Crédito Rural e Produção Agropecuária nos municípios do Tocantins: eficiência territorial e implicações para a política de alocação

Rural Credit and Agricultural Production in the Municipalities of Tocantins: territorial efficiency and implications for allocation policy

Leonardo dos Santos Bandeira
Universidade Federal do Tocantins (UFT) / Universidade Estadual do Tocantins (UNITINS). Palmas, Tocantins (TO), Brasil
Cleiton Silva Ferreira Milagres
Universidade Federal do Tocantins (UFT). Palmas, Tocantins (TO), Brasil
Juliana Aguiar Melo
Universidade Federal do Tocantins (UFT). Palmas, Tocantins (TO), Brasil

GT11. Elaboração e Análise de Política para Agropecuária

Resumo: O crédito rural constitui um dos principais instrumentos de política agrícola no Brasil, direcionado ao financiamento de custeio, investimento e comercialização da produção agropecuária. No estado do Tocantins, os recursos do crédito rural expandiram-se expressivamente entre 2013 e 2024, totalizando R$ 65,87 bilhões, com predominância da atividade agrícola (55,1%) e da finalidade de custeio (58,5%), além de elevada concentração territorial dos recursos. Diante desse cenário, coloca-se a seguinte questão: em que medida os municípios do Tocantins convertem o crédito rural recebido em produção agropecuária de forma eficiente? O objetivo é analisar a eficiência dos municípios do estado na conversão do crédito rural em produção agropecuária, por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA), com os modelos CCR e BCC, considerando o crédito rural como insumo e o valor da produção agropecuária municipal como produto. A análise cobre o período de 2013 a 2024, com 1.667 observações municipais-anuais. Os resultados evidenciam que a eficiência média dos municípios é baixa (EF_VRS = 0,165), com elevada dispersão e acentuada heterogeneidade territorial. Do total de 139 municípios analisados, apenas 15 registraram eficiência máxima em ao menos um ano, e apenas dois apresentaram eficiência máxima consistente ao longo do período. Municípios como Lagoa da Confusão e Pedro Afonso destacam-se no *ranking* de eficiência, enquanto a maioria dos municípios opera substancialmente abaixo da fronteira de produção. Os resultados apontam para necessidade de revisão das estratégias de alocação do crédito rural no estado, com ênfase na convergência entre financiamento agrícola e desempenho produtivo territorial.
Palavras-chave: crédito rural, eficiência técnica, análise envoltória de dados, Tocantins, política agrícola.

Abstract: Rural credit is one of the main agricultural policy instruments in Brazil, aimed at financing the operating costs, investment, and marketing of agricultural production. In the state of Tocantins, rural credit resources expanded significantly between 2013 and 2024, totaling R$ 65.87 billion, with a predominance of agricultural activity (55.1%) and operating expenses (58.5%), in addition to a high territorial concentration of resources. This study asks: to what extent do the municipalities of Tocantins efficiently convert rural credit into agricultural production? The objective is to analyze the technical efficiency of state municipalities in converting rural credit into agricultural production using Data Envelopment Analysis (DEA), with the CCR and BCC models, treating rural credit as an input and the municipal agricultural production value as an output. The analysis covers the period from 2013 to 2024, with 1,667 municipal-annual observations. Results indicate that the average technical efficiency of municipalities is low (EF_VRS = 0.165), with high dispersion and marked territorial heterogeneity. Of the 139 municipalities analyzed, only 15 recorded maximum efficiency in at least one year, and only two consistently achieved maximum efficiency throughout the period. Municipalities such as Lagoa da Confusão and Pedro Afonso stand out in the efficiency ranking, while most municipalities operate well below the production frontier. The results point to the need to review rural credit allocation strategies in the state, emphasizing convergence between agricultural financing and territorial productive performance.
Keywords: rural credit, technical efficiency, data envelopment analysis, Tocantins, agricultural policy.

1. Introdução

Desde a institucionalização do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), por meio da Lei 4.829, de 5 de novembro de 1965, o financiamento agrícola tornou-se o principal

instrumento da política agrária brasileira. O SNCR nasceu com objetivos explícitos: fomentar investimentos no setor agropecuário, privilegiar o custeio e a comercialização da produção, promover o fortalecimento econômico dos agricultores e incentivar a adoção de tecnologia nos sistemas produtivos (Amaral & Bacha, 2025). Ao longo das décadas seguintes, o sistema passou por reformulações, entre as quais a criação do Pronaf em 1996 e a diversificação das fontes de recursos a partir dos anos 2000, mantendo seu papel de articulador entre a política macroeconômica e o desempenho agropecuário (Amaral & Bacha, 2025; Borges & Parré, 2022).

Dados da Matriz de Dados do Crédito Rural do Banco Central do Brasil (MDCR/BCB) para o período de janeiro de 2013 a março de 2026 revelam que o total de crédito rural contratado no Brasil alcançou R$ 3,17 trilhões, distribuídos entre 28,5 milhões de contratos. A região Sul liderou em volume financeiro (R$ 1,06 trilhão; 33,5%), seguida pelo Centro-Oeste (R$ 802 bilhões; 25,3%), Sudeste (R$ 790 bilhões; 24,9%), Nordeste (R$ 304 bilhões; 9,6%) e Norte (R$ 212 bilhões; 6,7%). (Banco Central do Brasil, 2025).

A região Norte, onde o Tocantins está inserido, somou 1,2 milhão de contratos com valor médio de R$ 175.442,00, o que evidencia tanto a menor densidade do agronegócio quanto as restrições de acesso ao sistema bancário em parte dos estados que a compõem.

Quanto aos seus efeitos sobre a produção agropecuária do país, Borges e Parré (2022) estimam, por meio de vetores autorregressivos e testes de causalidade de Granger, que o crédito rural antecede temporalmente o PIB agropecuário, afetando-o positivamente com elasticidade de 0,20%. O resultado, embora modesto em magnitude, confirma a direção causal do financiamento sobre a produção, achado que encontra corroboração em outros estudos (ex.: Dias et al., 2023; Sobreira et al., 2024).

A expansão da oferta do crédito, contudo, não se traduz de forma homogênea em desempenho produtivo territorial. A literatura tem documentado que os efeitos do crédito rural sobre a produção agropecuária são heterogêneos entre regiões e que essa heterogeneidade está relacionada tanto ao grau de acesso ao crédito quanto à disponibilidade de outros mecanismos, como a assistência técnica (Sobreira et al., 2024).

No estado do Tocantins, região que integra a fronteira agrícola do Brasil Central, com expansão da soja, do milho e da pecuária de corte, essa dinâmica tem sido acompanhada de crescimento expressivo dos volumes de crédito rural contratados. No período de estudo desta pesquisa, a saber, de 2013 a 2024, o estado acumulou R$ 65,87 bilhões em crédito contratado, segundo dados da MDCR/BCB (Banco Central do Brasil, 2025). Contudo, o Tocantins opera em uma região que, embora apresente expansão da fronteira agrícola, ainda ocupa posição periférica

no sistema nacional de crédito rural, o que confere justificativa ao diagnóstico de eficiência no uso dos recursos disponíveis.

Esse diagnóstico coloca uma pergunta fundamental para a economia regional do Tocantins: em que medida os municípios do estado convertem o crédito rural recebido em produção agropecuária de forma eficiente? A resposta requer uma abordagem metodológica capaz de mensurar a eficiência relativa entre territórios sem impor uma forma funcional predeterminada à relação entre financiamento e produto.

A Análise Envoltória de Dados (DEA) atende a esse requisito, pois trata-se de uma técnica não paramétrica de programação linear que estima uma fronteira de produção a partir das unidades mais eficientes da própria amostra, sem exigir hipóteses distributivas sobre os resíduos ou especificação de função de produção (Coelli, 2005). Sua adequação para avaliar políticas de alocação de recursos públicos está documentada na literatura brasileira, com aplicações distintas, como cooperativas de crédito (Cavinato & Capitani, 2023), unidades de assistência técnica (Ramos et al., 2022) e propriedades leiteiras (Bassotto et al., 2024).

A lacuna que este trabalho busca preencher é a da avaliação territorial da eficiência do crédito rural no Tocantins em nível municipal, nível em que o crédito é registrado administrativamente e em que as políticas estaduais se operacionalizam. Parte-se da compreensão de que a eficiência na conversão do crédito rural não é apenas um atributo técnico dos municípios, mas um fenômeno territorialmente condicionado. A literatura sobre crédito rural no Brasil tem se concentrado em análises macroeconômicas: relação crédito/PIB agropecuário nacional (Borges & Parré, 2022), determinantes da inadimplência (Oliveira & Pereira, 2025), estrutura de garantias (Bitencourt & Fornazier, 2024; Menezes et al., 2023) ou em avaliações de impacto por grupos de produtores (Dias et al., 2023; Sobreira et al., 2024).

Estudos que articulem volume de crédito contratado e produção agropecuária em perspectiva municipal, aplicando métodos de fronteira de produção, são ausentes para estados da região Centro-Norte do Brasil. Essa ausência tem implicações práticas, pois sem diagnóstico territorializado da eficiência, torna-se difícil redirecionar instrumentos de política agrícola para onde o retorno produtivo do crédito é menor.

Nesse sentido, a eficiência a ser observada não decorre do volume de crédito contratado, mas da capacidade dos territórios de transformar esse insumo financeiro em produção, o que implica em reconhecer que a política de crédito opera de forma desigual no espaço. Assim, o objetivo deste estudo é analisar a eficiência dos municípios do Tocantins na conversão do crédito rural em produção agropecuária, identificando padrões espaciais, diferenças entre atividades e municípios e implicações para a política de financiamento agrícola estadual.

Ao produzir, pela primeira vez para o Tocantins, um diagnóstico territorializado da eficiência na conversão do crédito rural em produção agropecuária em escala municipal, o trabalho oferece subsídios para a revisão dos critérios de alocação territorial do crédito, identificando onde o financiamento agrícola não se traduz em produto proporcional e apontando os padrões estruturais que explicam essa assimetria.

O período de análise compreende os anos de 2013 a 2024, abrangendo 139 municípios e 1.667 observações municipais-anuais. O artigo está estruturado em cinco seções: a revisão da literatura (seção 2), a metodologia (seção 3), os resultados e discussão (seção 4) e as considerações finais (seção 5).

2. Revisão da Literatura

2.1 Crédito rural: trajetória, concentração e efeitos sobre a produção

O crédito rural é historicamente o principal instrumento de política agrícola do Brasil. Sua operação moderna remonta à criação da Carteira de Crédito Agrícola e Industrial (CREAI) do Banco do Brasil nos anos 1930, mas é com o SNCR, criado pela Lei n.º 4.829/1965, que o sistema ganha capilaridade e sistematização.

Amaral e Bacha (2025) traçam, a partir de dados dos Censos Agropecuários e do Banco Central, a trajetória do crédito rural entre 1969 e 2023, concluindo que o sistema é historicamente concentrador, seletivo e desigualmente distribuído, e que esses fenômenos se amplificaram ao longo do tempo, ocorrendo tanto entre quanto dentro das categorias de agricultores familiares e não familiares. A modernização dos anos 1970 e 1980 favoreceu principalmente médias e grandes propriedades das regiões Sul e Sudeste, em que as culturas mais beneficiadas foram soja, trigo, café e cana-de-açúcar, e a criação do Pronaf em 1996, que, embora relevante, não reverteu a seletividade estrutural do sistema (Amaral & Bacha, 2025; Faria & Santos, 2014).

A dimensão macroeconômica desse processo é observada por Borges e Parré (2022), que estimam, por meio de vetores autorregressivos (VAR) e testes de causalidade de Granger com dados de 1999 a 2018, que o crédito rural total impacta positivamente o produto agropecuário brasileiro com elasticidade de 0,20%, e que a causalidade é unidirecional, isto é, o crédito precede temporalmente o PIB agropecuário no sentido de Granger. Os autores verificaram que, no período analisado, o crédito rural cresceu em média 7,51% ao ano em termos reais, fazendo com que a razão crédito/PIB agropecuário saltasse de 24,5% em 1999 para 61,1% em 2018. Relevante é também a observação de que a política de crédito mostrou comportamento

pró-cíclico: durante a recessão de 2015–2016, o crédito rural registrou queda acumulada de 21,04%, evidenciando vulnerabilidade do sistema às flutuações do ciclo econômico. Esse achado antecipa uma questão fundamental para o presente estudo, se o crédito rural cresce de forma pró-cíclica e se concentra em períodos de preços favoráveis de commodities, os efeitos sobre a produção agropecuária municipal também tendem a ser assimétricos ao longo do tempo.

A heterogeneidade regional dos efeitos do crédito rural é outra dimensão documentada na literatura. Sobreira et al. (2024), combinando dados do Censo Agropecuário de 2017 com variáveis climáticas e a técnica de balanceamento de entropia, estimam que o efeito do crédito sobre a produção agropecuária é positivo e significativo apenas nas regiões com maior acesso ao crédito, sendo estatisticamente nulo nas regiões menos intensivas. Os autores identificam, adicionalmente, que a assistência técnica opera como mecanismo que influencia o efeito do crédito, ou seja, onde a assessoria técnica é escassa, o impacto do financiamento sobre a produção tende a se dissipar. Esse resultado tem implicações para o Tocantins, uma vez que a concentração do crédito nos municípios mais dinâmicos do agronegócio pode reproduzir, em escala subnacional, o padrão de heterogeneidade documentado por aqueles autores em escala nacional, especialmente nos municípios com menor cobertura de assistência técnica agropecuária.

A seletividade do crédito tem também uma dimensão institucional, que se expressa nas condições de acesso e nas estruturas de garantia. Menezes et al. (2023), a partir de uma base proprietária com mais de 110 mil contratos de um banco privado, demonstram que a alienação fiduciária, modalidade de garantia introduzida pela Lei n.º 10.931/2004, permite que tomadores com menor tempo de relacionamento bancário, acessem crédito rural que de outra forma lhes seria vedado. O mecanismo, porém, tem um custo: tomadores com alienação fiduciária apresentam taxas de inadimplência sistematicamente mais elevadas, o que indica que a ampliação do acesso ocorre ao preço de maior risco.

Bitencourt e Fornazier (2024), ao investigarem o Fundo Garantidor Solidário criado pela Nova Lei do Agro (Lei 13.986/2020), demonstram que inovações nas estruturas de garantia esbarram em barreiras operacionais e de adesão: o FGS foi percebido como inviável pelos entrevistados por exigir aporte financeiro do próprio credor e por apresentar modelo operacional complexo, resultando em sua não utilização e consequente alteração da lei dois anos após sua criação. Silva et al. (2024) adicionam outra perspectiva a esse diagnóstico ao mostrar que a análise de crédito de produtores rurais pessoa física é intrinsecamente limitada pela ausência de escrituração contábil obrigatória, o que torna o processo de avaliação de risco mais impreciso e favorece a manutenção de critérios conservadores pelas instituições financeiras.

No plano microeconômico, estudos baseados em microdados de produtores convergem para a conclusão de que o efeito do crédito sobre a eficiência produtiva depende de fatores estruturais do território e não apenas do volume financiado. Santos e Braga (2013), com microdados do Censo Agropecuário de 2006, identificaram que o crédito não elevou significativamente a produtividade da terra e do trabalho na maioria das regiões brasileiras, excetuando-se o Nordeste.

Dias et al. (2023), analisando o Pronaf no Nordeste com dados em painel, encontraram que o crédito rural tem efeito positivo sobre o valor bruto da produção de lavouras temporárias, mas apenas nos municípios com polo de irrigação, resultado que ressalta o papel das condições de infraestrutura como condicionantes da eficácia do financiamento. Haryanto et al. (2023), em análise de produtores de milho na Indonésia, mostram que o crédito formal eleva tanto a produção quanto a eficiência de forma mais intensa do que o crédito informal, com produção média 175% superior nos usuários de crédito formal comparados aos não usuários de crédito.

Por sua vez, Jin e Liu (2025), investigando produtores rurais chineses, demonstram que o crédito agrícola promove especialização da estrutura de plantio e reorientação para grãos alimentares por meio de três mecanismos: expansão de escala, avanço tecnológico e adoção de práticas de produção verde, sugerindo que o crédito funciona como indutor de reorganização produtiva quando articulado a outros fatores.

A literatura revisada até aqui aponta uma questão estrutural no financiamento rural brasileiro, o crédito é o principal instrumento de política agrícola, mas seus efeitos sobre a produção agropecuária são condicionais, heterogêneos e dependentes de fatores complementares como assistência técnica, infraestrutura produtiva, qualidade institucional do mercado de crédito e condições climáticas locais. O impacto macroeconômico agregado é positivo, mas modesto em magnitude (Borges & Parré, 2022) e sujeito a variações cíclicas; em escala regional e local, o efeito é frequentemente nulo ou marginalmente positivo nos territórios com menor acesso e menor capacidade de absorção (Sobreira et al., 2024; Santos & Braga, 2013). Essa assimetria entre o volume crescente de crédito alocado ao setor e a fragilidade de seus efeitos territoriais coloca a questão da eficiência como objeto analítico, pois torna-se insuficiente perguntar quanto crédito foi distribuído, é necessário investigar com que eficiência ele foi convertido em produção. É nessa fronteira analítica que se insere a contribuição da DEA, examinada a seguir.

2.2 Eficiência produtiva e Análise Envoltória de Dados (DEA)

A análise de eficiência produtiva tem seus fundamentos no trabalho seminal de Farrell (1957), que estabeleceu a decomposição da eficiência econômica em dois componentes, a

eficiência, que é a capacidade de obter o máximo de produto a partir de um conjunto dado de insumos, e a eficiência alocativa, que é a capacidade de combinar insumos na proporção que minimiza custos, dados os preços. Essa distinção marcou uma mudança metodológica, em vez de estimar funções de produção médias para o conjunto das firmas, passou-se a identificar a fronteira de produção como referência de desempenho ótimo. A operacionalização quantitativa da eficiência ganhou escala com o desenvolvimento da DEA por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), que propuseram um modelo de programação linear capaz de estimar fronteiras de produção sem especificar previamente uma forma funcional, tornando desnecessária qualquer suposição sobre distribuição dos erros ou sobre a tecnologia subjacente.

O modelo CCR, formulado sob hipótese de retornos constantes de escala, foi estendido por Banker, Charnes e Cooper (1984) com a introdução dos retornos variáveis de escala, resultando no modelo BCC, extensão que permite comparar unidades operando em escalas de produção distintas, sem penalizar as menores pela ineficiência de escala.

As propriedades metodológicas da DEA a tornam adequada para a análise de políticas públicas com múltiplos objetivos e unidades de decisão heterogêneas. Coelli et al. (2005) sintetizam as aplicações do método em contextos de avaliação setorial, destacando três atributos, a não imposição de forma funcional sobre a tecnologia de produção, a capacidade de lidar simultaneamente com múltiplos insumos e produtos de naturezas diferentes, e a geração de escores de eficiência individuais que permitem identificar e quantificar folgas de insumos ou déficits de produto.

Essas propriedades são relevantes quando o objeto de análise são unidades territoriais, como municípios, cujas diferenças de tamanho, especialização produtiva e condições climáticas tornam inadequada qualquer comparação baseada em médias ou razões simples. A fronteira gerada pela DEA é construída a partir dos melhores desempenhos observados na própria amostra, o que garante que as referências de eficiência sejam empiricamente alcançáveis e não teóricas ou exógenas ao contexto analisado.

Na literatura de eficiência agrícola brasileira, a DEA tem revelado baixa eficiência média, elevada dispersão entre unidades e forte influência de fatores contextuais sobre os escores. Cavinato e Capitani (2023), ao avaliarem 261 cooperativas de crédito rural com modelo BCC orientado a produto entre 2012 e 2017, encontraram frequência de cooperativas eficientes entre apenas 30% e 35%, com predomínio das eficientes nas regiões Sul e Nordeste, resultado que os autores atribuem ao maior dinamismo agropecuário local e à maior concorrência entre cooperativas nessas regiões.

Ramos et al. (2022) aplicaram DEA em dois estágios às 178 unidades locais da Emater de Goiás, registrando eficiência média de 40,13% pelo modelo BCC, com heterogeneidade espacial, em que municípios localizados a maiores distâncias da capital e com menor qualificação de funcionários apresentaram escores mais baixos. Esse resultado tem implicação para a análise de eficiência municipal, pois confirma que variáveis de contexto territorial, e não apenas o volume de insumo, são determinantes do desempenho relativo das unidades.

O uso da DEA para avaliação de desempenho produtivo de propriedades rurais demonstra que a técnica é capaz de identificar aspectos com implicações práticas para a gestão agrícola. Bassotto et al. (2024), ao analisarem 48 propriedades leiteiras familiares em Minas Gerais com modelo BCC orientado a insumos, constataram que apenas 31,25% eram tecnicamente eficientes e que as DMUs eficientes utilizavam proporcionalmente menos insumos em todas as categorias analisadas (alimentação, mão de obra, sanidade e manutenção de máquinas) para produzir o mesmo volume de leite que as ineficientes. Nessa perspectiva, a aplicação do método à escala municipal no presente estudo segue lógica análoga: municípios que compõem a fronteira eficiente são referências de desempenho para os demais e os escores individuais fornecem medidas da distância de cada território em relação ao potencial máximo de produção dado o crédito disponível.

A aplicação da DEA no nível municipal para avaliar políticas de crédito rural ainda é incipiente na literatura brasileira, o que constitui, simultaneamente, uma limitação do conhecimento acumulado e uma oportunidade de contribuição empírica. Faria e Santos (2014), em mapeamento bibliométrico da produção científica sobre crédito rural no Brasil entre 2003 e 2012, identificaram que os trabalhos se concentravam no PRONAF e em cooperativas de crédito, com carência de pesquisas que articulassem financiamento e desempenho produtivo territorial por métodos de fronteira.

Essa lacuna persiste na literatura mais recente, pois os estudos de eficiência agrícola tendem a operar na escala de propriedades rurais ou de instituições financeiras (Cavinato & Capitani, 2023; Bassotto et al., 2024; Ramos et al., 2022), mas não na escala municipal, nível em que o crédito rural é registrado administrativamente e em que as políticas agrícolas estaduais se operacionalizam. O presente estudo preenche essa lacuna utilizando dados desagregados por município disponíveis MCDR/BCB e no IPEAData, o que possibilita, pela primeira vez para o Tocantins, uma análise territorializada da eficiência na conversão do crédito em produção agropecuária.

O conjunto da literatura revisada nas duas subseções anteriores sugere que, de um lado, o crédito rural é reconhecido como instrumento de política agrícola com efeitos positivos

documentados sobre o produto agropecuário; de outro, a eficiência com que esses recursos são convertidos em produção é baixa, heterogênea e condicionada por fatores que vão além do simples volume financiado. A DEA torna-se, assim, um método capaz de capturar essa dicotomia no nível territorial, pois ao construir uma fronteira de eficiência a partir dos melhores desempenhos observados na própria amostra de municípios, a técnica permite quantificar a lacuna entre o produto efetivamente gerado e o produto potencial dado o crédito contratado, sem impor hipóteses sobre a tecnologia de produção ou sobre a forma da relação entre financiamento e produto. É essa articulação entre a literatura de crédito rural e a metodologia DEA que orienta as escolhas metodológicas apresentadas na seção seguinte.

3. Metodologia

Esta pesquisa é de natureza aplicada, com objetivos descritivos-explicativos e abordagem metodológica quantitativa, que emprega técnicas de programação linear não paramétrica, especificamente a Análise Envoltória de Dados (DEA) e utiliza-se inferência estatística paramétrica por meio do Teste t de Welch. Os dados empregados são de natureza secundária, extraídos da Matriz de Dados do Crédito Rural do Banco Central do Brasil (MDCR/BCB) e do IPEAData do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). O período de análise compreende os anos de 2013 a 2024, que contempla todo o período de dados completos disponíveis tanto para o crédito rural no MDCR quanto da produção agropecuária no IPEAData.

3.1 Dados e variáveis

Os dados de crédito rural foram extraídos da MDCR/BCB, que registra, em nível municipal e por contrato, os valores concedidos segundo atividade (agrícola ou pecuária), finalidade (custeio, investimento, comercialização e industrialização) e programa de financiamento, enquanto os dados de produção agropecuária municipal foram obtidos do IPEAData, a partir do Valor Bruto da Produção (VBP) total dos municípios do Tocantins, que consolida os valores da produção das lavouras permanentes, temporárias, da pecuária e da produção extrativa.

Embora os dados de crédito rural da MDCR/BCB se estendam até março de 2026, optou-se por limitar a série a dezembro de 2024, ano de referência mais recente com dados completos de produção agropecuária municipal disponíveis no IPEAData. A harmonização temporal entre as duas bases é condição necessária para a estimação da DEA, uma vez que cada observação municipal-anual requer dados simultâneos de insumo (crédito) e produto (valor bruto da produção). Os dados totalizam 1.667 observações municipais-anuais, distribuídas por

139 municípios do Tocantins, à exceção de São Félix do Tocantins, que não registrou contratação de crédito rural em 2024, reduzindo o painel para 138 DMUs nesse ano específico.

As variáveis empregadas no modelo DEA são: (i) como insumo, o valor total do crédito rural contratado em cada município e ano, expresso em milhares de reais; e (ii) como produto, o valor bruto da produção agropecuária municipal, também expresso em milhares de reais. A escolha dessas variáveis é consistente com o objetivo de mensurar a eficiência de conversão do crédito rural em produção agropecuária, tratando o financiamento como o principal recurso mobilizável pela política de crédito e a produção como resultado econômico esperado. Municípios com ausência de dados de produção ou de crédito em determinados anos foram excluídos das estimativas correspondentes, mantendo-se a análise para as observações disponíveis.

3.2 Modelo DEA

A análise empírica baseia-se na Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), técnica não paramétrica de programação linear utilizada para mensurar eficiência relativa entre unidades produtivas. O conceito de eficiência produtiva tem origem no trabalho seminal de Farrell (1957), que a definiu como a capacidade de uma unidade produtiva gerar o máximo de produto a partir de um dado conjunto de insumos. A partir dessa abordagem conceitual, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) desenvolveram o modelo DEA conhecido como CCR, que permite estimar uma fronteira eficiente sob hipótese de retornos constantes de escala (*Constant Returns to Scale – CRS*). Posteriormente, Banker, Charnes e Cooper (1984) estenderam o modelo ao introduzir retornos variáveis de escala, originando o modelo BCC (*Variable Returns to Scale – VRS*), o que ampliou sua aplicabilidade empírica em contextos onde as unidades produtivas operam em diferentes escalas de produção.

No presente estudo, os municípios do Tocantins são tratados como unidades de decisão (*Decision Making Units – DMUs*). O modelo considera como insumo o volume de crédito rural contratado em cada município, enquanto o produto corresponde ao valor da produção agropecuária municipal. Adota-se orientação a produto (*output-oriented*), que busca maximizar o produto obtido para um dado nível de insumo, abordagem adequada quando o objetivo da política é avaliar em que medida os recursos de crédito se traduzem em produção agropecuária.

Considerando n DMUs (municípios), cada uma utilizando m insumos para produzir s produtos, o problema de programação linear do modelo CCR com orientação a produto, para a i-ésima DMU, é dado pela equação 1:

$$\text{Max}_{\varphi,\lambda} \ \varphi$$

Sujeito a:

$$\sum_j \lambda_j x_{kj} \leq x_{ki}, \quad k = 1, ..., m$$
$$\sum_j \lambda_j y_{rj} \geq \varphi y_{ri}, \quad r = 1, ..., s$$
$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, ..., n$$

(1)

em que: φ é o escalar de eficiência da i-ésima DMU, cujo valor é maximizado no processo de otimização, quando φ = 1, a DMU é eficiente; quando φ > 1, a DMU é ineficiente, e o valor indica em que proporção o produto poderia ser expandido; λ□ é o vetor de pesos não negativos calculados de forma a obter a solução ótima, que determinam a combinação linear de DMUs que compõe o *benchmark* para a unidade avaliada; x□$_i$ e y_{ri} representam, respectivamente, a k-ésima variável de insumo e a r-ésima variável de produto da i-ésima DMU; e x□□ e y_r□ representam os insumos e produtos de todas as n DMUs da amostra (Charnes et al., 1978; Coelli et al., 2005).

O modelo BCC, que adota retornos variáveis de escala, incorpora ao problema de programação linear a restrição de convexidade ∑□ λ□ = 1, conforme a Equação 2:

Max $\varphi,\lambda \ \varphi$

Sujeito a:

$$\sum_j \lambda_j x_{kj} \leq x_{ki}, \quad k = 1, ..., m$$
$$\sum_j \lambda_j y_{rj} \geq \varphi y_{ri}, \quad r = 1, ..., s$$
$$\sum_j \lambda_j = 1$$
$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, ..., n$$

(2)

A restrição ∑□ λ□ = 1 impõe convexidade ao conjunto de possibilidades de produção, permitindo que a fronteira eficiente assuma formas não lineares e que unidades de diferentes escalas sejam comparadas de forma mais apropriada. No modelo BCC, uma DMU com φ = 1 é tecnicamente eficiente em relação ao subconjunto de unidades que operam em escala similar, diferentemente do modelo CCR, que projeta todas as unidades sobre uma única fronteira de retornos constantes (Banker et al., 1984; Coelli et al., 2005). Dado que os municípios do Tocantins apresentam volumes de crédito contratado e de produção agropecuária substancialmente heterogêneos, o modelo BCC é o mais adequado para capturar a eficiência pura, dissociada das distorções introduzidas pela escala de operação.

A eficiência de escala (EF^{e}□^{c}) de cada município é obtida pela razão entre a eficiência CRS (θ^{cR}□) e a eficiência VRS (θ$^{\bullet R}$□), conforme a Equação 3:

$$EF_{ESC} = \theta_{CRS} / \theta_{VRS} \qquad (3)$$

Uma vez que $\theta^{cR} \leq \theta^{\bullet R} \leq 1$ por definição, a eficiência de escala assume valores no intervalo (0, 1], sendo igual a 1 quando a DMU opera na escala ótima de produção (Fried et al., 2008). Valores inferiores a 1 indicam ineficiências associadas à escala de operação, podendo decorrer de retornos crescentes (escala subótima) ou decrescentes (escala supraótima) em relação ao ponto de máxima produtividade. Os cálculos foram realizados no software R, utilizando o pacote deaR, que implementa as formulações padrão dos modelos CCR e BCC com orientação a produto.

3.3 Estatísticas descritivas e testes estatísticos

A caracterização do crédito rural no Tocantins foi realizada por meio de estatísticas descritivas, contemplando a evolução anual do volume contratado, a distribuição por finalidade e atividade, a classificação por programas de financiamento e a distribuição espacial municipal.

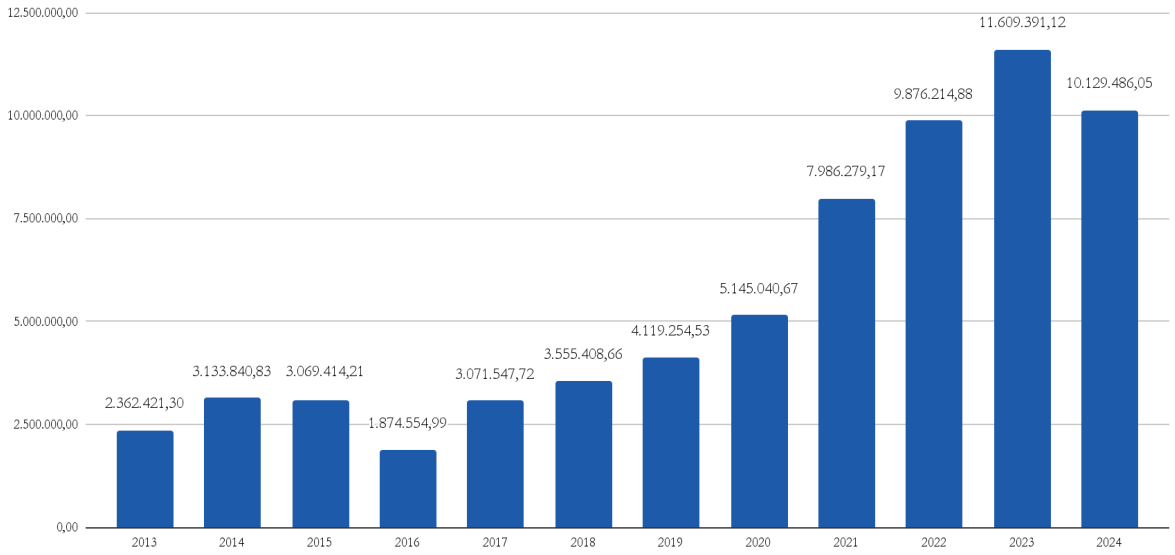
Para comparar o valor médio dos contratos de crédito rural entre as atividades agrícola e pecuária, nas diferentes finalidades, aplicou-se o *Teste t* de Welch para amostras independentes, que é adequado à violação do pressuposto de homogeneidade de variâncias. O tamanho do efeito foi calculado por meio do *d de Cohen*. Todas as análises descritivas e testes foram conduzidos com base nos dados da Matriz de Dados do Crédito Rural do BCB, referentes ao período de 2013 a 2024.

4. Análise e Discussão dos Resultados

4.1 Evolução e estrutura do crédito rural no Tocantins

Quanto à análise da evolução do crédito rural no Tocantins entre 2013 e 2024, a Figura 1 apresenta o volume total anual de crédito rural contratado no estado, em milhares de reais correntes.

Figura 1 – Valores totais do crédito rural concedido por ano – Tocantins, Brasil – 2013 a 2024 (em milhares de reais)

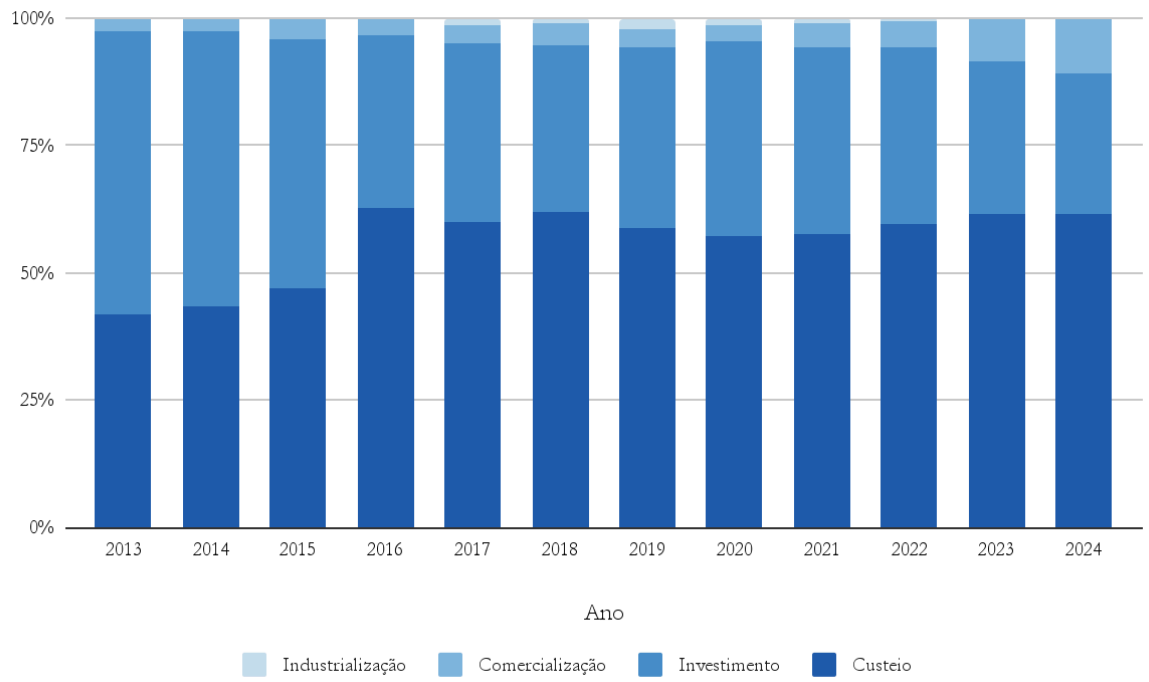


Fonte: Matriz de Dados do Crédito Rural – Banco Central do Brasil (2013-2024).

O volume de crédito rural contratado no Tocantins cresceu de forma quase ininterrupta ao longo do período analisado, partindo de valores próximos a R$ 3 bilhões em 2013 e alcançando patamares superiores a R$ 10 bilhões nos últimos anos da série. Esse crescimento demonstra, simultaneamente, a expansão da fronteira agrícola do estado, o aumento dos preços das *commodities* em determinados subperíodos e a ampliação das linhas de financiamento disponíveis no âmbito do Plano Safra. O ritmo de crescimento se intensificou especialmente a partir de 2019, período coincidente com a elevação dos preços internacionais da soja e do milho, principais culturas do agronegócio tocantinense.

A distribuição do crédito por finalidade e atividade ao longo do período 2013-2024 revela padrões relevantes do ponto de vista da estrutura do financiamento agrícola estadual. A Figura 2 apresenta a evolução do crédito por finalidade.

Figura 2 – Valores totais do crédito rural concedido por finalidade e por ano – Tocantins, Brasil – 2013 a 2024



Fonte: Matriz de Dados do Crédito Rural – Banco Central do Brasil (2013-2024).

O custeio constitui a finalidade predominante ao longo de todo o período, representando 58,5% do total contratado (R$ 38,55 bilhões), seguido pelo investimento (35,6%; R$ 23,44 bilhões), comercialização (5,8%; R$ 3,82 bilhões) e industrialização (0,1%; R$ 65,53 milhões). O custeio como finalidade predominante é esperada em uma fronteira agrícola dominada por culturas temporárias como soja e milho, que exigem renovação anual de insumos.

Amaral e Bacha (2025) documentam esse padrão para o Brasil como um todo, ao longo de todo o período do SNCR, o crédito de custeio foi a finalidade preponderante, especialmente nas regiões com maior concentração de culturas temporárias e produção voltada à exportação. A expansão do crédito de investimento nos anos mais recentes indica processo de modernização tecnológica em curso, como aquisição de máquinas, sistemas de irrigação e infraestrutura produtiva, consistente com o perfil de expansão do agronegócio no Tocantins.

A Tabela 1 apresenta a classificação do crédito rural por atividade e finalidade para o período completo.

Tabela 1 – Classificação do crédito rural concedido por atividade e finalidade, Tocantins, Brasil – 2013 a 2024

Atividade	Finalidade								Total	%
	Custeio	%	Invest.	%	Comerc.	%	Indúst.	%		
Agrícola	21.683.863,43	56,3	10.796.836,66	46,1	3.777.578,13	98,8	36.258,28	55,3	36.294.536,51	55,1
Pecuária	16.861.624,24	43,7	12.644.317,64	53,9	44.198,94	1,2	29.268,79	44,7	29.579.409,60	44,9
Total	**38.545.487,67**	**58,5**	**23.441.154,30**	**35,6**	**3.821.777,07**	**5,8**	**65.527,07**	**0,1**	**65.873.946,11**	**100,0**

Nota: Valores em milhares de reais.
Fonte: Matriz de Dados do Crédito Rural – Banco Central do Brasil (2013-2024).

A atividade agrícola concentrou 55,1% do total do crédito rural contratado no período (R$ 36,29 bilhões), enquanto a pecuária respondeu pelos 44,9% restantes (R$ 29,57 bilhões). Essa distribuição é coerente com o perfil do agronegócio tocantinense, caracterizado pela concomitância entre a expansão das lavouras de grãos, impulsionada pelo agronegócio exportador e pela disponibilidade de terras no Cerrado, e a tradição pecuária do estado, que possui um dos maiores rebanhos bovinos do Centro-Norte brasileiro. O crédito agrícola é predominante nas finalidades de custeio (56,3%) e comercialização (98,8%), enquanto o crédito pecuário responde pela maior parcela do investimento (55,3%), o que sinaliza processos de modernização tecnológica em andamento na cadeia bovina do estado, com aquisição de matrizes, pastagens melhoradas e infraestrutura de confinamento.

4.2 Diferenças entre agricultura e pecuária: Teste t de Welch

Para examinar se existem diferenças estatisticamente significativas no valor médio dos contratos de crédito rural entre as atividades agrícola e pecuária, aplicou-se o Teste t de Welch para amostras independentes, por finalidade. A Tabela 2 apresenta os resultados.

Tabela 2 – Teste t de Welch para amostras independentes – valor médio dos contratos de crédito rural por atividade e finalidade – Tocantins, Brasil – 2013 a 2024

	Estatística	p	Diferença média	Erro-padrão da Diferença	d de Cohen
Valor médio Custeio	50.10	<.001	609024.12	12156.03	0.54
Valor médio Investimento	32.48	<.001	460753.41	14184.57	0.39
Valor médio Comercialização	10.08	<.001	1568888.48	155713.44	0.46
Valor médio Industrialização	-1.50	.145	-2529792.06	1686146.29	-0.43

Nota: H_a $\mu_1 \neq \mu_2$; Grupo 1 – Agrícola; Grupo 2 – Pecuária. Fonte: Matriz de Dados do Crédito Rural – BCB (2013-2024).

Os resultados do Teste t de Welch indicam diferenças sistemáticas e estatisticamente significativas entre os contratos de crédito rural destinados à atividade agrícola e à pecuária no Tocantins, quando se consideram as finalidades de custeio, investimento e comercialização. Para custeio, o valor médio dos contratos agrícolas (R$ 959.948,38) é substancialmente superior ao da pecuária (R$ 350.924,25), com diferença média de aproximadamente R$ 609 mil ($p < 0,001$) e tamanho de efeito moderado ($d = 0,54$). Esse resultado indica que, ao longo do período, a agricultura concentrou contratos de custeio de maior valor unitário, compatível com a maior

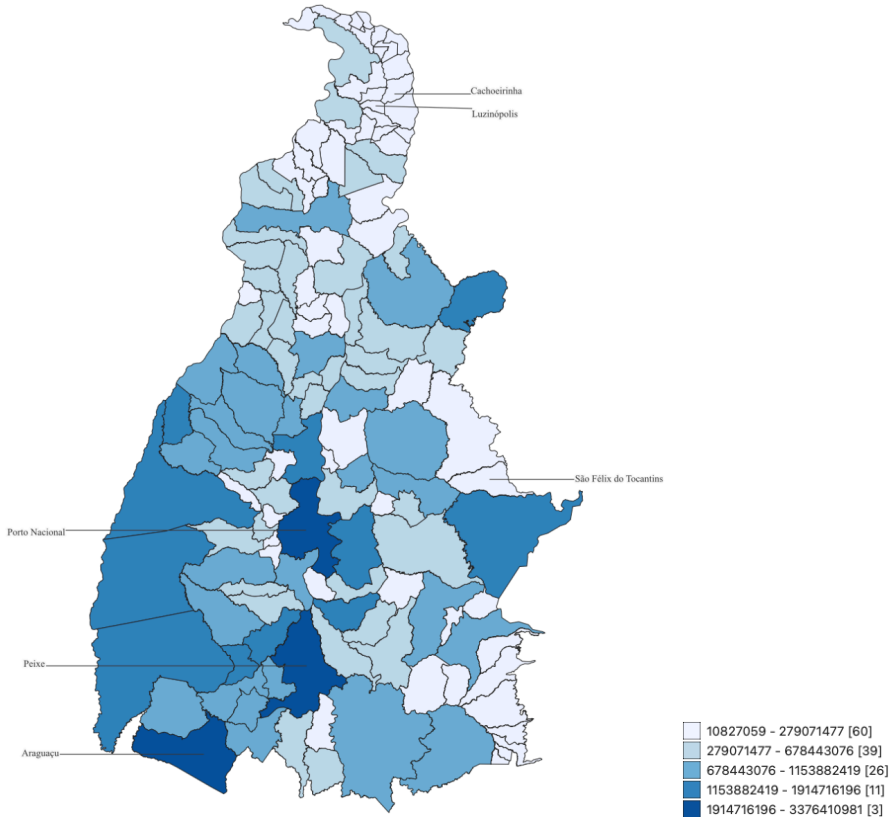
intensidade de insumos, capital circulante e riscos produtivos associados a determinadas culturas agrícolas, como a soja cultivada em larga escala.

Para investimento, os contratos agrícolas (R$ 681.316,71) novamente apresentam valores médios superiores aos da pecuária (R$ 220.563,30), com diferença de R$ 461 mil ($p < 0,001$) e tamanho de efeito pequeno a moderado ($d = 0,39$). O resultado indica alocação de crédito de investimento mais intensiva na agricultura, provavelmente relacionada à aquisição de máquinas, tecnologias produtivas e infraestrutura agrícola de maior valor unitário. No caso da comercialização, a diferença é ainda mais expressiva ($p < 0,001$), com contratos agrícolas (R$ 2.136.239,45) apresentando valores médios muito superiores aos da pecuária (R$ 567.350,97), refletindo possivelmente maior escala de comercialização em determinadas cadeias agrícolas de exportação. Para industrialização, não se identifica diferença estatisticamente significativa entre as atividades ($p = 0,145$), o que é consistente com o caráter episódico e o pequeno volume desse tipo de crédito no Tocantins.

4.3 Distribuição espacial e estrutura por programas

A distribuição espacial do crédito rural no Tocantins evidencia elevada concentração territorial, com os maiores volumes contratados concentrados em municípios da mesorregião Ocidental do Tocantins e da região de cerrado do extremo sul do estado, região onde se localizam os principais polos de produção de soja, milho e pecuária de corte integrado. A Figura 3 apresenta o mapa da distribuição municipal do crédito rural acumulado no período de 2013 a 2024.

Figura 3 – Distribuição espacial dos valores totais do crédito rural concedido por município – Tocantins, Brasil – 2013 a 2024



Fonte: Matriz de Dados do Crédito Rural – Banco Central do Brasil (2013-2024).

O padrão espacial é coerente com achados da literatura nacional. Sobreira et al. (2024), ao estimarem os efeitos regionais do crédito rural sobre a produção agropecuária brasileira, verificaram que o crédito se concentra em regiões com maior dinamismo produtivo e que seu efeito sobre a produção é nulo nas regiões menos intensivas. Amaral e Bacha (2025) documentam, para o período de 1969 a 2023, que a concentração geográfica do crédito rural no Brasil foi consistentemente favorável às regiões com maior grau de mecanização e dinamismo do sistema bancário.

Essa seletividade territorial tem implicações para a análise de eficiência: municípios com menor acesso ao crédito operam com menor volume de insumo, o que pode subestimar seu potencial produtivo relativo na construção da fronteira DEA.

4.4 Eficiência na conversão do crédito rural em produção agropecuária

A Tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas da eficiência VRS e CRS estimadas pela DEA para o conjunto dos municípios do Tocantins, por ano, no período de 2013 a 2024.

Tabela 3 – Evolução temporal da eficiência VRS dos municípios do Tocantins – 2013 a 2024

Ano	N	Média VRS	Mediana VRS	Mín.	Máx.	DP	N Efic. VRS	% Efic. VRS	Média CRS	N Efic. CRS	% Efic. CRS	Média Escala
2013	139.0000	0.1006	0.0384	0.0015	1.0000	0.1821	3.00	2.16	0.0691	1.0000	0.7200	0.8476
2014	139.0000	0.1516	0.0628	0.0015	1.0000	0.2050	3.00	2.17	0.1250	1.0000	0.7200	0.8750
2015	139.0000	0.1708	0.0913	0.0007	1.0000	0.2149	3.00	2.16	0.1463	1.0000	0.7200	0.9269
2016	139.0000	0.1608	0.0916	0.0016	1.0000	0.2052	3.00	2.16	0.1066	1.0000	0.7200	0.6561
2017	139.0000	0.2036	0.1255	0.0008	1.0000	0.2339	4.00	2.88	0.0798	1.0000	0.7200	0.4321
2018	139.0000	0.2207	0.1443	0.0007	1.0000	0.2413	6.00	4.32	0.1806	1.0000	0.7200	0.8623
2019	139.0000	0.1932	0.1034	0.0010	1.0000	0.2431	6.00	4.32	0.0646	1.0000	0.7200	0.3256
2020	139.0000	0.1575	0.0795	0.0016	1.0000	0.2004	4.00	2.88	0.1407	1.0000	0.7200	0.9266
2021	139.0000	0.1220	0.0706	0.0008	1.0000	0.1604	2.00	1.44	0.1108	1.0000	0.7200	0.9586
2022	139.0000	0.1353	0.0827	0.0019	1.0000	0.1594	2.00	1.44	0.1251	1.0000	0.7200	0.9611
2023	139.0000	0.2027	0.1539	0.0091	1.0000	0.1989	2.00	1.44	0.1915	1.0000	0.7200	0.9631
2024	138.0000	0.1742	0.1123	0.0052	1.0000	0.1920	3.00	2.17	0.1625	1.0000	0.7200	0.9723

Nota: N = número de municípios; DP = desvio-padrão; N Efic. = número de municípios eficientes; % Efic. = percentual de municípios eficientes. São Félix do Tocantins não registrou contratação de crédito rural em 2024, portanto as médias referem-se a 11 anos (2013–2023).
Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da MDCR/BCB e IPEAData.

Os resultados da DEA mostram que a eficiência média dos municípios tocantinenses na conversão do crédito rural em produção agropecuária é baixa ao longo de todo o período, oscilando entre 0,101 em 2013 e 0,221 em 2018, com média geral de 0,166. Traduzindo em termos práticos: com o mesmo volume de crédito contratado, os municípios poderiam, em média, gerar cerca de seis vezes mais produção agropecuária se operassem na fronteira eficiente.

O baixo nível médio de eficiência é comparável ao observado por Cavinato e Capitani (2023) em cooperativas de crédito rural brasileiras, e por Ramos et al. (2022) nas unidades da Emater de Goiás, contextos distintos, mas que compartilham o traço comum de elevada ineficiência média coexistindo com grande dispersão entre unidades.

A dispersão dos escores é, em si, um achado relevante. O desvio-padrão da eficiência VRS variou entre 0,160 e 0,243 ao longo da série, e a mediana foi inferior à média em todos os anos, o que caracteriza distribuição assimétrica à direita, com concentração de municípios em baixos níveis de eficiência e cauda superior estreita de municípios muito eficientes. Esse padrão sugere que a eficiência não se distribui de forma aleatória entre os municípios, mas reflete diferenças estruturais persistentes entre territórios, indicando que a conversão do crédito em produção está condicionada a fatores que extrapolam o volume de financiamento.

Esse padrão está coerente com o que Sobreira et al. (2024) documentam para o Brasil, ao identificarem que o efeito do crédito rural sobre a produção agropecuária é positivo e

significativo apenas nas regiões com maior acesso ao crédito, sendo nulo nas demais. Em escala municipal, a mesma lógica pode estar operando, ou seja, onde o crédito é abundante e bem articulado com capacidade produtiva, a eficiência é mais alta; onde o crédito existe, mas não encontra infraestrutura, assistência técnica e escala produtiva correspondentes, a conversão em produto é precária.

O número de municípios eficientes (EF_VRS = 1) variou entre 2 e 6 por ano, representando de 1,4% a 4,3% do total. O pico ocorreu em 2018 e 2019, anos de alta nos preços internacionais das *commodities* agrícolas, o que indica que condições de mercado favoráveis ampliam temporariamente a capacidade de alguns municípios de atingir a fronteira eficiente. A eficiência CRS, que incorpora as distorções de escala, foi sistematicamente menor que a VRS, com média variando entre 0,0646 e 0,1915.

A eficiência de escala média, razão entre CRS e VRS, exibiu grande variação anual, entre 0,326 em 2019 e 0,972 em 2024, indicando que em certos anos boa parte da ineficiência total derivou de operações em escalas inadequadas. Bassotto et al. (2024) identificaram comportamento similar em propriedades leiteiras familiares de Minas Gerais, onde a escala de produção não foi determinante da eficiência.

Os resultados indicam que a baixa média observada pode ser interpretada como expressão de um descompasso estrutural entre a alocação do crédito rural e as condições territoriais de produção. Nesse sentido, o uso da DEA evidencia não apenas diferenças de desempenho, mas a existência de uma estrutura desigual de conversão do financiamento em produto agropecuário. Tal padrão reforça a interpretação de que o crédito rural opera sob a lógica territorialmente seletiva, na qual municípios com maior capacidade produtiva e infraestrutura conseguem transformar o crédito em produção de forma mais eficiente, enquanto territórios com menor capacidade permanecem em posição de desvantagem relativa.

4.5 Ranking de municípios e padrões de eficiência

A Tabela 4 apresenta os municípios de maior e menor eficiência média no período.

Tabela 4 – Ranking de eficiência VRS dos municípios do Tocantins – médias do período analisado (selecionados)

n	Município	Ef. VRS média	Ef. CRS média	Ef. Escala média	Crédito médio (R$ mil)	Produção média (R$ mil)
1	Lagoa da Confusão	0,943	0,592	0,626	148.846	374.660
2	Pedro Afonso	0,813	0,658	0,834	67.693	170.962
3	Campos Lindos	0,707	0,484	0,677	126.608	282.697
4	Luzinópolis	0,519	0,389	0,758	1.335	1.484

5	Formoso do Araguaia	0,484	0,314	0,716	97.167	124.599
6	Palmas	0,479	0,358	0,821	32.571	45.280
7	São Félix do Tocantins	0,443	0,096	0,519	1.010	129
8	Silvanópolis	0,435	0,338	0,838	36.460	51.424
9	Darcinópolis	0,426	0,322	0,811	30.616	32.018
10	Mateiros	0,408	0,289	0,747	95.285	115.218
…	…	…	…	…	…	…
130	Itaguatins	0,017	0,014	0,842	10.912	628
131	Santa Terezinha do Tocantins	0,016	0,013	0,843	6.270	408
132	Sítio Novo do Tocantins	0,016	0,014	0,851	8.842	462
133	Bandeirantes do Tocantins	0,013	0,011	0,830	26.709	1.230
134	Augustinópolis	0,012	0,011	0,834	11.121	486
135	Paranã	0,012	0,010	0,837	54.267	1.764
136	Sandolândia	0,011	0,009	0,759	71.365	2.900
137	Filadélfia	0,009	0,008	0,842	19.787	760
138	Itaporã do Tocantins	0,009	0,008	0,830	24.094	773
139	Colméia	0,008	0,007	0,834	28.807	936

Nota: São Félix do Tocantins não registrou contratação de crédito rural em 2024, portanto as médias referem-se a 11 anos (2013–2023).
Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da MDCR/BCB e IPEAData.

Lagoa da Confusão apresenta a maior eficiência VRS média do período (0,943) e é o único município a alcançar a fronteira em 10 dos 12 anos analisados. Com crédito médio anual de R$ 148,8 mil e produção média de R$ 374,7 mil, o município converte aproximadamente R$ 2,52 de produção para cada real de crédito contratado, relação que sinaliza combinação favorável de capacidade produtiva, infraestrutura e organização das cadeias de valor.

Pedro Afonso ocupa o segundo lugar (EF_VRS = 0,813, eficiente em 6 anos), seguido de Campos Lindos (0,707, fronteira em 2 anos). Os três municípios líderes possuem perfis produtivos distintos em termos de porte e especialização, Lagoa da Confusão com grande escala de crédito, Campos Lindos com volume intermediário e Pedro Afonso com crédito mais modesto, o que sugere que a eficiência não é atributo exclusivo de territórios com grande volume de financiamento. Essa observação dialoga com Dias et al. (2023), que demonstraram, para o Nordeste, que o efeito do crédito rural sobre a produção é condicionado pela presença de infraestrutura e não pelo volume de financiamento em si.

Os municípios menos eficientes compartilham um aspecto comum: volumes de crédito relativamente elevados combinados a produção agropecuária baixa. Paranã, por exemplo, contratou em média R$ 54,3 mil por ano, mas registrou produção média de apenas R$ 1,8 mil, com eficiência VRS de 0,012. Sandolândia (R$ 71,4 mil de crédito; R$ 2,9 mil de produção) e Colméia (R$ 28,8 mil de crédito; R$ 936 de produção) apresentam perfis análogos.

Uma explicação possível é o descasamento geográfico entre o município de contratação e o de execução produtiva, em que municípios polo de serviços financeiros, produtores de municípios vizinhos frequentemente contratam crédito, enquanto a produção é registrada em outro território. Menezes et al. (2023) documentam que as condições de relacionamento bancário influenciam onde o crédito é contratado, o que pode amplificar esse descasamento. Silva et al. (2024) também apontam dificuldades na rastreabilidade da aplicação do crédito rural por pessoa física, dada a ausência de escrituração contábil obrigatória, o que torna difícil vincular contratos ao território produtivo efetivo.

Dos 15 municípios que atingiram EF_VRS = 1 em ao menos um ano, convivem perfis muito distintos: municípios com escala elevada de crédito e produção, como Lagoa da Confusão e Pedro Afonso, e municípios de pequeno porte, como Luzinópolis e Cachoeirinha, que alcançaram a fronteira eficiente em alguns anos com volumes absolutos modestos.

Esse achado tem implicações para a política pública ao evidenciar que a eficiência não é particular aos grandes territórios agrícolas. Municípios menores, com estruturas produtivas ajustadas ao volume de crédito disponível, podem ser referências de eficiência tão válidas quanto os grandes centros do agronegócio. Esse argumento corrobora os resultados de Haryanto et al. (2023), para quem a eficiência na produção agrícola depende menos do volume de crédito e mais da qualidade da sua aplicação e do alinhamento com a estrutura produtiva local.

A análise da eficiência de escala indica que o problema principal dos municípios tocantinenses não está no tamanho de sua produção agropecuária, mas na forma como o crédito disponível é convertido em produto. Em termos médios, 102 dos 139 municípios (73,4%) apresentaram eficiência de escala superior a 0,80, com média de 0,808, sinalizando que a maioria dos territórios opera em escala razoável.

Esse diagnóstico aponta para fatores como qualidade da assistência técnica, condições climáticas, infraestrutura logística e organização das cadeias produtivas como determinantes mais relevantes da eficiência municipal do que o simples dimensionamento do financiamento. Ramos et al. (2022) chegaram a conclusão similar, em que as ineficiências de gestão e de contexto territorial explicavam mais da variância da eficiência entre unidades do que fatores de escala.

5. Considerações finais

Este estudo estimou a eficiência dos 139 municípios do Tocantins na conversão do crédito rural em produção agropecuária, por meio da DEA com modelos CCR e BCC, cobrindo 1.667 observações municipais-anuais de 2013 a 2024. Os resultados são internamente consistentes e convergem com a literatura recente em três dimensões principais.

A primeira é a magnitude das ineficiências. Com eficiência VRS média de 0,165, os municípios tocantinenses produzem, em média, apenas uma fração do que a fronteira eficiente indicaria ser possível com o mesmo volume de crédito. Esse resultado não equivale a dizer que o crédito rural é desperdiçado no nível do produtor individual, pois os fatores determinantes da eficiência municipal são mais complexos e incluem infraestrutura, acesso à assistência técnica e condições climáticas. O que o dado evidencia é que a relação territorial entre volume de crédito contratado e produção agropecuária municipal é altamente assimétrica no Tocantins. A nível municipal, a DEA expõe que essa subutilização não é distribuída de forma homogênea, pois há municípios com desempenho elevado e uma maioria que não consegue converter o financiamento em produto proporcional.

A segunda dimensão é a heterogeneidade territorial. A dispersão dos escores de eficiência entre municípios é expressiva e contínua ao longo de todo o período analisado. Poucos municípios, notadamente Lagoa da Confusão e Pedro Afonso, operam próximos à fronteira eficiente, enquanto a maioria se distribui em níveis baixos. Esse padrão reproduz, em escala estadual, o fenômeno documentado por Sobreira et al. (2024) no Brasil, isto é, os efeitos do crédito rural sobre a produção agropecuária são positivos apenas nas regiões com maior acesso ao crédito e nulos nas demais.

A terceira dimensão é a estrutura do financiamento. A concentração espacial do crédito em municípios do agronegócio exportador reproduz, no Tocantins, o padrão histórico nacional descrito por Amaral e Bacha (2025): um sistema concentrador, seletivo e desigualmente distribuído. Os dez municípios com maior volume médio de crédito concentram 27,1% do total estadual, e os vinte primeiros respondem por 43,4%, evidenciando assimetria marcante na distribuição territorial dos recursos.

Do ponto de vista das implicações para a política de crédito rural, os achados apontam em duas direções complementares. A primeira é a revisão dos critérios de alocação territorial do crédito. O sistema atual, predominantemente orientado por garantias e relacionamento bancário, favorece produtores já capitalizados nos municípios mais dinâmicos. A segunda direção é o fortalecimento de mecanismos complementares ao crédito, especialmente a assistência técnica,

cuja ausência parece explicar, em boa medida, a incapacidade de grande parte dos municípios de converter os recursos disponíveis em produção proporcional.

O estudo apresenta limitações que abrem uma agenda de pesquisa. A principal é o risco de descasamento geográfico entre o município de contratação do crédito e o de execução produtiva, especialmente em operações de comercialização. Futuras pesquisas poderiam: (i) incorporar múltiplos insumos ao modelo DEA, como área cultivada, número de trabalhadores e gastos em assistência técnica, aproximando-se de uma especificação mais completa da função de produção municipal; (ii) realizar análises de segundo estágio com modelos Tobit ou regressão fracionária para identificar os determinantes contextuais da heterogeneidade de eficiência; (iii) investigar padrões de descasamento geográfico entre contratação e produção, depurando a métrica de insumo; e (iv) estender a análise a outros estados da fronteira agrícola brasileira (Maranhão, Pará e Piauí), permitindo comparações regionais que contextualizem os resultados aqui obtidos.

Referências

Amaral, F. J. G. do, & Bacha, C. J. C. (2025). Evolução do crédito rural no Brasil de 1969 a 2023. *Revista de Economia Contemporânea*, *29*, e252903. https://doi.org/10.1590/19805527252903

Banco Central do Brasil. (2025). *Matriz de Dados do Crédito Rural - Crédito Concedido* [Conjunto de dados]. https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/micrrural

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, *30*(9), 1078–1092. https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078

Bassotto, L. C., Benedicto, G. C. de, Lima, A. L. R., Lopes, M. A., & Merlo, F. A. (2024). Eficiência técnica em propriedades leiteiras familiares no Estado de Minas Gerais em 2021. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, *62*, e261483. https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.261483

Bitencourt, P. R., & Fornazier, A. (2024). A nova lei do agro: O fundo garantidor solidário como alternativa às garantias do crédito rural. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, *62*, e268631. https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.268631

Borges, M. J., & Parré, J. L. (2022). O impacto do crédito rural no produto agropecuário brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, *60*, e230521. https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.230521

Cavinato, N. R., & Capitani, D. H. D. (2023). Eficiência social das cooperativas de crédito rural no Brasil: Uma análise sob a ótica regional. *Economia e Sociedade*, *32*(2), 429–455. https://doi.org/10.1590/1982-3533.2023v32n2art08

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, *2*(6), 429–444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8

Coelli, T. (Org.). (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis* (2. ed). Springer.

Dias, T. K. M., Silva, V. H. M. C., & Costa, E. M. (2023). Crédito rural e produção das lavouras temporárias nos distintos cenários do nordeste brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, *61*, e247380. https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.247380

Faria, R. B. de, & Santos, D. F. L. (2014). O crédito rural no Brasil: O perfil das pesquisas acadêmicas. *Revista Gestão e Desenvolvimento*, *11*(2). https://doi.org/10.25112/rgd.v11i2.111

Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, *120*(3), 253–290. https://doi.org/10.2307/2343100

Fried, H. O., Lovell, C. A. K., & Schmidt, S. S. (Eds.). (2008). The measurement of productive efficiency and productivity growth. *Oxford University Press*. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195183528.001.0001

Haryanto, T., Wardana, W. W., Jamil, I. R., Brintanti, A. R. D., & Ibrahim, K. H. (2023). Impact of credit access on farm performance: Does source of credit matter? *Heliyon*, *9*(9), e19720. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19720

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2025). *IPEAdata - Tema: Agropecuária*. [Conjunto de dados]. https://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx.

Jin, H., & Liu, H. (2025). The Impact of Agricultural Credit on Planting Structure: An Empirical Test of Factor Allocation. *Land*, *14*(5), 1089. https://doi.org/10.3390/land14051089

Menezes, A. P., Schiozer, R. F., & Vasconcelos, L. N. C. (2023). Garantias de crédito rural no Brasil: Acesso, condições e inadimplência. *Revista de Administração de Empresas*, *63*, e2022. https://doi.org/10.1590/s0034-759020230301

Oliveira, C. A. de, & 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

Ramos, É. B. T., Ferreira, M. D. P., & Oliveira, G. R. (2022). Análise da eficiência das unidades locais da Emater em Goiás: Uma abordagem quantitativa. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, *60*, e252837. https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.252837

Santos, R. B. N. dos, & Braga, M. J. (2013). Impactos do Crédito Rural na produtividade da terra e do trabalho nas Regiões Brasileiras. *Economia Aplicada*, *17*, 299–324. https://doi.org/10.1590/s1413-80502013000300004

Silva, A. C. S., Carmo, V. A. N. do, & Acuña, B. C. M. (2024). Análise de crédito de produtores rurais Pessoas Físicas. *Brazilian Journal of Scientific Administration*, *15*(2), 137–152. https://doi.org/10.6008/CBPC2179-684X.2024.002.0011

Sobreira, D. B., Tabosa, F. J. S., Costa, E. M., & Khan, A. S. (2024). Heterogeneous regional effects of rural credit on agricultural production in Brazil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, *62*, e271082. https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.271082