija critérios mais rígidos para a sua concessão seria uma medida importante para melhorar o ambiente de crédito no setor agrícola.

Por outro lado, políticas públicas que favoreçam a abertura do mercado e o aumento da concorrência no setor de crédito rural podem ajudar a reduzir os custos do crédito e, conseqüentemente, a inadimplência. A introdução de novos *players* no mercado de crédito,

sobretudo instituições privadas e *fintechs*, pode aumentar a competitividade, incentivando melhores práticas de crédito e juros mais acessíveis para os produtores rurais. Para viabilizar esse aumento da concorrência, seria necessário reduzir as assimetrias de informação no setor de crédito rural, através do aprimoramento dos cadastros de crédito e da criação de um ambiente mais transparente, onde as informações sobre o histórico de pagamento dos tomadores estejam disponíveis para todos os credores potenciais. Dessa forma, as instituições financeiras teriam melhores condições para avaliar o risco de crédito, oferecendo condições mais adequadas aos tomadores, o que poderia resultar em menores taxas de inadimplência. Em síntese, as políticas públicas voltadas para o crédito rural devem encontrar um equilíbrio entre oferecer suporte aos produtores em momentos de dificuldades financeiras e garantir que o mercado de crédito funcione de maneira eficiente, sem distorções geradas por expectativas de renegociações ou benefícios excessivos para os inadimplentes.

Apesar das contribuições deste estudo para o entendimento dos determinantes macroeconômicos da inadimplência no crédito rural brasileiro, é importante reconhecer algumas limitações. O principal fator a ser destacado é a não inclusão dos preços da soja, a commodity agrícola mais relevante do país em termos de financiamento, produção e exportação. Dada a representatividade da soja no agronegócio brasileiro e sua influência direta sobre a renda dos produtores e a capacidade de pagamento de financiamentos rurais, sua ausência pode impactar a abrangência das conclusões apresentadas. Além disso, outros cultivos de grande importância econômica, como café, cana-de-açúcar e algodão, bem como todo o setor pecuário, que também recebe uma parcela expressiva do crédito rural, não foram contemplados na análise de preços. A inclusão dessas variáveis poderia fornecer uma visão mais ampla e detalhada da relação entre os ciclos de preços das principais commodities agropecuárias e a inadimplência no setor. Estudos futuros podem aprimorar essa abordagem, incorporando essas variáveis e avaliando de maneira mais completa o impacto da volatilidade dos preços agrícolas sobre o risco de crédito rural no Brasil.

Contribuições dos autores:

CAO foi responsável pela conceitualização, metodologia, análise de dados, validação e redação do manuscrito original. RMP contribuiu com a curadoria de dados, redação – revisão e edição e validação.

Suporte financeiro:

Nada a declarar

Conflitos de interesses:

Nada a declarar

Aprovação do conselho de ética:

Não se aplica

Disponibilidade de dados:

Os dados da pesquisa estão disponíveis sob consulta.

Agradecimentos:

Nada a declarar

* Autor correspondente:

Cristiano Aguiar de Oliveira. cristiano.oliveira@furg.br

Referências

- Arraes, R. A., & Teles, V. K. (1999). Trajetória recente da inadimplência rural: Nordeste Versus Brasil. *Revista Economica do Nordeste*, 30(Supl), 402-418. <http://doi.org/10.61673/ren.1999.1949>
- Berger, A. N., & Udell, G. F. (2004). The institutional memory hypothesis and the procyclicality of bank lending behavior. *Journal of Financial Intermediation*, 13(4), 458-495. <http://doi.org/10.1016/j.jfi.2004.06.006>
- Bonfim, D. (2009). Credit risk drivers: Evaluating the contribution of firm level information and of macroeconomic dynamics. *Journal of Banking & Finance*, 33(2), 281-299. <http://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2008.08.006>
- Céu, M. S., & Gaspar, R. M. (2024). A review on climate change, credit risk and agriculture. *Rural Sustainability Research*, 51(346), 38-49. <http://doi.org/10.2478/plua-2024-0004>
- Chu, V. (2001). Principais fatores macroeconômicos da inadimplência bancária no Brasil. In Banco Central do Brasil (Ed.), *Juros e spread bancário no Brasil: avaliação de 2 anos do projeto* (pp. 41-45). Brasília.
- De Bock, R., & Demyanets, A. (2012). *Bank asset quality in emerging markets: determinants and spillovers* (IMF Working Papers, No. WP/12/71). Washington, D.C.: International Monetary Fund. Recuperado em 20 de setembro de 2024, de <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2012/wp1271.pdf>
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431. <http://doi.org/10.2307/2286348>
- Espinoza, R. A., & Prasad, A. (2010). *Nonperforming loans in the GCC banking system and their macroeconomic effects* (IMF Working Paper, No. WP/10/224). Washington, D.C.: International Monetary Fund. Recuperado em 30 de outubro de 2024, de <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2010/wp10224.pdf>
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 12(2-3), 231-254. [http://doi.org/10.1016/0165-1889\(88\)90041-3](http://doi.org/10.1016/0165-1889(88)90041-3)
- Keeton, W. R., & Morris, C. S. (1987). Why do banks' loan losses differ? *Economic Review*, 72(3), 3-21.
- Konstantakis, K. N., Michaelides, P. G., & Vouldis, A. T. (2016). Non performing loans (NPLs) in a crisis economy: Long-run equilibrium analysis with a real time VEC model for Greece (2001-2015). *Physica A*, 451, 149-161. <http://doi.org/10.1016/j.physa.2015.12.163>
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: how sure are we that economic time series have a unit root? *Journal of Econometrics*, 54(1), 159-178. [http://doi.org/10.1016/0304-4076\(92\)90104-Y](http://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y)

- Linardi, F., & Ferreira, M. S. (2008). Avaliação dos determinantes macroeconômicos da inadimplência bancária no Brasil. In *Anais do XXXVI Encontro Nacional de Economia*. Niterói: Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia. Recuperado em 30 de outubro de 2024, de <https://econpapers.repec.org/paper/anpen2008/200807211552080.htm>
- Lis, S., Martínez Pagés, J., & Saurina, J. (2000). *Credit growth, problem loans and credit risk provisioning in Spain* (Working Paper, No. 0018). Banco de España. Recuperado em 20 de setembro de 2024, de <https://econpapers.repec.org/paper/bdewpaper/0018.htm>
- Melo, L. B., & Resende Filho, M. A. (2017). Determinantes do risco de crédito rural no Brasil: uma crítica às renegociações da dívida rural. *Revista Brasileira de Economia*, 71(1), 67-91. <http://doi.org/10.5935/0034-7140.20170004>
- Moinescu, B.-G. (2012). Determinants of nonperforming loans in central and eastern European countries: macroeconomic indicators and credit discipline. *Review of Economic and Business Studies*, 10, 47-58.
- Nkusu, M. (2011). *Nonperforming loans and macrofinancial vulnerabilities in advanced economies* (IMF Working Paper, No. WP/11/161). Washington, D.C.: International Monetary Fund. Recuperado em 2 de outubro de 2024, de <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2011/wp11161.pdf>
- Oliveira, J. C. T., Formiga, R., Lima, R. O., & Silva, O. (2016). A inadimplência das empresas no Brasil e seus determinantes macroeconômicos. *Anais do Congresso UFPE de Ciências Contábeis*, 1, 1-13. Recuperado em 2 de outubro de 2024, de <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/SUCC/article/view/2389>
- Phillips, P. C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346. <http://doi.org/10.1093/biomet/75.2.335>
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica*, 48(1), 1-48. <http://doi.org/10.2307/1912017>
- Souza, A. L. (2019). *Relação entre leis de refs e a inadimplência do crédito rural: análise do impacto das renegociações de dívidas sobre as operações de crédito rural securitizadas* (Dissertação de mestrado). IPEA. Recuperado em 25 de setembro de 2024, de <https://www.ipea.gov.br/sites/images/mestrado/turma3/willer-roger-de-souza.pdf>
- Tabak, B. M., Craveiro, G. L., & Cajueiro, D. O. (2010). *Eficiência bancária e inadimplência: testes de causalidade* (Trabalho para Discussão do Bacen, No. 220). Brasília: Banco do Brasil. Recuperado em 30 de novembro de 2024, de <https://www.bcb.gov.br/pec/wps/port/TD220.pdf>

Recebido: Novembro 22, 2024

Aceito: Fevereiro 24, 2025

JEL Classification: C32, G21, Q14.

Editor de seção: Silvio Cezar Arend

Apêndice

Tabela A.1 - Testes de raiz unitária nas diferenças

| Variáveis | ADF-GLS | | Phillips-Perron | | KPSS |
|-------------------------|---------------|---------|-----------------|---------|-----------|
| | Estat. τ | P-valor | Estat. Z_t | P-valor | Estat. LM |
| Inadimplência | -3,4084 | 0,0000 | -9,0738 | 0,0000 | 0,2586 |
| Custo do Crédito | -2,0367 | 0,0450 | -2,4847 | 0,0131 | 0,2112 |
| Taxa de Câmbio | -2,4310 | 0,0160 | -8,4998 | 0,0000 | 0,1543 |
| Preço dos Cereais | -7,8170 | 0,0000 | -8,6799 | 0,0000 | 0,3505 |
| Preço dos Fertilizantes | -2,6255 | 0,0090 | -8,7876 | 0,0000 | 0,2123 |

Fonte: Elaboração própria. Nota: Valores críticos de KPSS 0,120 (10%); 0,148 (5%); 0,216 (1%).

Tabela A.2 - Teste ARCH até a ordem 4 para avaliar a autocorrelação na variância dos resíduos

| Defasagem | LM |
|-----------|-----------------|
| 1 | 233,88 (0,3283) |
| 2 | 477,11 (0,1818) |
| 3 | 675,67 (0,4854) |
| 4 | 843,25 (0,9116) |

Fonte: Elaboração própria. Nota: p-valor entre parênteses.

Tabela A.3 - Teste de autocorrelação dos resíduos (Rao F)

| Defasagem | Valor crítico | Distribuição aproximada | p-valor |
|-----------|---------------|-------------------------|---------|
| 1 | 1.465 | F(25, 387) | 0.0711 |
| 2 | 0.944 | F(50, 454) | 0.5857 |
| 3 | 1.042 | F(75, 454) | 0.3908 |
| 4 | 1.183 | F(100, 438) | 0.1311 |
| 5 | 1.180 | F(125, 418) | 0.1167 |
| 6 | 1.148 | F(150, 395) | 0.1471 |
| 7 | 1.194 | F(175, 372) | 0.0818 |
| 8 | 1.130 | F(200, 348) | 0.1604 |

Fonte: Elaboração própria.