

IMPACTOS DO PRONAF SOBRE A PRODUTIVIDADE DO TRABALHO EM MINAS GERAIS: UMA ANÁLISE QUANTÍLICA

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos das modalidades de custeio e investimento do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) sobre a produtividade do trabalho no setor agropecuário, em municípios de Minas Gerais durante o ano de 2017. Para isso, adotou-se o método de Regressão Quantílica, que incluiu variáveis de controle para os insumos da produção e os fatores ambientais locais. Os resultados revelam que os municípios com menor nível de produtividade foram mais suscetíveis aos efeitos da modalidade de custeio, enquanto aqueles com maior produtividade demonstraram maior sensibilidade à linha de investimento. Além disso, identificou-se que a disponibilidade de áreas, a utilização de maquinário e o nível de escolaridade exerceram impactos positivos sobre a produtividade. Por outro lado, a exposição a temperaturas adversas e a baixa precipitação foram fatores que reduziram esse indicador produtivo. O estudo concluiu que o Pronaf teve influência significativa sobre a produtividade agropecuária, mas que os efeitos variaram de acordo com a modalidade de crédito e as características específicas de cada município. Portanto, há margem para aprimoramentos, visando um maior alinhamento do programa com estratégias que estimulem a produtividade dos diferentes perfis produtivos.

Palavras-chave: Pronaf. Produtividade. Agropecuária. Regressão Quantílica.
Classificação JEL: C21; J24; O13

IMPACTS OF PRONAF ON LABOR PRODUCTIVITY IN MINAS GERAIS: A QUANTILE ANALYSIS

ABSTRACT: This study analyzed the impact of two financing modalities of the National Program for Strengthening Family Agriculture (Pronaf) on labor productivity in the agricultural sector of Minas Gerais municipalities in 2017. We used the quantile regression method and included control variables for production inputs and environmental factors. Municipalities with lower productivity levels were more affected by the cost-financing modality, while those with higher productivity levels were more sensitive to the investment-financing modality. In addition, we found that land availability, machinery utilization, and educational level positively affect productivity. Conversely, exposure to unfavorable temperatures and low precipitation levels decrease this productivity indicator. Despite the significant impact on agricultural productivity, the results suggest heterogeneous effects depending on the municipality's characteristics. Better aligning the program with the various production profiles found in Minas Gerais' municipalities is a way to improve its efficiency.

Keywords: Pronaf. Productivity. Agriculture. Quantile Regression.
JEL Classification: C21; J24; O13

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como um dos principais produtores e exportadores mundiais de produtos agropecuários. Segundo dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2023), o valor bruto da produção (VBP) deste setor registrou crescimento de 123,3% entre 2012 e 2022, alcançando a marca de US\$ 300,9 bilhões no último ano desta amostra. Com uma parcela correspondente a 5,5% do VBP global, o Brasil ocupou a quarta posição nesse *ranking* em 2022, atrás apenas da China (31,9%), Índia (9,7%) e Estados Unidos da América (EUA) (7,6%). Quanto às exportações, o país deteve o segundo lugar, com US\$ 141,2 bilhões em exportações e 5,8% de participação no total em 2021. Os EUA encabeçaram o *ranking* com um montante de US\$ 254,1 bilhões (10,5% do total).

O crescimento da produção agropecuária brasileira se deu por uma combinação de fatores, entre os quais pode-se citar os investimentos em pesquisa e tecnologia, a modernização e melhoria da produtividade dos fatores de produção, além da consolidação de um conjunto de políticas de

crédito destinadas ao segmento (Gasques et al., 2014). Em relação ao crédito rural, dados do Banco Central do Brasil (Bacen, 2023) mostram que a concessão direcionada ao campo somou cerca de R\$ 183 bilhões em 2018, valor 44% maior quando comparado a 2009 (dados reais em valores de dezembro de 2018). Segundo Mattei (2005) e Damasceno, Khan e Lima (2011), a disponibilidade de crédito para o setor agropecuário é um mecanismo importante para o desenvolvimento desta atividade, pois permite ampliar as possibilidades de tomada de decisão do agricultor frente aos desafios peculiares à produção, como a influência da variabilidade climática, a oscilação dos preços internacionais e a necessidade de desenvolver tecnologias em um ramo cada vez mais competitivo e moderno.

Uma das principais linhas de crédito rural no país em volume de recursos e quantidade de contratos é o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf). O Pronaf foi instituído por meio do decreto nº 1.946/1996 com o objetivo de ampliar o acesso ao crédito e estimular a produção agropecuária nos estabelecimentos familiares e de assentados da reforma agrária (Brasil, 1996). Em 2023, o programa destinou cerca de R\$ 54,5 bilhões em recursos financeiros para atender 1.557.145 contratos. Esses valores representaram 40,1% dos recursos e 86,8% dos contratos destinados a programas de crédito rural no país naquele ano (Bacen, 2023).

Motivado pela importância do Pronaf para a agropecuária do país, o presente estudo teve como objetivo analisar os impactos de duas modalidades do programa (custeio e investimento) sobre a produtividade do trabalho do setor agropecuário em municípios de Minas Gerais no ano de 2017. Minas Gerais é um dos maiores produtores rurais do Brasil e possui como destaques as culturas de café (R\$ 20,6 bilhões), cana de açúcar (R\$ 11,7 bilhões), soja (R\$ 9,1 bilhões) e milho (R\$ 6,1 bilhões). Na pecuária, destacam-se a produção de leite (R\$ 13,8 bilhões), bovinos (R\$ 10,5 bilhões) e frangos (R\$ 6,2 bilhões) (MAPA, 2023). Em 2017, o estado adquiriu R\$ 2,5 bilhões em recursos do Pronaf, o que representou 11% e 63% do total nacional e da região Sudeste naquele ano, respectivamente, o que o colocou como um dos principais beneficiários do Pronaf no Brasil (Bacen, 2023).

A análise dos impactos do crédito rural sobre a produção e a produtividade agropecuária tem sido objeto de estudo em diversos trabalhos acadêmicos. Autores como Kageyama (2003), Mattei (2005), Guanzioli (2007), Silva e Alves Filho (2009) e Monteiro e Lemos (2019) se dedicaram a investigar essa temática. A literatura revela que o Pronaf apresenta potencial para impulsionar o crescimento e a diversificação da produção rural. Contudo, evidências apontam para a existência de disparidades técnicas entre produtores e regiões do país, o que contribui para uma distribuição desigual dos recursos do programa. Conforme observado por Pires (2013), regiões caracterizadas por um maior nível de qualificação técnica tendem a ter acesso facilitado às linhas de crédito rural. De fato, dados referentes a 2023 demonstraram que apenas quatro estados concentraram mais de 65% dos recursos do Pronaf (além de Minas Gerais, destacam-se Rio Grande do Sul - 26,3%, Paraná - 15,2% e Santa Catarina, 13,8%) (Bacen, 2023).

A variação técnica entre as diferentes localidades do Brasil é um fator decisivo que pode influenciar os efeitos regionais do Pronaf. Por exemplo, municípios com um nível técnico relativamente mais elevado tendem a ser mais impactados pelos recursos destinados à melhoria da infraestrutura e dos processos, uma vez que possuem uma base técnica sólida que lhes permite converter esses recursos em ganhos efetivos de produtividade (Carter; Tjernström; Toledo, 2019). Por outro lado, aqueles com maior restrição técnica podem encontrar dificuldades para transformar esses recursos em expansões da produção na mesma medida que as demais localidades (Narayanan, 2016). Tais divergências implicam que a avaliação dos impactos do Pronaf deve levar em consideração a diversidade produtiva das regiões, reconhecendo que os efeitos do programa podem variar significativamente dependendo do nível de desenvolvimento técnico de cada localidade. Nessa perspectiva, estudos têm buscado examinar os efeitos do Pronaf sobre a produção e produtividade agropecuária por meio de métodos que flexibilizam essas estimativas para os diferentes perfis técnicos, como a Regressão Quantílica (RQ). São exemplos as pesquisas conduzidas por Pereira e Nascimento (2014) e Marioni *et al.* (2016), as quais avaliaram os efeitos do programa no estado do Tocantins e em grandes regiões brasileiras, respectivamente.

Diante do exposto, o presente estudo busca contribuir para a literatura que investiga os efeitos das modalidades de custeio e investimento do Pronaf sobre a produtividade do trabalho do setor agropecuário em municípios de Minas Gerais em 2017. Para isso, adotou-se o método de RQ, por meio do qual torna-se possível avaliar os impactos dessas linhas do programa em diferentes estratos produtivos. A escolha do ano de 2017 se deu em razão da disponibilidade de dados sobre os estabelecimentos agropecuários mais recentes produzidos pelo Censo Agropecuário (IBGE, 2023). Não foram encontradas na literatura correlata abordagens que analisaram os impactos do Pronaf em modalidades específicas por meio do referido procedimento metodológico para Minas Gerais.

Este trabalho se divide em outras quatro seções, além desta introdução. Na segunda seção, descrevem-se estudos inseridos na literatura nacional e internacional que abordaram os efeitos do crédito rural sobre indicadores econômicos. A terceira seção apresenta os procedimentos metodológicos e a base de dados. Na quarta seção, reportam-se os resultados e elabora-se uma discussão sobre suas implicações. Na última seção, apresentam-se as considerações finais.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Há uma extensa rede de pesquisas que busca investigar a relação entre crédito rural e os resultados do setor agropecuário, tanto em âmbito nacional quanto internacional. A nível internacional, por exemplo, em um estudo que considerou 30 províncias chinesas entre 2009 e 2020, Wang, Du e Minghuatian (2023) observaram que a disponibilidade de crédito para a produção rural impactou positivamente a produtividade total dos fatores (PTF). Segundo os autores, o crédito agrícola tem potencial para promover o desenvolvimento rural. Enfatizaram também que as políticas de concessão de crédito deveriam estimular expansões sustentáveis da produtividade agropecuária. Em uma pesquisa similar, Shivaswamy *et al.* (2020) analisaram os impactos do crédito rural na Índia e encontraram que os recursos financeiros trouxeram vantagens para a produtividade agropecuária nas regiões selecionadas. Os benefícios do crédito para a produção agropecuária também foram corroborados em atividades agrícolas no Paquistão (Khandker; Faruquee, 2003), Bangladesh (Mazumder; Lu, 2015) e em outros países (Gehrke, 2019).

Apesar da ampla discussão em torno do potencial positivo do crédito para o setor agropecuário, não há um consenso estabelecido. Por meio de uma investigação que considerou dados de estados indianos entre 1995 e 2012, Narayanan (2016) não identificou impactos significativos do crédito rural sobre o PIB agregado da agropecuária. No entanto, destacou-se que a disponibilidade de recursos financeiros resultou em um aumento no nível de insumos, o que pode ter influenciado, direta ou indiretamente, setores específicos da estrutura econômica do país. De maneira similar, em uma pesquisa sobre o crédito rural em Bangladesh, Islam e Choe (2013) também não encontraram efeitos significativos dessa variável sobre a produção agropecuária. Além disso, os autores observaram que os recursos financeiros externos alocados para o setor podem ter desencadeado impactos adversos, como o aumento do trabalho infantil e a redução da frequência escolar nas áreas rurais, especialmente em famílias mais pobres e com baixo nível de escolaridade.

A variação nas interpretações dos efeitos do crédito rural na dinâmica econômica pode ser em parte atribuída à diversidade técnica e tecnológica entre as unidades de produção e as regiões em análise. Uma pesquisa conduzida por Carter, Tjernström e Toledo (2019) examinou os desdobramentos dinâmicos de um programa de crédito implementado na Nicarágua e revelou uma notável disparidade nos resultados alcançados pelo referido programa. Os pesquisadores constataram que a disponibilidade de crédito teve um impacto mais expressivo sobre as unidades produtivas caracterizadas por níveis mais elevados de produtividade. Kumar *et al.* (2020) avaliaram os impactos do crédito na Índia Oriental e concluíram que o acesso ao crédito está fortemente relacionado ao perfil socioeconômico e demográfico dos empreendimentos rurais. Os autores argumentaram que os programas de crédito devem ser adaptados às particularidades de cada unidade produtiva, a fim de maximizar seus benefícios econômicos.

As pesquisas conduzidas com dados brasileiros demonstram alinhamento com a literatura internacional. Em um estudo realizado por Santos e Braga (2013), os autores avaliaram os efeitos do

crédito rural sobre a produtividade da terra e do trabalho nas principais regiões do Brasil. Por meio método *Propensity Score Matching* (PSM), eles descobriram que o Pronaf teve um impacto positivo na produtividade da terra para os beneficiários da região Nordeste, assim como na produtividade do trabalho nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Em outro estudo, Batista e Neder (2014) examinaram os efeitos do programa sobre indicadores socioeconômicos dos estados brasileiros entre 2001 e 2009. Eles concluíram que o Pronaf contribuiu de forma significativa para a redução da desigualdade de renda e da pobreza, além de ter impactado de modo positivo a renda média. Para Pintor, Silva e Piacenti (2015), o aumento do VBP agropecuário dos estados brasileiros no período analisado por Batista e Neder (2014) está fortemente associado ao crescimento do crédito agrícola.

Diversos estudos de alcance nacional têm analisado os efeitos do Pronaf em regiões e segmentos específicos. Marioni *et al.* (2016) realizaram uma análise dos impactos do Pronaf sobre o PIB agregado, bem como nos setores de serviços, industrial e agropecuário em uma amostra de municípios brasileiros durante o período de 2002 a 2012. Os resultados dessa pesquisa revelaram que o Pronaf exerceu uma influência significativa nos indicadores econômicos setoriais. Rodrigues (2019), por sua vez, concentrou sua análise nos municípios situados na região da Zona da Mata mineira. O autor concluiu que o Pronaf apresentou um efeito expressivo em diferentes setores da economia local. Em outra pesquisa, Pereira e Nascimento (2014) desagregaram o setor agropecuário no estado do Tocantins em valor das lavouras, produção vegetal, animal e animal de grande porte e constataram que o Pronaf teve impactos positivos sobre esses segmentos. Narayanan (2016) argumenta que o crédito rural estimula a aquisição de insumos, o que, por sua vez, produz impactos na cadeia produtiva intra e inter-setorialmente.

Contudo, uma parcela da literatura encontrou resultados divergentes em relação à eficácia do Pronaf. Por exemplo, Damasceno, Kahn e Lima (2011) conduziram uma investigação sobre a contribuição do Pronaf para o desenvolvimento da produção agropecuária no estado do Ceará, concluindo que não houve melhorias significativas na renda familiar dos beneficiários. Além disso, observaram possíveis impactos ambientais negativos devido ao aumento do uso de agrotóxicos. Reginato, Cunha e Vasconcelos (2019) examinaram a possível relação de causalidade entre o volume de crédito rural e o Produto Interno Bruto (PIB) agropecuário por diferentes métodos e constataram a ausência de causalidade entre as variáveis no nível agregado. No entanto, identificaram resultados benéficos do programa para algumas regiões brasileiras.

Assim como observado na literatura internacional, os resultados divergentes encontrados na pesquisa nacional podem estar associados ao perfil técnico e estrutural das unidades produtivas. Por essa razão, uma linha de pesquisa correlata ao tema tem se dedicado a considerar o perfil das unidades ao estimar os impactos do Pronaf em indicadores socioeconômicos. Como exemplo, Marioni *et al.* (2016) analisaram os impactos setoriais do Pronaf em diferentes estratos de produção por meio do método de RQ. Os resultados específicos desse estudo evidenciaram que o Pronaf afetou mais fortemente o primeiro quartil do setor agropecuário (unidades de menor volume produtivo). Pereira e Nascimento (2014) também empregaram o método de RQ para investigar a relação entre o Pronaf e indicadores produtivos selecionados. Eles observaram que as unidades localizadas no menor decil de produtividade foram as mais sensíveis ao crédito. Já no estudo de Neves *et al.* (2020), os autores verificaram que o Pronaf estimulou a renda familiar dos beneficiários, especialmente aqueles situados no maior decil de renda¹.

Diante do exposto, o presente estudo busca contribuir para a literatura que analisa os efeitos do Pronaf, especificamente sobre a produtividade do trabalho nos municípios mineiros em 2017. Esta análise é conduzida desagregando o Pronaf em suas duas principais linhas de crédito: custeio e investimento. Para isto, adotou-se o método de RQ, o qual permite estimar os efeitos do programa para diferentes faixas de produtividade agropecuária. Este estudo se releva importante, pois, de acordo com Guanzirolí (2007), análises pormenorizadas sobre os efeitos do Pronaf para diferentes perfis produtivos podem auxiliar no desenvolvimento de estratégias que melhor se ajustam à realidade

¹ Para uma descrição detalhada sobre as políticas de crédito brasileiras, incluindo o Pronaf, ver Pereira e Nascimento (2014), Marioni *et al.* (2016) e Neves *et al.* (2020).

de cada propriedade rural e região. Nesse sentido, a pesquisa se propõe a preencher uma lacuna na literatura, uma vez que não foram identificados estudos que abordaram um problema de pesquisa semelhante até o momento.

3 METODOLOGIA

A seção metodológica foi dividida em duas partes. A primeira descreve a amostra, as variáveis e as fontes dos dados. A segunda apresenta o método de RQ, por meio do qual foram feitas as estimações do efeito do Pronaf custeio e investimento sobre a produtividade do trabalho do setor agropecuário.

3.1 Descrição da amostra, das variáveis e fontes dos dados

Este estudo considerou dados dos 853 municípios de Minas Gerais em 2017. No referido período, o VBP agropecuário do estado foi de R\$ 95,5 bilhões (deflacionado pelo Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna, IGP-DI, a preços de dezembro de 2022). Comparado ao VBP nacional e da região sudeste, a produção agropecuária mineira representou 10,3% e 39,7%, respectivamente. As lavouras compuseram a maior parcela da produção estadual, alcançando R\$ 59,5 bilhões, com destaques para as culturas de café (R\$ 20,6 bilhões), cana de açúcar (R\$ 11,7 bilhões), soja (R\$ 9,1 bilhões) e milho (R\$ 6,1 bilhões). Por sua vez, a pecuária foi responsável por R\$ 36 bilhões. Entre os principais produtos desse segmento, podem-se citar a produção de leite (R\$ 13,8 bilhões), bovinos (R\$ 10,5 bilhões) e frangos (R\$ 6,2 bilhões) (MAPA, 2023).

As variáveis selecionadas nesta análise, específicas para os beneficiários do Pronaf, foram baseadas em pesquisas nacionais e internacionais que examinaram os efeitos do crédito rural sobre a produção e/ou a produtividade de unidades rurais e regiões, tais como Khandker e Faruqee (2003), Pereira e Nascimento (2014), Marioni *et al.* (2016), Carter, Tjernström e Toledo (2019), Neves *et al.* (2020), Minghuanian (2023), entre outras. A Tabela 1 descreve resumidamente as principais informações sobre os dados.

Tabela 1. Descrição das variáveis

| Variável | Sigla | Descrição | unidade | Fonte |
|--|-------|---|-----------------|---------------------------|
| Variável dependente | | | | |
| Produtividade agropecuária do trabalho | prod | Razão entre o valor adicionado bruto agropecuário e o número de ocupados da agricultura familiar, a preços de 2010 | Mil R\$/pessoa | IBGE |
| Variáveis explicativas | | | | |
| Pronaf Custeio | cust | Média do volume dos recursos de custeio do Pronaf, dividido pelo total de ocupados da agricultura familiar (2013-2016) | R\$/pessoa | Bacen |
| Pronaf Investimento | inve | Média do volume dos recursos de investimento do Pronaf, dividido pelo total de ocupados da agricultura familiar (2013-2016) | R\$/pessoa | Bacen |
| Área | area | Razão entre a área em hectares utilizada pelos beneficiários do Pronaf e o número de ocupados da agricultura familiar | Hectares/pessoa | Censo Agropecuário - IBGE |
| Adubação | adub | Percentual dos estabelecimentos que fizeram uso de adubação | % | Censo Agropecuário - IBGE |
| Irrigação | irrig | Percentual dos estabelecimentos que fizeram uso de irrigação | % | Censo Agropecuário - IBGE |
| Calcário | calc | Percentual dos estabelecimentos que fizeram uso de calcário | % | Censo Agropecuário - IBGE |

| Variável | Sigla | Descrição | unidade | Fonte |
|-------------------------|-------|---|---------------------|---------------------------|
| Agrotóxico | agro | Percentual dos estabelecimentos que fizeram uso de agrotóxicos | % | Censo Agropecuário - IBGE |
| Maquinário | maq | Percentual dos estabelecimentos que fizeram uso de maquinário. | % | Censo Agropecuário - IBGE |
| Armazenadoras | arma | Percentual dos estabelecimentos que fizeram uso de armazenadoras | % | Censo Agropecuário - IBGE |
| Energia elétrica | ener | Percentual dos estabelecimentos que fizeram uso de energia elétrica | % | Censo Agropecuário - IBGE |
| Escolaridade | esco | Percentual dos proprietários beneficiários do Pronaf com ensino superior (graduação, mestrado e/ou doutorado) sobre o total | % | Censo Agropecuário - IBGE |
| Precipitação | prec | Média da precipitação diária | Milímetros (mm)/dia | UCAR |
| Temperatura benéfica | kdd | Graus-dia benéficos à plantação | Índice | UCAR |
| Temperatura prejudicial | gdd | Graus-dia prejudiciais à plantação | Índice | UCAR |

Fonte: Elaboração própria

A variável dependente foi a “*produtividade agropecuária do trabalho*”, a qual foi construída a partir da divisão entre o “*valor adicionado bruto*” e o “*número de ocupados da agricultura familiar*”. Segundo Marioni *et al.* (2016), a expansão desse indicador tem estreita relação com o processo de modernização e desenvolvimento da agropecuária, de modo que incrementos na produtividade do trabalho podem significar melhorias técnicas e/ou tecnológicas no meio rural. O “*valor adicionado bruto*” está em preços de 2010 e foi extraído da plataforma virtual do IBGE (2023). O “*número de ocupados da agricultura familiar*” é uma variável disponibilizada pelo Censo Agropecuário, produzido pelo IBGE (2023).

Em relação às variáveis explicativas, primeiramente incorporou-se o “*volume financeiro do Pronaf*” nas modalidades de “*custeio*” e “*investimento*”, dividido pelo “*número de ocupados da agricultura familiar*”. Conforme definiu o Bacen (2023), a modalidade de custeio é destinada a cobrir despesas correntes dos ciclos produtivos agropecuários sendo, portanto, um recurso para ações de curto/médio prazo. Já a rubrica de investimento trata-se do montante disponibilizado para aquisição de bens e produtos duráveis, bem como quaisquer outros utilizados na modernização da produção, possuindo, dessa forma, características de um recurso para médio/longo prazo. De acordo com Gazolla e Schneider (2013), historicamente a finalidade de custeio vem sendo destinada a propriedades com culturas de menor valor agregado, as quais buscam acesso ao recurso para financiar a dinâmica das atividades e viabilizar pequenas melhorias na produção. Os contratos de investimento, por sua vez, são direcionados para a aquisição de equipamentos, veículos, máquinas agrícolas e infraestrutura em geral, especialmente em localidades que possuem maior volume produtivo. Em 2017, a soma dessas linhas de crédito resultou em quase a totalidade dos recursos provenientes do Pronaf, estimados em R\$ 2,4 bilhões, sendo que 49,2% foram alocados para custeio, e 50,6% para investimento.

Um ponto relevante a ser destacado é a defasagem do efeito do crédito sobre a produtividade agropecuária. Conforme destacam Borges e Parré (2022), a produção das principais safras é contabilizada em períodos posteriores à obtenção do crédito rural. Por essa razão, considerou-se a média dos recursos do Pronaf entre os anos de 2013 e 2016. A escolha pela média dos valores defasados busca também reduzir a influência dos ciclos econômicos do crédito nas estimativas, bem como capturar seu efeito acumulativo intertemporal sobre a produção agropecuária (Rodrigues, 2019). Esses dados foram extraídos da Matriz de Dados do Crédito Rural, disponibilizada pelo Bacen (2023).

Para fins de controle, foram introduzidos regressores adicionais para capturar a influência de características estruturais, educacionais e ambientais dos municípios analisados. Inicialmente, a fim de representar a extensão territorial, foi construída uma variável pela divisão entre a “*área total disponível em hectares para os agricultores do Pronaf*” pelo “*número de ocupados na agricultura familiar*”. Essa variável reflete o tamanho médio do território por trabalhador rural. Espera-se que um aumento na área média implique em uma maior disponibilização de terras férteis e produtivas, o que, por sua vez, deve resultar em um incremento na produtividade do trabalho (Alves; Souza; de Oliveira, 2006). Essa variável foi obtida do Censo Agropecuário de 2017, produzido pelo IBGE (2023).

Outra questão importante na determinação da produtividade rural é a adoção de técnicas com potencial de elevar a produção, entre as quais podem-se citar a *adubação, irrigação, uso de calcário e agrotóxicos*. A adubação, por exemplo, é utilizada em diversos estabelecimentos agrícolas para melhorar a produtividade agrícola. Em um estudo conduzido por Kageyama (2003), a autora verificou que os arranjos produtivos que adotaram adubos apresentaram um incremento produtivo de 64% em relação aos demais. Sobre a irrigação, Santos e Braga (2013) enfatizaram que se trata de uma prática recomendada para adequar o fornecimento de água durante o ciclo de crescimento das culturas, melhorando a produção no campo. O uso de calcário, por sua vez, permite balancear a acidez e os nutrientes do solo, o que torna a terra mais favorável ao crescimento dos cultivos (Natale *et al.*, 2011). Já os agrotóxicos desempenham um papel significativo no campo, pois permitem melhorar o controle de pragas e doenças que afetam diferentes culturas, contribuindo para a redução das perdas nas lavouras e o aumento da produtividade (Popp; Petö; Nagy, 2013). Para representar esses fatores, foram criados quatro indicadores (um para cada variável) baseados no *percentual dos estabelecimentos beneficiários do Pronaf que fizeram uso destes elementos em relação ao total*”. Esses dados têm como fonte o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2023).

Quanto à estrutura dos estabelecimentos rurais, incorporaram-se variáveis para mensurar o uso de *maquinários agrícolas, armazenadoras e energia elétrica*. Em relação à primeira, inseriu-se o “*percentual dos estabelecimentos beneficiários do Pronaf que adotaram algum maquinário na produção*”, como arados, roçadeiras, semeadeiras, colheitadeiras, adubadoras ou outras, em relação ao total. O uso desses maquinários reduz o trabalho braçal, aumenta a participação de tecnologias no campo e, conseqüentemente, eleva a produtividade agrícola (Kageyama, 2003). Para representar a adoção de armazenadoras, empregou-se uma variável que mede o “*percentual dos estabelecimentos beneficiários do Pronaf que adotaram armazenadoras*”, convencionais, graneleiros e/ou silos, em relação ao total. A disponibilidade de armazenadoras permite melhorar a organização do fluxo da produção, de modo a evitar perdas, impactando positivamente a produtividade (Ceron, 2014). Já a energia elétrica foi representada por uma variável que indica o “*percentual dos estabelecimentos beneficiários do Pronaf que utilizaram energia elétrica*” em relação ao total. A provisão desse recurso possibilita o uso de máquinas, equipamentos e técnicas que impactam a produtividade, sendo, portanto, relevante ao estudo (Barboza; Dacroce; Hofer, 2016). As variáveis estruturais também foram coletadas do Censo Agropecuário de 2017, produzido pelo IBGE (2023).

Sobre o nível educacional, estudos correlatos demonstraram que a qualificação técnica dos proprietários dos estabelecimentos rurais pode ser benéfica à produção (Kageyama, 2003; Anjos *et al.*, 2004; Rocha Júnior; Cassuce, 2017). Para inserir esse fator na análise, adotou-se uma variável que representa o “*percentual dos proprietários que possuíam ensino superior (graduação, mestrado e/ou doutorado)*” em relação ao total. A inclusão dessa variável é relevante para controlar os efeitos da alta escolarização sobre a produtividade rural. Essa variável foi disponibilizada pelo Censo Agropecuário de 2017, do IBGE (2023).

Por fim, buscou-se inserir fatores climáticos para considerar seus efeitos sobre a produtividade agropecuária, como a precipitação e a temperatura. De acordo com Berlato, Farenzena e Fontana (2005), o volume de chuvas é um dos principais componentes a afetar a viabilidade das safras agrícolas. Por isso, incorporou-se a variável “*nível médio diário de precipitação*”. Em relação à temperatura, Butler e Huybers (2015) afirmaram que esse elemento pode impactar a produtividade de uma maneira não linear, de modo que, até determinado limiar, o aumento marginal da temperatura possibilita expansões de produtividade. Porém, a partir de certo ponto crítico, elevações dessa

variável tendem a prejudicar as plantações, provocando prejuízos e reduções na produção. Levando em consideração este aspecto, os autores propuseram duas métricas: a primeira, denominada de “*graus-dia de crescimento*” (tradução própria do termo “*growing degree-days*”, GDD), serve para capturar o efeito das condições térmicas favoráveis para o crescimento das lavouras (efeitos positivos sobre a produtividade); a segunda, conhecida como “*graus-dia de morte*” (tradução própria do termo *killing degree-days*, KDD), representa a faixa de temperatura que pode ser prejudicial ao plantio (efeitos negativos sobre a produtividade). Essas variáveis foram extraídas da plataforma *Global Meteorological Forcing Dataset for Land Surface Modeling*, organizada pela *University Corporation for Atmospheric Research* (UCAR, 2023).

A Tabela 2 apresenta algumas estatísticas descritivas das variáveis no geral e em quatro diferentes quartis.

Tabela 2. Médias e desvios-padrão (em parênteses), agregadas e por quartis, municípios de Minas Gerais, 2017

| Variáveis | Amostra agregada | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| prod | 45,983 (84,906) | 5,792 (2,575) | 14,672 (2,909) | 29,494 (6,442) | 134,239 (135,034) |
| cust | 1.984,84 (2.593,15) | 692,76 (905,47) | 1.720,16 (1.671,30) | 2.232,96 (2.461,20) | 3.320,42 (3.708,73) |
| inve | 2.295,22 (2.976,88) | 1.264,73 (730,84) | 1.935 (1.493,76) | 2.315,28 (1.989,59) | 3.682,52 (5.069,76) |
| area | 10,268 (5,918) | 8,384 (4,052) | 8,785 (5,041) | 10,267 (5,628) | 13,647 (7,069) |
| adub | 0,567 (0,231) | 0,465 (0,265) | 0,601 (0,232) | 0,621 (0,210) | 0,586 (0,179) |
| irrig | 0,096 (0,129) | 0,090 (0,100) | 0,102 (0,139) | 0,099 (0,136) | 0,092 (0,139) |
| calc | 0,251 (0,194) | 0,137 (0,172) | 0,279 (0,199) | 0,287 (0,192) | 0,305 (0,165) |
| agro | 0,231 (0,219) | 0,137 (0,175) | 0,241 (0,223) | 0,254 (0,244) | 0,296 (0,203) |
| maq | 0,177 (0,201) | 0,045 (0,068) | 0,133 (0,169) | 0,192 (0,179) | 0,336 (0,225) |
| arma | 0,086 (0,128) | 0,104 (0,150) | 0,104 (0,143) | 0,088 (0,129) | 0,0512 (0,073) |
| ener | 0,684 (0,138) | 0,767 (0,130) | 0,689 (0,129) | 0,655 (0,127) | 0,625 (0,127) |
| esco | 0,028 (0,027) | 0,009 (0,011) | 0,023 (0,020) | 0,032 (0,025) | 0,047 (0,035) |
| prec | 2,660 (0,499) | 2,323 (0,545) | 2,755 (0,483) | 2,735 (0,420) | 2,827 (0,375) |
| kdd | 81,161 (75,282) | 125,211 (86,861) | 71,031 (70,748) | 64,388 (65,560) | 64,356 (57,602) |
| gdd | 4.591,44 (541,64) | 4.871,429 (488,960) | 4.440,938 (596,553) | 4.490,89 (467,513) | 4.562,772 (502,380) |

Fonte: Elaboração própria. Q1 representa o primeiro quartil de produtividade; Q2, o segundo quartil de produtividade; e assim, sucessivamente.

Os dados relativos à Tabela 2 evidenciam que o valor médio da produtividade agropecuária do trabalho ao longo do ano de 2017 situou-se em R\$ 45,983 mil nos municípios de Minas Gerais. Em relação aos quartis de menor e maior produtividade (Q1 e Q4, respectivamente), foram observados valores médios em torno de R\$ 5,792 mil e R\$ 134,239 mil, o que indica uma dispersão expressiva dessa variável entre as regiões de Minas Gerais. No que concerne ao crédito rural,

destacou-se a alocação mais significativa em termos médios dos recursos do Pronaf nas localidades mais produtivas. Por exemplo, a média dos recursos captados para custeio pelas localidades do quartil Q4 (maior produtividade) foi de R\$ 3.320,42 por trabalhador, contrastando com a média de R\$ 692,76 das localidades com menor produtividade (Q1). De forma semelhante, observou-se que a média do Pronaf para a modalidade de investimento foi superior no quartil de maior produtividade, calculada em R\$ 3.682,52 por trabalhador, ao passo que nas localidades do quartil de menor produtividade verificou-se uma média de R\$ 1.264,73 por trabalhador.

Em média, as regiões mais produtivas possuíam maior área relativa (13,647 hectares por trabalhador), bem como maior percentual de estabelecimentos que fizeram uso de calcário (30,5%), agrotóxicos (29,6%) e maquinários (33,6%). Além disso, foram regiões que, em média, mostraram maior proporção de proprietários rurais com ensino superior (4,7%), precipitação diária (2,82 mm/dia) e menor exposição a temperaturas prejudiciais às lavouras (64,356). Já as regiões menos produtivas caracterizam-se por terem apresentado, em média, menor área relativa (8,384 hectares por trabalhador) e de uso de técnicas e/ou tecnologias agrícolas, como adubação (46,5%), irrigação (9%), calcário (13,7%), agrotóxicos (13,7%) e maquinários (4,5%). É relevante destacar ainda que essas regiões apresentaram baixo percentual de proprietários rurais com ensino superior (0,9%), assim como o menor nível médio de precipitação (2,323 mm/dia) e o maior índice de exposição a temperaturas prejudiciais às plantações (125,211).

3.2 Método de Regressão Quantílica

A literatura nacional que analisa o crédito rural aponta para uma considerável variação nos efeitos do Pronaf na produção agropecuária devido, entre outros fatores, à diversidade do perfil técnico dos estabelecimentos rurais e das regiões (Marioni *et al.*, 2016). Nesse sentido, os métodos de regressão convencionais, como os Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), podem não ser adequados para estimar os efeitos do programa, uma vez que a heterogeneidade das amostras poderia comprometer premissas fundamentais para a inferência dos parâmetros, como a normalidade e a homocedasticidade dos erros aleatórios (Koenker; Basset, 1978).

Em alternativa, adotou-se o método de RQ. A RQ foi desenvolvida inicialmente por Koenker e Basset (1978) e possui algumas vantagens em relação aos MQO. Primeiro, é possível estimar os coeficientes do modelo considerando a dispersão e/ou distribuição assimétrica da produtividade agropecuária, pois a distribuição dos erros aleatórios é flexibilizada, de modo a tornar os resultados mais robustos (Neves *et al.*, 2020). Outra vantagem é a capacidade de estimar os parâmetros em diferentes estratos da distribuição condicional da produtividade, proporcionando resultados pormenorizados sobre essas relações (Hao; Naiman, 2007). No intuito de avaliar os impactos do Pronaf custeio e investimento em diferentes faixas de produtividade, foram considerados três quantis, sendo eles o quantil de 25% (Q25, baixa produtividade), 50% (Q50, mediana) e de 75% (Q75, alta produtividade). Essas estimações podem ser úteis para o desenvolvimento de ações e políticas que possuem como foco a produtividade agropecuária regional.

No âmbito empírico, a vantagem do método de RQ em comparação ao MQO torna-se evidente em situações nas quais a variância dos erros do modelo estimado por MQO é heterocedástica e os coeficientes estimados em diferentes estratos da distribuição da variável dependente são estatisticamente heterogêneos. Para avaliar tais condições, inicialmente essas relações foram estimadas por meio do método de MQO. Posteriormente, foi aplicado um teste de homoscedasticidade de White, o qual revelou a rejeição da hipótese de que os resíduos da regressão por MQO possuem variância constante ao nível de 1% (estatística $\chi^2 \sim 159,9$). Além disso, foi realizado um teste de igualdade de coeficientes de Wald nos estratos da RQ, por meio do qual foi possível rejeitar, ao nível de 1% (estatística $F = 20,06$), a hipótese de similaridade dos parâmetros nos três quantis considerados (Q25, Q50 e Q75). Sendo assim, pode-se afirmar que a RQ é adequada ao presente contexto. A equação empírica estimada é representada pela Expressão (1):

$$\begin{aligned}
prod_i = & \hat{\beta}_0^{(p)} + \hat{\beta}_1^{(p)} cust_i + \hat{\beta}_2^{(p)} inve_i + \hat{\beta}_3^{(p)} area_i + \hat{\beta}_4^{(p)} adub_i + \\
& \hat{\beta}_5^{(p)} irrig_i + \hat{\beta}_6^{(p)} calc_i + \hat{\beta}_7^{(p)} agro_i + \hat{\beta}_8^{(p)} maq_i + \hat{\beta}_9^{(p)} arma_i + \\
& \hat{\beta}_{10}^{(p)} ener_i + \hat{\beta}_{11}^{(p)} esco_i + \hat{\beta}_{12}^{(p)} prec_i + \hat{\beta}_{13}^{(p)} kdd_i + \hat{\beta}_{14}^{(p)} gdd_i + \hat{u}_i^{(p)}.
\end{aligned} \tag{1}$$

As variáveis em (1) foram logaritmizadas, de modo que é possível interpretar os coeficientes em variações percentuais (elasticidades). Por exemplo, o coeficiente $\hat{\beta}_1^{(p)}$ representa a resposta percentual da produção agropecuária do trabalho (*prod*) para uma expansão de 1% do Pronaf custeio por pessoal ocupado (*cust*) no quantil (*p*); já $\hat{\beta}_2^{(p)}$ ilustra a elasticidade da produtividade agropecuária (*prod*) em percentual, considerando uma elevação análoga do Pronaf investimento por pessoal ocupado (*inve*). As demais relações podem ser interpretadas de forma similar. O termo $\hat{u}_i^{(p)}$ representa os erros aleatórios nos (*p*)-quantis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados

A Tabela 3 reporta os resultados das estimações, com destaque para os efeitos das modalidades de custeio e investimento do Pronaf sobre a produtividade agropecuária do trabalho. Adicionalmente, foram disponibilizados os resultados das estimativas realizadas por MQO para fins de comparação.

Tabela 3. Resultados das estimações por MQO e RQ para a produtividade agropecuária do trabalho, municípios de Minas Gerais, 2017

| Variáveis | MQO | Q25 | Q50 | Q75 |
|-----------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| constante | -30,055*** (5,650) | -23,616*** (4,462) | -25,179** (7,535) | -39,379*** (9,472) |
| cust | 0,026 (0,039) | 0,078** (0,038) | 0,077 (0,048) | -0,052 (0,055) |
| inve | 0,140** (0,054) | 0,033 (0,049) | 0,101 (0,066) | 0,191** (0,088) |
| area | 0,441*** (0,062) | 0,391*** (0,062) | 0,364*** (0,086) | 0,382*** (0,096) |
| adub | 0,249*** (0,083) | 0,125 (0,093) | 0,264*** (0,096) | 0,235 (0,144) |
| irrig | 0,039* (0,023) | 0,002 (0,016) | 0,050 (0,032) | 0,056* (0,033) |
| calc | 0,157*** (0,057) | 0,248*** (0,054) | 0,166* (0,085) | 0,168* (0,093) |
| agro | -0,001 (0,036) | 0,019 (0,033) | -0,027 (0,065) | -0,048 (0,067) |
| maq | 0,249*** (0,032) | 0,237*** (0,034) | 0,276*** (0,050) | 0,273*** (0,052) |
| arma | -0,038** (0,019) | -0,021 (0,023) | -0,034 (0,031) | -0,023 (0,024) |
| ener | -0,065 (0,188) | 0,089 (0,190) | 0,081 (0,277) | -0,181 (0,289) |
| esc | 0,346*** (0,044) | 0,354*** (0,034) | 0,371*** (0,062) | 0,366*** (0,057) |
| gdd | 3,958*** (0,704) | 3,262*** (0,561) | 3,400*** (0,966) | 5,090*** (1,183) |
| kdd | -0,216** (0,088) | -0,174*** (0,062) | -0,110 (0,118) | -0,221* (0,126) |
| prec | 0,888*** | 0,251 | 0,556* | 1,593*** |

| Variáveis | MQO | Q25 | Q50 | Q75 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|
| | (0,254) | (0,268) | (0,338) | (0,379) |
| R ² | 0,6352 | 0,435 | 0,3885 | 0,3890 |

Fonte: Elaboração própria.

Nota: MQO: Regressão por Mínimos Quadrados Ordinários; Q25: Regressão no quantil 25; Q50: Regressão na mediana; Q75 Regressão no quantil 75, *: 10% de significância; **: 5% de significância; ***: 1% de significância. Erros-Padrão em parênteses.

Pela Tabela 3, percebe-se que os coeficientes de determinação da RQ variaram entre 38,85% (Q50) e 43,5% (Q25), o que indica uma razoável capacidade de ajustamento, tendo em vista que os dados são de corte transversal (Kageyama, 2003).

O coeficiente estimado para o Pronaf custeio foi significativo somente no quantil Q25, a 5%. Este resultado indica que a produtividade agropecuária nas regiões situadas neste estrato foi sensível ao crédito rural dessa modalidade, enquanto as demais não o foram. Em termos numéricos, é possível inferir que uma elevação de 10% no Pronaf custeio poderia expandir a produtividade agropecuária dessas regiões em aproximadamente 0,78%. Os resultados obtidos para essa variável se assemelham aos de Marioni *et al.* (2016), agregados para o Brasil, os quais indicaram efeitos na ordem de 0,53% para o setor agropecuário. Ademais, é possível encontrar similaridades com os resultados encontrados por Pereira e Nascimento (2014), específicos para subsetores da agropecuária, que estimaram elasticidades entre 3,9% (para o setor de animais de grande porte) e 4,1% (para o valor total das lavouras) para os quantis inferiores.

Por outro lado, as estimativas realizadas para o Pronaf investimento mostraram que essa modalidade de crédito trouxe implicações positivas apenas para as regiões de alto nível produtivo (Q75), a 5% de significância. Para ilustrar, o modelo indicou que um aumento de 10% na captação dos recursos de investimento poderia estimular a produtividade agropecuária dessas regiões em cerca de 1,91%. No estudo de Neves *et al.* (2020), os autores verificaram que o acesso ao crédito rural impactou mais fortemente as famílias que se enquadravam no decil superior de renda, com efeito estimado em 2,5%. Portanto, os resultados permitem dizer que os efeitos do Pronaf podem variar de acordo com as modalidades de crédito e o perfil produtivo dos municípios.

Os resultados para as variáveis de controle podem ser analisados de maneira similar, considerando uma expansão de 10% em sua unidade de medida. Por exemplo, um crescimento de 10% na disponibilidade de área por trabalhador impactaria todos os estratos, com percentuais variando entre 3,82% (Q75) e 3,91% (Q25). Sobre os fatores que remetem às práticas agrícolas, despertam especial atenção a responsividade da produtividade agropecuária em relação à elevação (de 10%) no percentual de estabelecimentos que utilizaram adubação (2,64%, significativo a 1% em Q50), irrigação (0,56%, significativo a 10% em Q75) e calcário (efeitos em todos os estratos, variando de 1,66%, significativo a 10% no Q50, a 2,48%, significativo a 1% no Q25). Em contraste, observaram-se estimativas não significativas referentes ao impacto da variável percentual dos estabelecimentos que fizeram uso de agrotóxicos.

Em relação às variáveis da estrutura física e educacional, foi possível constatar que o percentual de estabelecimentos que usaram maquinários e de proprietários com ensino superior foram significativos a 1% em todos os estratos. Em relação à primeira variável, verificou-se que uma expansão de 10% promoveria um impacto positivo de 2,37%, 2,76% e 2,73% na produtividade dos quantis Q25, Q50 e Q75, respectivamente. Já para o fator educacional, elevações análogas estimulariam a produtividade em torno de 3,54%, 3,71% e 3,36% nos mesmos estratos. Não foram encontrados impactos significativos das variáveis que refletem o percentual dos estabelecimentos que utilizaram armazenamento e energia elétrica.

Por fim, destacam-se os efeitos produzidos pelas variáveis ambientais. As estimativas permitem avaliar que uma maior exposição a condições térmicas favoráveis às lavouras poderia aumentar a produtividade em todas as faixas, com elasticidades que variariam entre 3,26% (Q25) e 5,09% (Q75). Em sentido oposto, verificaram-se efeitos negativos de exposições a condições térmicas prejudiciais nos quantis Q25 (elasticidade de -1,74%, a 1% de significância) e Q75 (elasticidade de -2,21%, significativa a 10%). Sobre o volume de precipitação, observaram-se respostas positivas de

uma expansão de 10% da variável em Q50 (5,56%) e Q75 (15,93%), ao passo que não foram encontrados impactos relevantes no quantil de menor produtividade (Q25).

4.2. Discussão

O Pronaf enfrenta desafios operacionais, especialmente relacionados à alocação de recursos e aos impactos desiguais do programa, temas amplamente discutidos na literatura acadêmica (Kageyama, 2003; Mattei, 2005; Guanziroli, 2007; Silva; Alves Filho, 2009; Monteiro; Lemos, 2019). De maneira resumida, várias pesquisas destacaram que a heterogeneidade dos estabelecimentos e as características socioeconômicas locais são fatores que podem explicar, em parte, a diversidade na distribuição e nos efeitos do Pronaf, tanto em nível nacional quanto regional. Em outras palavras, dada a variação geográfica, climática e técnica na produção agropecuária pelo território nacional, é esperado que a relação entre o programa e a produção e/ou produtividade agrícola também varie entre diferentes regiões e estabelecimentos rurais (Pereira; Nascimento, 2014; Marioni *et al.*, 2016).

Os achados deste estudo indicam que o Pronaf custeio teve impacto apenas em localidades classificadas no estrato de menor produtividade, enquanto a linha de investimento afetou exclusivamente as regiões com maior produtividade. Em relação aos efeitos do custeio em localidades menos produtivas, uma hipótese predominante discutida na literatura é a dependência dessas regiões dessa modalidade de crédito. Isso ocorre devido ao fato de que o custeio é frequentemente utilizado para financiar despesas associadas ao ciclo produtivo, como culturas sazonais, períodos de entressafra de culturas permanentes e custos relacionados à exploração tradicional da pecuária (Pereira; Nascimento, 2014). Por outro lado, em regiões mais produtivas, é esperado que uma parcela significativa da produção seja financiada com recursos próprios provenientes da propriedade rural, tornando a produtividade dessas localidades menos sensível à modalidade de custeio (Marioni *et al.*, 2016).

Quanto aos recursos destinados a investimentos, estudos demonstraram que as localidades com melhores níveis estruturais e técnicos tendem a ser mais influenciadas pelos investimentos em melhoria de infraestrutura e processos, como é o caso dessa modalidade, devido à sua base tecnológica que permite a transformação desses recursos em avanços significativos de produtividade. Em contrapartida, as regiões menos produtivas geralmente carecem das mesmas condições tecnológicas, o que resulta em efeitos menores ou até mesmo não significativos dessa modalidade (Narayanan, 2016; Carter; Tjernström; Toledo, 2019). Os resultados deste estudo corroboram essa hipótese, já que as regiões mais produtivas afetadas pelo Pronaf Investimento demonstraram melhores indicadores técnicos de produção, como o uso de insumos e maquinário agrícola.

Outro aspecto relevante a ser considerado é o impacto da educação na produtividade. Os resultados da pesquisa apontaram que a produtividade do trabalho no setor agropecuário de Minas Gerais foi influenciada pela presença de proprietários rurais com formação superior, independentemente do estrato considerado. A literatura especializada destaca que a falta de qualificação técnica e gerencial dos produtores, aliada à escassez de assistência técnica na produção, são elementos que podem comprometer a produtividade das propriedades rurais (Anjos *et al.*, 2004; Rocha Júnior; Cassuce, 2017). Nesse contexto, é plausível afirmar que a melhoria desse indicador técnico poderia acarretar benefícios significativos para o setor agrícola, de modo que a qualificação técnica dos trabalhadores rurais poderia ser uma linha de incentivos específica oferecida pelo Pronaf.

Nesse contexto, é fundamental que as políticas de crédito rural, como o Pronaf, não apenas busquem promover a inclusão financeira e o acesso equitativo ao crédito, mas também estejam alinhadas com incentivos para impulsionar a produtividade agropecuária. Para tanto, é crucial adotar abordagens estratégicas que levem em conta o perfil técnico e as particularidades regionais. Além disso, é essencial estabelecer mecanismos de avaliação contínua da produtividade dos beneficiários do programa, a fim de identificar lacunas e oportunidades de aprimoramento. Isso requer a implementação de medidas de monitoramento e metas objetivas que estejam diretamente relacionadas ao aumento da produtividade das propriedades rurais. Tais iniciativas têm o potencial de melhorar o

Pronaf, ao mesmo tempo em que contribuem para fortalecer a posição do Brasil como um dos principais atores da produção agropecuária no cenário global.

5. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo analisar os efeitos das modalidades de custeio e investimento do Pronaf sobre a produtividade do trabalho no setor agropecuário dos municípios de Minas Gerais durante o ano de 2017. Do ponto de vista metodológico, adotou-se o método de RQ, que permitiu estimar os impactos do programa em diferentes estratos de produtividade. A especificação do modelo incluiu variáveis de controle para os insumos da produção, bem como para as condições climáticas regionais. Os resultados indicaram que os municípios com menor produtividade foram mais afetados pela modalidade de custeio do Pronaf, enquanto os de maior produtividade demonstraram maior sensibilidade à linha de crédito de investimento.

O estudo revelou a sensibilidade das regiões de baixa produtividade à modalidade de custeio. Nesse contexto, a escassez de crédito para custeio pode representar um obstáculo para o aumento da produtividade desses estabelecimentos no curto prazo, o que agravaria as disparidades produtivas entre as localidades. Além disso, a falta de resposta dessas regiões à modalidade de investimento, enquanto as mais produtivas são beneficiadas por essa linha de crédito, é outro fator que intensificaria as diferenças no nível produtivo em âmbito regional, especialmente a médio e longo prazo.

Assim, embora o Pronaf tenha se estabelecido como uma das principais políticas de concessão de crédito para a agricultura familiar, o programa enfrenta desafios evidenciados pelos vieses na distribuição de recursos e impactos, que tendem a beneficiar as unidades mais produtivas. Diante desse cenário, o estudo ressalta a importância de o programa priorizar o aumento da produtividade nos municípios, especialmente os menos produtivos. O estímulo proposto deve ser complementado por políticas que visem o sucesso dos agricultores familiares, promovendo o desenvolvimento dessas unidades produtivas e fornecendo suporte educacional e de capacitação. Com o tempo, espera-se que todas as unidades familiares estejam em uma posição mais sólida para enfrentar os desafios do campo de forma autônoma.

REFERÊNCIAS

Alves, E., Souza, G. da S., & de Oliveira, C. A. V. (2006). Desempenho de estabelecimentos do Pronaf. Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2006.

Anjos, F., et al. (2004). Agricultura familiar e políticas públicas: impacto do PRONAF no Rio Grande do Sul. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 42(3), 529-548.

Bacen, Banco Central do Brasil. (s.d.). Matriz de dados do crédito rural. Recuperado de <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/micrrural>

Barboza, L. G., Dacroce, N., & Hofer, E. (2016). Análise de viabilidade de implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica numa propriedade familiar rural: Um estudo com base no PRONAF Mais Alimentos. *Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade*, São Paulo.

Batista, H., & Neder, H. (2014). Efeitos do Pronaf sobre a pobreza rural no Brasil (2001-2009). *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 52, 147-166.

Berlato, A., Farenzena, H., & Fontana, D. (2005). Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(5), 423-432.

Borges, M., & Parré, J. (2021). O impacto do crédito rural no produto agropecuário brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 60.

Brasil, Presidência da República. (1996). Decreto nº 1.946, de 28 de Junho de 1996. Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d1946.htm

Butler, E., & Huybers, P. (2015). Variações na sensibilidade da produção de milho dos EUA a temperaturas extremas por região e fase de crescimento. *Cartas de Pesquisa Ambiental*, 10(3), 034009.

Carter, M., Tjernström, E., & Toledo, P. (2019). Heterogeneous impact dynamics of a rural business development program in Nicaragua. *Journal of Development Economics*, 138, 77-98.

Ceron, L. (2014). Solução de eficiência energética para aeração de silos com armazenagem de grãos de milho. IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre.

Damasceno, N., Khan, A., & Lima, P. (2011). O impacto do Pronaf sobre a sustentabilidade da agricultura familiar, geração de emprego e renda no Estado do Ceará. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 49(1), 129-156.

FAO, Food and Agriculture Organization. (s.d.). Recuperado de <https://www.fao.org/faostat>

Gasques, J., et al. (2014). Produtividade da agricultura: resultados para o Brasil e estados selecionados. *Revista de Política Agrícola*, 23(3), 87-98.

Gazolla, M., & Schneider, S. (2013). Qual “fortalecimento” da agricultura familiar? Uma análise do Pronaf crédito de custeio e investimento no Rio Grande do Sul. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 51(1), 45-68.

Gehrke, E. (2019). An employment guarantee as risk insurance? Assessing the effects of the NREGS on agricultural production decisions. *The World Bank Economic Review*, 33(2), 413-435.

Guanziroli, C. E. (2007). PRONAF dez anos depois: resultados e perspectivas para o desenvolvimento rural. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 45(2), 301-328.

Hao, L., & Naiman, D. (2007). *Quantile regression*. Sage.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (s.d.). Censo Agropecuário. Recuperado de <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html>

Islam, A., & Choe, C. (2013). Child labor and schooling responses to access to microcredit in rural Bangladesh. *Economic Inquiry*, 51(1), 46-61.

Kageyama, A. (2003). Produtividade e renda na agricultura familiar: efeitos do PRONAF-crédito. *Agricultura em São Paulo*, 50(2), 1-13.

Khandker, S., & Faruquee, R. (2003). The impact of farm credit in Pakistan. *Agricultural Economics*, 28(3), 197-213.

Koenker, R., & Bassett, G. (1978). Asymptotic theory of least absolute error regression. *Journal of the American Statistical Association*, 73(363), 618-622.

- Kumar, A., et al. (2020). Access to credit and economic well-being of rural households: Evidence from Eastern India. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 45(1), 145-160.
- MAPA, Ministério da Agricultura e Pecuária. (s.d.). Recuperado de <https://www.gov.br/agricultura>
- Marioni, L., et al. (2016). Uma Aplicação de Regressão Quantílica para Dados em Painel do PIB e do Pronaf. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 54(2), 221-242.
- Mattei, L. (2005). Impactos do PRONAF análise de indicadores. IICA.
- Mazumder, M., & Lu, W. (2015). What impact does microfinance have on rural livelihood? A comparison of governmental and non-governmental microfinance programs in Bangladesh. *World Development*, 68, 336-354.
- Monteiro, A., & Lemos, J. (2019). Desigualdades na distribuição dos recursos do Pronaf entre as regiões brasileiras. *Revista de Política Agrícola*, (1).
- Natale, W., et al. (2011). Dose econômica de calcário na produtividade de caramboleiras. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(4), 1294-1299.
- Narayanan, S. (2016). The productivity of agricultural credit in India. *Agricultural Economics*, 47(4), 399-409.
- Neves, M., et al. (2020). Does access to rural credit help decrease income inequality in Brazil?. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 52(3), 440-460.
- Pereira, E., & Nascimento, J. (2014). Efeitos do Pronaf sobre a produção agrícola familiar dos municípios tocantinenses. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 52(1), 139-156.
- Pintor, E., Silva, G., & Piacenti, C. (2015). Crédito rural e crescimento econômico no Brasil. *Revista de Política Agrícola*, 24(1), 5-19.
- Pires, M. (2013). Contradições em processo: Um estudo da estrutura e evolução do PRONAF de 2000 a 2010. Texto para Discussão.
- Popp, J., Pető, K., & Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 243-255.
- Reginato, V., da Cunha, M., & Vasconcelos, M. (2019). Crédito rural e nível de atividade da agropecuária brasileira: uma análise de causalidade em painel. *Revista de Economia e Agronegócio*, 17(3), 442-461.
- Rocha Junior, A., Cassuce, F., & Cirino, J. (2017). Determinantes do uso do crédito rural do Pronaf em 2014. *Revista de Política Agrícola*, 26(2), 100-114.
- Rodrigues, G. (2019). O Pronaf na Zona da Mata Mineira: efeitos nos PIBs total e setorial dos municípios. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 57(1), 29-48.
- Santos, R., & Braga, M. (2013). Impactos do crédito rural na produtividade da terra e do trabalho nas regiões brasileiras. *Economia Aplicada*, 17(3), 299-324.

Shivaswamy, G. P., et al. (2020). Impact of institutional credit on agricultural productivity in India: A time series analysis. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 90(2), 412–7.

Silva, S., & Alves Filho, E. (2009). Impactos Econômicos do Pronaf em Territórios Rurais: um estudo para o médio Jequitinhonha-MG. *Revista Econômica do Nordeste*, 40(3), 481-498.

UCAR, University Corporation for Atmospheric Research. (s.d.). Recuperado de <https://rda.ucar.edu/datasets/ds314.0/>

Wang, F., Du, L., & Tian, M. (2022). Does agricultural credit input promote agricultural green total factor productivity? Evidence from spatial panel data of 30 provinces in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 529.