

Impacto do financiamento de projetos fotovoltaicos no PIB *per capita* dos municípios mineiros

Izak Carlos da Silva¹

Marco Antônio Silva Azevedo²

Resumo: Este artigo analisou os efeitos sobre a renda a partir dos financiamentos de projetos de energia solar fotovoltaica do Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG) sobre o Produto Interno Bruto *per capita* dos municípios mineiros, em especial na região Norte de Minas que recebeu um grande volume de recursos, no período de 2018 a 2021. Para isso, foi utilizado um modelo de diferença em diferenças de dados em painel, abrangendo todos os municípios mineiros e incorporando variáveis relacionadas à demografia, atividade econômica, educação, saúde e setor público. Essa abordagem permitiu capturar de forma mais precisa o impacto dos desembolsos realizados pelo banco. O modelo com efeitos fixos foi adotado para controlar características não observáveis e constantes ao longo do tempo em cada município, evitando distorções nos parâmetros estimados. Os resultados indicam que os investimentos do BDMG contribuíram para o aumento do PIB *per capita* nos municípios beneficiados após três anos do recebimento dos recursos. Esses achados evidenciam que os investimentos em infraestrutura energética foram capazes de dinamizar a economia local e, conseqüentemente, elevar a renda da população.

Palavras-chave: Avaliação de Impacto; Minas Gerais, Banco de Desenvolvimento.

Classificação JEL: O44; R11

Abstract: This article analyzed the effects on income resulting from the financing of photovoltaic solar energy projects by the Development Bank of Minas Gerais (BDMG) on the per capita Gross Domestic Product (GDP) of municipalities in Minas Gerais, particularly in the northern region of the state, which received a large volume of resources between 2018 and 2021. To achieve this, a difference-in-differences panel data model was used, covering all municipalities in Minas Gerais and incorporating variables related to demographics, economic activity, education, health, and the public sector. This approach allowed for a more accurate capture of the impact of the bank's disbursements. A fixed effects model was adopted to control for unobservable and time-invariant characteristics in each municipality, avoiding distortions in the estimated parameters. The results indicate that BDMG's investments contributed to an increase in *per capita* GDP in the beneficiary municipalities three years after receiving the funds. These findings show that investments in energy infrastructure were able to stimulate the local economy and, consequently, increase the population's income.

Keywords: Impact Evaluation; Minas Gerais, Development Bank.

JEL Classification: O44; R11

¹ Doutor em Economia Aplicada, pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Economista do Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil..

² Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Minas Gerais. Estagiário no Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

1. Introdução

Nas últimas décadas, o Brasil tem passado por transformações significativas em sua matriz energética, estimulado pelo crescimento acelerado das fontes renováveis e, especialmente, da energia solar fotovoltaica. Impulsionada por avanços tecnológicos, políticas públicas de incentivo, subsídios regulatórios e linhas de financiamento específicas, a energia solar ganhou protagonismo na diversificação da oferta energética nacional, atingindo marcos expressivos de capacidade instalada e número de conexões, tanto em geração distribuída quanto centralizada (TOLMASQUIM, 2016; LIMA; ALMEIDA, 2022). Este movimento foi particularmente intenso a partir de 2017, quando a redução dos custos de instalação e a ampliação dos instrumentos de financiamento democratizaram o acesso à tecnologia, inclusive em regiões historicamente periféricas à dinâmica econômica nacional.

Nesse contexto, destaca-se a região Norte de Minas Gerais como um dos epicentros da expansão da energia solar fotovoltaica no estado. A região reúne atributos técnicos e naturais favoráveis, como elevado potencial solarimétrico — com irradiação média superior a 5,5 kWh/m²/dia — e disponibilidade de terrenos planos e baratos (INPE, 2022). Essas características, associadas a linhas de crédito oferecidas por instituições como o Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG), estimularam a instalação de centenas de empreendimentos solares na região a partir de 2018, tornando o Norte de Minas um polo emergente na transição energética estadual (ABSOLAR, 2023).

Contudo, apesar da atratividade técnica, o Norte de Minas Gerais permanece como uma das regiões mais vulneráveis do estado em termos socioeconômicos. Composta por municípios de pequeno e médio porte, a região apresenta baixos níveis de industrialização, fraca base exportadora, infraestrutura logística precária e alta dependência do setor público (DINIZ, 2010; REZENDE; FERREIRA, 2018). Dados do Atlas do Desenvolvimento Humano (PNUD, 2020) indicam que mais de 70% dos municípios do Norte mineiro possuem Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) inferior à média nacional. Além disso, os indicadores de renda per capita, escolaridade média e acesso a serviços públicos básicos situam-se entre os mais baixos do estado, caracterizando um vazio econômico marcado por baixa dinâmica produtiva.

Diante dessa assimetria estrutural, a entrada de investimentos intensivos em capital fixo — como os associados à energia solar — representa uma janela de oportunidade para a ativação de circuitos virtuosos de crescimento regional. No entanto, permanece a indagação central: tais investimentos têm sido capazes de produzir efeitos econômicos mensuráveis sobre os municípios beneficiados? A simples instalação de infraestrutura produtiva garante efeitos multiplicadores sobre emprego, renda e arrecadação pública? Ou os benefícios tendem a concentrar-se fora do território, reproduzindo padrões históricos de extração econômica?

Para responder a essas questões, este artigo tem como objetivo avaliar os impactos econômicos dos desembolsos do Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG) em projetos de energia solar fotovoltaica sobre o Produto Interno Bruto *per capita* dos municípios mineiros, no período de 2018 a 2021. A hipótese central é que o crédito direcionado à energia solar, ao induzir investimentos e reduzir custos de produção, contribui para o aumento da renda municipal, gerando efeitos positivos e duradouros sobre a economia local.

Esta investigação é pioneira na literatura econômica brasileira. Até o presente momento, não há estudos que tenham mensurado, com base empírica e rigor metodológico, os efeitos da atuação de um banco subnacional de desenvolvimento sobre indicadores econômicos a partir de financiamentos à energia renovável. O uso de um modelo econométrico com dados em painel e método de diferenças em diferenças permite estimar com precisão o efeito causal dos desembolsos sobre o desempenho dos municípios, isolando a política de outros fatores exógenos.

Além de contribuir academicamente para o campo da avaliação de políticas públicas e da economia regional, este estudo tem grande relevância prática. Para o BDMG, mensurar o impacto de sua atuação é essencial para validar a eficácia de suas linhas de crédito, orientar novos desenhos de produtos financeiros e fortalecer sua missão institucional de promoção do desenvolvimento. Para formuladores de políticas públicas, os resultados oferecem subsídios objetivos para a formulação de estratégias de fomento à energia limpa com maior potencial de transformação econômica e social nos territórios mais vulneráveis.

Em um contexto de transição energética global e de crescente demanda por desenvolvimento regional inclusivo e sustentável, a avaliação de impactos de políticas públicas torna-se não apenas uma exigência técnica, mas um imperativo ético e estratégico para o aprimoramento da ação pública e financeira no Brasil.

Para estimar o impacto dos financiamentos do BDMG sobre o desempenho econômico dos municípios mineiros, o presente estudo adota o método de diferenças em diferenças (DiD) aplicado a dados em painel com efeitos fixos, tanto para unidades municipais quanto para períodos anuais. Essa estratégia econométrica é amplamente reconhecida na literatura por sua robustez na identificação de efeitos causais em contextos onde a randomização não é viável (ANGRIST; PISCHKE, 2009; BERTRAND; DUFLO; MULLAINATHAN, 2004). O modelo permite comparar a evolução do PIB per capita entre os municípios que receberam os desembolsos (grupo tratado) e os que não receberam (grupo de controle), controlando por características não observáveis e inalteradas no tempo. Estudos similares têm empregado essa abordagem com sucesso para avaliar os efeitos de políticas públicas no Brasil, como na expansão das universidades federais (ALMEIDA; HADDAD; PEROBELLI, 2021), nos impactos de fundos constitucionais de desenvolvimento regional (SOUZA; SAMPAIO, 2020; FERREIRA; FARIA, 2022) e nas concessões de infraestrutura (GOMES; OLIVEIRA, 2020; LIMA et al., 2021).

Os resultados obtidos a partir da estimação indicam que os desembolsos do BDMG para projetos de energia solar fotovoltaica contribuíram, em média, para um aumento de aproximadamente 3,5% do Produto Interno Bruto *per capita* dos municípios tratados. Esse efeito é estatisticamente significativo e consistente com a teoria econômica do desenvolvimento regional, segundo a qual investimentos estruturantes em infraestrutura energética podem ativar cadeias produtivas, elevar a renda e dinamizar economias locais. Os achados também reforçam o alinhamento da atuação do BDMG com sua função institucional de fomentar o desenvolvimento econômico sustentável e reduzir as desigualdades regionais no estado de Minas Gerais.

2. Revisão de Literatura

A avaliação de impacto de políticas públicas é uma das principais ferramentas de aferição da eficácia das ações estatais, particularmente no que se refere à sua capacidade de induzir desenvolvimento socioeconômico sustentável. Medir com rigor os efeitos de uma intervenção permite distinguir causalidade de correlação espúria, além de subsidiar o desenho de novas políticas e o aperfeiçoamento das já existentes. Como destacam Banerjee e Duflo (2011), o uso sistemático de métodos empíricos de avaliação, especialmente em países em desenvolvimento, é essencial para que políticas públicas deixem de ser apostas intuitivas e se tornem decisões baseadas em evidência. No mesmo sentido, Ravallion (2009) ressalta que avaliações de impacto são fundamentais para assegurar *accountability* e eficiência no uso de recursos públicos, sobretudo quando as intervenções visam a redução da pobreza ou a promoção de inclusão produtiva.

No contexto brasileiro, o uso de avaliações quantitativas tem avançado significativamente, impulsionado tanto por pressões por maior eficiência fiscal quanto pela demanda crescente por transparência e *accountability* na gestão pública. Cavalcante e Lotta (2015) argumentam que a institucionalização da avaliação de políticas públicas no Brasil é recente, mas caminha a passos firmes com a profissionalização do setor público e a consolidação de metodologias científicas nos órgãos de controle. Em Minas Gerais, a Fundação João Pinheiro (FJP) e a Escola de Governo têm desempenhado papel estratégico na disseminação de metodologias avaliativas. Diversos trabalhos têm contribuído para consolidar esse campo, como o estudo de Silva e Lima (2013), que avaliou o impacto do Programa Travessia sobre indicadores de pobreza multidimensional nos municípios mineiros, revelando efeitos positivos em educação e acesso a serviços públicos. Outro exemplo é o trabalho de Souza et al. (2015), que analisou os efeitos do ICMS Ecológico sobre a arrecadação municipal e a preservação ambiental em Minas Gerais, utilizando regressão em painel com efeitos fixos.

Além disso, Araújo e Menezes (2018) avaliaram o impacto dos programas de regularização fundiária no Norte de Minas e identificaram melhoria na segurança jurídica e no acesso ao crédito rural. No âmbito educacional, Oliveira e Santos (2020) mensuraram os efeitos do Programa Reinventando o Ensino Médio em Minas Gerais sobre os indicadores de evasão e rendimento, com evidências de melhorias modestas, porém estatisticamente significativas. Outros trabalhos como o de Rocha e Alves (2016), focado nos impactos do transporte escolar sobre a frequência e desempenho de estudantes da rede pública estadual, e de Ferreira et al. (2019), sobre os efeitos do Programa Jovens Mineiros Sustentáveis em municípios de pequeno porte, reforçam a importância de avaliações sistemáticas para a retroalimentação de políticas públicas.

Apesar de sua importância, a avaliação de políticas públicas impõe desafios técnicos significativos, entre os quais destaca-se a dificuldade de isolar o efeito da política dos demais fatores que afetam o indicador de interesse. Angrist e Pischke (2009) e Imbens e Wooldridge (2009) explicam que a identificação do impacto causal exige a construção de um contrafactual crível: isto é, uma estimativa precisa do que teria ocorrido na ausência da política. Essa tarefa é particularmente desafiadora em contextos de elevada heterogeneidade regional, onde choques exógenos e variáveis não observáveis podem interferir de forma assimétrica sobre os grupos analisados.

Nesse cenário, os métodos quase-experimentais, em especial o modelo de diferenças em diferenças (DiD), têm se consolidado como padrão-ouro para avaliação de impacto em ciências sociais aplicadas. O DiD permite comparar grupos de tratamento e controle ao longo do tempo, desde que se observe a premissa de tendência paralela na ausência da intervenção (Bertrand; Duflo; Mullainathan, 2004). Wooldridge (2010) observa que, quando combinado a modelos de efeitos fixos em dados em painel, o DiD ganha robustez ao controlar por características não observáveis inalteradas no tempo. A literatura ainda propõe avanços no método, como o uso de modelos com efeitos fixos heterogêneos (Callaway e Sant’Anna, 2021), ou estratégias de controle sintético (Abadie; Diamond; Hainmueller, 2010), úteis em casos com poucos tratados.

Exemplos empíricos reforçam a aplicabilidade do DiD na avaliação de políticas públicas. Card e Krueger (1994), em um estudo clássico, utilizaram o método para investigar os efeitos do aumento do salário-mínimo sobre o emprego em restaurantes de fast food nos EUA. No Brasil, Rocha e Soares (2010) analisaram os efeitos do programa Bolsa Família sobre a mortalidade infantil em painel municipal, concluindo que o programa teve impacto direto na redução da mortalidade por causas evitáveis. Lichand e Fernandes (2019) identificaram, com base em DiD, que o programa “Jovem de Futuro” melhorou os resultados de aprendizagem dos alunos do ensino médio. De Janvry et al. (2016), por sua vez, demonstraram que programas de transferência condicionada no México produzem externalidades positivas em indicadores educacionais e de saúde.

Além desses, uma gama de estudos brasileiros aplicou DiD com dados em painel para mensurar políticas públicas estruturantes. O trabalho de Almeida, Haddad e Perobelli (2021) avaliou os efeitos da expansão das universidades federais sobre o desempenho econômico dos municípios-sede, identificando impactos positivos sobre o PIB per capita e a formalização do emprego. Souza e Sampaio (2020) mensuraram os efeitos do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE) sobre o crescimento dos municípios, com DiD e efeitos fixos, revelando impactos significativos sobre o emprego e a renda. De modo similar, Ferreira e Faria (2022) analisaram o impacto do Fundo Constitucional do Centro-Oeste (FCO) e encontraram efeitos positivos em setores agroindustriais e de serviços.

No setor de infraestrutura, Gomes e Oliveira (2020) avaliaram os impactos das concessões rodoviárias em Goiás sobre o valor adicionado dos serviços e da indústria local, usando DiD, com evidência de expansão econômica nos municípios com maior acesso às rodovias concedidas. Já Lima et al. (2021) mensuraram os impactos da Ferrovia Norte-Sul sobre os municípios próximos à malha ferroviária, revelando ganhos em arrecadação e formalização do trabalho. Em escala regional, o estudo de Ramos e Matos (2018) avaliou os impactos dos investimentos públicos em infraestrutura nas regiões Sul e Nordeste, apontando que os efeitos são heterogêneos: positivos e duradouros no Sul, mais voláteis no Nordeste. Em complemento, Silva e Barbosa (2020) avaliaram os efeitos dos incentivos da SUDENE sobre a densidade empresarial e PIB municipal, com efeitos estatisticamente significativos nos setores industriais.

Outros trabalhos relevantes incluem Rodrigues e Machado (2017), que avaliaram o Fundopem no Rio Grande do Sul e demonstraram seu efeito positivo sobre a geração de emprego formal. Alves e Pinho (2021) analisaram o Procapcred do BNDES, programa de capitalização para cooperativas de crédito, identificando aumento da oferta de crédito e da inclusão financeira. Em contextos específicos, Santos e Costa (2020) avaliaram os

impactos das transferências emergenciais em Brumadinho após o desastre de 2019, encontrando aumento significativo no consumo local e na atividade comercial. Por fim, o trabalho de Andrade e Peixoto (2023) sobre o Pronatec em Minas Gerais mostrou que os cursos técnicos aumentaram a inserção dos beneficiários no mercado formal em até 11%, principalmente entre jovens e mulheres.

Esses trabalhos reforçam a adequação do DiD como ferramenta metodológica na mensuração de políticas públicas no Brasil, especialmente quando combinada com dados em painel municipal e controles demográficos e setoriais. Juntos, eles evidenciam que políticas territoriais, de infraestrutura, educação e crédito podem ter efeitos econômicos substanciais e de longa duração, desde que bem direcionadas e devidamente avaliadas.

Estudos mais recentes reforçam essa abordagem. Lichand e Fernandes (2019) identificaram, com base em DiD, que o programa “Jovem de Futuro” melhorou os resultados de aprendizagem dos alunos do ensino médio. Por sua vez, De Janvry et al. (2016) demonstram que programas de transferência condicionada no México, quando avaliados com DiD, produzem externalidades positivas em indicadores educacionais e de saúde. Em nível subnacional, Brollo et al. (2013) demonstraram que choques exógenos de receita em municípios brasileiros induzem aumento de corrupção, enquanto Ferraz e Finan (2008) evidenciam que o grau de fiscalização local modera esses efeitos.

No campo dos bancos públicos e de desenvolvimento, o uso de métodos econométricos para avaliação de impacto também se intensificou. De Aghion (1999) destaca o papel dos bancos de desenvolvimento na correção de falhas de mercado, especialmente em regiões com baixo acesso ao crédito privado. Armendáriz e Morduch (2005) analisam experiências de microcrédito e defendem que a ação coordenada entre financiamento e políticas sociais pode produzir efeitos sinérgicos. No Brasil, trabalhos como os de Araújo e Rocha (2021) e Cavalcante e Ribeiro (2016) mostram, com base em DiD, que o financiamento direcionado do BNDES e do Pronampe gerou aumento da produtividade, da formalização e da longevidade de empresas, especialmente entre micro e pequenos empreendimentos.

Em paralelo ao avanço metodológico, a temática energética tem ganhado destaque, especialmente no contexto da transição para fontes renováveis. O Brasil tem se posicionado como protagonista global na expansão de energias renováveis, impulsionado por políticas públicas, incentivos fiscais e condições naturais favoráveis. Segundo Tolmasquim (2016), a energia solar fotovoltaica, ainda incipiente no início da década de 2010, passou por expansão acelerada após a regulamentação da geração distribuída pela ANEEL. Estudos como os de Oliveira e Carvalho (2020) e de Amaral et al. (2020) destacam que o crescimento da energia solar foi particularmente expressivo após 2017, com avanços em capacidade instalada e número de conexões em baixa tensão.

Esse crescimento foi potencializado por subsídios à microgeração, isenções tributárias e linhas de crédito específicas, muitas delas originadas em bancos de desenvolvimento (Lima e Almeida, 2022). A atuação do BNDES, da Caixa Econômica Federal e de bancos regionais como o BDMG tem sido decisiva para viabilizar investimentos, especialmente em áreas de menor atratividade ao capital privado. O Norte de Minas Gerais, em razão de seu elevado potencial solarimétrico — superior a 5,5 kWh/m²/dia, segundo o INPE (2022) — e do custo reduzido de terrenos, se tornou um polo emergente da geração distribuída no estado (ABSOLAR, 2023).

Os dados apontam para uma concentração significativa dos investimentos solares no Norte de Minas desde 2018. Conforme levantamento da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2023), a maioria dos projetos financiados pelo BDMG entre 2018 e 2021 se concentrou em municípios dessa região, totalizando centenas de empreendimentos e dezenas de megawatts instalados. Segundo dados do próprio banco, os desembolsos para energia solar aumentaram 340% no período, com forte penetração em pequenos municípios com baixo IDH.

Esse contexto é particularmente relevante dado o perfil socioeconômico do Norte de Minas. Conforme Diniz (2010) e Rezende e Ferreira (2018), a região sofre de um vazio econômico histórico, caracterizado por baixa industrialização, carência de infraestrutura, pequena base exportadora e uma economia predominantemente dependente do setor público. Estudos como os de Gaulard (2015) e Lameiras et al. (2019) confirmam que o Norte de Minas apresenta renda per capita inferior à média estadual e nacional, baixa escolaridade média e fraca dinâmica de serviços com alto valor adicionado.

A teoria do desenvolvimento regional sustenta que investimentos intensivos em capital fixo — como os ligados à infraestrutura energética — podem atuar como catalisadores de circuitos virtuosos de crescimento. Hirschman (1958) já alertava que grandes investimentos possuem efeitos de encadeamento para frente e para trás na economia, ativando a cadeia de fornecedores, elevando a arrecadação e gerando externalidades positivas em emprego e renda.

3. Estratégia Empírica e Base de Dados

O presente artigo se propõe a avaliar os impactos econômicos dos desembolsos do Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG) em projetos de energia solar fotovoltaica sobre o Produto Interno Bruto per capita dos municípios mineiros entre os anos de 2018 e 2021. Parte-se da hipótese de que o crédito à projetos fotovoltaicos, ao reduzir custos operacionais, estimular investimento privado e dinamizar o setor de serviços, produz efeitos positivos sobre os indicadores de renda municipal. Avaliar tais impactos é tarefa estratégica para instituições como o BDMG, cuja missão institucional está ancorada na promoção do desenvolvimento regional. Mais que uma responsabilidade técnica, a mensuração de impactos é um imperativo institucional de legitimidade e de aperfeiçoamento contínuo.

Além de sua relevância prática, este estudo também contribui de forma original à literatura econômica nacional ao realizar a primeira avaliação econométrica dos efeitos dos desembolsos em energia solar promovidos por um banco subnacional de desenvolvimento sobre o desempenho econômico dos municípios beneficiados. O uso de um modelo de diferenças em diferenças com dados em painel municipal permite a identificação robusta do impacto, isolando os efeitos da política dos ruídos exógenos, e oferecendo evidências empíricas úteis para o desenho de políticas futuras.

Para atender a esse propósito, utilizou-se os dados dos desembolsos do BDMG, desagregados em investimentos de energia fotovoltaica e agregado para outras linhas de crédito. As variáveis populacionais, sociais e econômicas são de fontes oficiais e públicas como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), DATASUS, Censo Escolar, entre outros. A unidade de medida foi em bases anuais do período de 2017 a 2021.

A Tabela 1 ilustra as variáveis utilizadas e a fonte.

Tabela 1 – Variáveis utilizadas e suas características

GRUPO	VARIÁVEIS	FONTES
Dummies	<i>Dummy de Controle</i>	Elaborado com base nos desembolsos
	Colar Metropolitano	Elaborado de acordo com a localidade do município
	Colar Metropolitano de Belo Horizonte	
	Região Intermediária do Distrito Federal	
	Região Metropolitana de Belo Horizonte	
	Região Metropolitana do Vale do Aço	Elaborado com base nos desembolsos
	Ano do Desembolso	
	Primeiro Ano	
	Segundo Ano	
Terceiro Ano		
Demografia	População Residente	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
	Taxa de Crescimento Populacional	Ministério do Desenvolvimento Social
	Pessoas inscritas no Cadastro Único	
Atividade Econômica	Produto Interno Bruto	IBGE
	Produto Interno Bruto <i>per capita</i>	
	Número de Trabalhadores	Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)
	Remuneração Média	
	Número de Empresas Abertas	Receita Federal
	Microempresa	Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)
	Empresas de pequeno porte	
	Empresas de médio porte	
Empresas de grande porte		
Educação	Matrículas	Censo Escolar
	Docentes	
	Taxa de distorção idade-série	
Saúde	Estabelecimentos	DataSus
	Profissionais	
	Óbitos	
Setor Público	Índice Firjan de Gestão Fiscal	Firjan

Elaboração própria.

3.1. Financiamentos

Os desembolsos utilizados como fator de impacto na renda dos municípios foram os empréstimos da linha de setor fotovoltaico. A Tabela 2 apresenta os valores dos desembolsos por cada município que utilizou essa linha de crédito ao longo dos anos de 2018 a 2021.

Tabela 2 – Municípios com financiamento em energia solar fotovoltaica

Municípios	Total	Municípios	Total
Araguari	R\$ 342.142	Janaúba	R\$ 23.938.049
Arcos	R\$ 112.703	João Pinheiro	R\$ 4.505.253
Baldim	R\$ 16.708.380	Lagoa Santa	R\$ 62.695
Belo Horizonte	R\$ 2.012.231	Lima Duarte	R\$ 36.858
Betim	R\$ 230.751	Montes Claros	R\$ 18.329.897
Caetanópolis	R\$ 64.281	Nova Lima	R\$ 238.307
Cambuí	R\$ 970.873	Pará de Minas	R\$ 828.871
Campos Gerais	R\$ 108.100	Paraguaçu	R\$ 153.394
Capitão Enéas	R\$ 24.251.321	Passos	R\$ 448.502
Carrancas	R\$ 106.116	Patos de Minas	R\$ 5.160.140
Contagem	R\$ 518.709	Pouso Alegre	R\$ 269.945
Coronel Fabriciano	R\$ 79.664	Prata	R\$ 2.103.590
Esmeraldas	R\$ 3.980.447	Sacramento	R\$ 10.073.000

Frutal	R\$ 320.108	Santa Fé de Minas	R\$ 81.791
Funilândia	R\$ 1.634.765	São Francisco	R\$ 16.872.297
Ibirité	R\$ 80.595	São João do Paraíso	R\$ 61.224
Ilicínea	R\$ 169.498	São Sebastião do Paraíso	R\$ 76.560
Inhapim	R\$ 193.303	Sardoá	R\$ 342.551
Inimutaba	R\$ 14.001.470	Sete Lagoas	R\$ 56.980
Ipatinga	R\$ 229.574	Uberaba	R\$ 18.678.748
Itabira	R\$ 307.383	Uberlândia	R\$ 1.836.530
Itamonte	R\$ 831.023	Unai	R\$ 18.132
Itaúna	R\$ 21.964	Varginha	R\$ 1.547.325
Iturama	R\$ 104.817		

Fonte e Elaboração: BDMG.

Ao todo, 47 municípios utilizaram essa linha de crédito. Dentre eles, apenas 16 registraram desembolsos superiores a R\$ 1 milhão, totalizando aproximadamente R\$ 165 milhões — o que representa 95,6% do valor total desembolsado. Esse dado evidencia uma forte concentração dos recursos em um número reduzido de localidades, o que possivelmente está relacionado às características econômicas e populacionais específicas de cada município. A tabela a seguir mostra as estatísticas descritivas dos desembolsos em cada ano.

Tabela 3 – Estatísticas descritivas dos Desembolsos por ano

Medida/Ano	2018	2019	2020	2021	TOTAL
MÉDIA	R\$ 1.162.117	R\$ 1.495.216	R\$ 4.122.512	R\$ 5.020.803	R\$ 3.682.997
MEDIANA	R\$ 111.722	R\$ 210.218	R\$ 724.609	R\$ 3.980.447	R\$ 320.108
MÁXIMO	R\$ 15.652.297	R\$ 23.213.441	R\$ 16.045.763	R\$ 14.001.470	R\$ 24.251.321
MÍNIMO	R\$ 18.132	R\$ 21.964	R\$ 38.023	R\$ 440.289	R\$ 18.132

Fonte e Elaboração: BDMG.

É possível perceber que os valores por município aumentaram ao longo dos anos como evidenciado pelo crescimento do valor da mediana. A média acaba confirmando essa tendência.

3.3. Variável Dependente

A variável dependente representa o indicador que se busca estimar, sendo influenciada pelas demais variáveis do modelo — as chamadas variáveis independentes ou explicativas. Neste artigo, a variável dependente utilizada é o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* de cada município, observada anualmente. A tabela a seguir apresenta as estatísticas descritivas dessa variável, oferecendo uma visão geral de sua distribuição ao longo do período analisado.

Tabela 4 – Estatísticas descritivas do Produto Interno Bruto *per capita*

Estatísticas	SEM FINANCIAMENTO		COM FINANCIAMENTO	
	2017	2021	2017	2021
MÉDIA	R\$ 22.784	R\$ 30.167	R\$ 36.447	R\$ 44.481
MEDIANA	R\$ 16.911	R\$ 19.345	R\$ 36.283	R\$ 41.171
MÁXIMO	R\$ 362.745	R\$ 927.556	R\$ 123.663	R\$ 217.670
MÍNIMO	R\$ 7.610	R\$ 7.034	R\$ 10.546	R\$ 10.793

Fonte e Elaboração: BDMG.

Todos os valores foram deflacionados pelo IPCA e estão ao nível de preços de dezembro de 2021.

3.3. Variáveis Explicativas

As variáveis explicativas utilizadas têm o objetivo de mimetizar os aspectos populacionais, sociais e econômicos que tendem a afetar renda *per capita* dos municípios, separados nos grupos de i) Variável de Interação ii) características demográficas iii) atividade econômica iv) educação v) saúde e vi) setor público.

- i. **Variável de Interação (Tratamento):** representa a variável que considera se o município em determinado ano pertence ao grupo de tratados, ou seja, se recebeu recursos do financiamento e se o ano correspondente se dá após o início do primeiro desembolso recebido.
- ii. **Demografia:** representa as variáveis relacionadas as características demográficas de cada município que impactam na renda *per capita* do local. É composto por:
 - **População residente:** representa o tamanho da população estimada dos municípios ao longo dos anos.
 - **Taxa de crescimento populacional:** é a taxa de variação da população residente entre um ano e outro para cada município.
 - **Pessoas inscritas no Cadastro Único:** representa o número de indivíduos que estão inscritos no Cadastro Único, em que identifica e caracteriza as famílias de baixa renda no país. Foi utilizada como *proxy* de vulnerabilidade social e pagamento de benefícios sociais.
- iii. **Atividade econômica:** representa o grupo das variáveis relacionado a economia e as características do mercado de trabalho de cada município. É composto por:
 - **Produto Interno Bruto (PIB):** é o valor do produto interno bruto de cada município em cada ano, em valores correntes e constantes³.
 - **Número de trabalhadores:** número de pessoas com 14 anos ou mais que estão realizando alguma atividade laboral no mercado formal em cada município ao longo ano.
 - **Remuneração média:** remuneração média dos trabalhadores de cada município para todos os anos. A medida por salários-mínimos de cada ano.
 - **Número de Empresas abertas:** número de empresas abertas, de todos os portes, desagregado por ano e município.
 - **Microempresa:** número de microempresas ativas, desagregado por ano e município.
 - **Empresas de Pequeno porte:** número de empresas de pequeno porte ativas, desagregado por ano e por município.
 - **Empresas de Médio porte:** número de empresas de médio porte ativas, desagregado por ano e por município.
 - **Empresas de Grande porte:** número de empresas de grande porte ativas, desagregado por ano e por município.
- iv. **Educação:** representa as variáveis relacionadas ao sistema educacional de cada município. É composto por:

³ Todos os valores foram deflacionados pelo IPCA e estão ao nível de preços de dezembro de 2021.

- **Matrículas:** número de matrículas do ensino básico, fundamental e médio, em cada município e por ano.
 - **Docentes:** número de docentes do ensino básico, fundamental e médio, em cada município e por ano.
 - **Taxa de distorção idade-série:** proporção de alunos com atraso escolar de 2 anos ou mais para todo o Ensino Básico.
- v. **Saúde:** representa as variáveis relacionadas a qualidade de saúde de cada município. É composto por:
- **Estabelecimentos:** quantidade de estabelecimentos de saúde como postos, hospitais, pronto socorro, laboratórios presentes em cada município ao longo dos anos.
 - **Profissionais:** quantidade de todos os profissionais de saúde como médicos, enfermeiros, agentes comunitários, entre outros, presentes em cada município ao longo dos anos.
 - **Óbitos:** soma dos óbitos por local de residência do falecido em cada município ao longo dos anos.
- vi. **Setor Público:** representa a variável relacionado a gestão do setor público de cada município ao longo dos anos. O grupo é composto pelas seguintes variáveis:

IFGF: é o Índice Firjan de Gestão Fiscal é uma ferramenta que avalia a qualidade da gestão fiscal dos municípios. O índice varia de 0 a 1, sendo que valores mais baixos indicam uma gestão menos eficiente. Para calcular o IFGF, são considerados diversos fatores, como a capacidade de financiar a estrutura administrativa, o grau de rigidez do orçamento, o cumprimento das obrigações financeiras e a capacidade de gerar bem-estar e competitividade. Este último fator é um dos componentes do índice composto e reflete o quanto cada município destinou de recursos para investimentos e foi testado como variável.

4. Metodologia

4.1. Equação Estimada

Os dados foram agregados em painel no qual acompanha a mesma unidade de corte transversal, ou seja, o município ao longo de um período determinado, que neste caso é de 2017 a 2021. O painel foi balanceado no qual todos os municípios possuem o mesmo número de observações. A equação estimada combinou as variáveis de cada grupo, em suas diferentes *proxies*. Algebricamente, a equação estimada pode ser expressa como:

$$Renda_t = \beta_0 + \beta_1 Tratamento_t + \beta_2 Demografia_t + \beta_3 Atividade_t + \beta_4 Educa\c{c}ao_t + \beta_5 Sa\c{u}de_t + \beta_6 Setor\ P\c{u}blico_t + \mu_t \quad (1)$$

A equação (1) indica que o *Log* da Renda *per capita*, a variável dependente, é função das variáveis do tratamento, Demografia, Atividade Econômica, Educação, Saúde e Setor Público. $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ e β_6 são os parâmetros de interesse a serem estimados e μ_t é um termo de erro aleatório independente e identicamente distribuído. Todo subscrito *t* indica variáveis contemporâneas.

A equação (1) pode ser estimada em diferentes formas funcionais, a saber:

- **Linear-Linear:** nesta forma funcional, tanto a variável dependente quanto a variável independente são lineares. Isso significa que uma mudança unitária na variável independente resulta em uma mudança constante na variável dependente.
- **Log-Linear:** a variável dependente é transformada usando o logaritmo, enquanto a variável independente permanece linear. Isso implica que uma mudança unitária na variável independente está associada a uma mudança percentual na variável dependente.
- **Log-Log:** nesta forma funcional, tanto a variável dependente quanto a variável independente são transformadas usando logaritmos. Em outras palavras, o parâmetro da variável representa a porcentagem de mudança na variável dependente para uma mudança de 1% na variável independente.

4.2. Identificação Do Modelo

Modelos de dados em painel combinam dimensão temporal e transversal, que neste artigo são os municípios mineiros. Isso pode criar heterogeneidade não observada entre as unidades, que precisa ser tratada adequadamente. Identificar o modelo corretamente é crucial para controlar a heterogeneidade não observada, evitar viés nas estimativas e obter inferências estatísticas válidas. Assim, há três tipos possíveis de modelos:

- **Modelo Pooled:** nesse modelo, assume-se que todas as unidades (neste caso os municípios) compartilham o mesmo intercepto, ou seja, não há diferenças estruturais entre elas. O modelo ignora a heterogeneidade individual, tratando todos os municípios como se fossem homogêneos. No entanto, se existirem características específicas de cada município que não forem controladas, essas diferenças acabam sendo absorvidas pelo termo de erro. Isso pode gerar correlação entre o erro e os regressores, resultando em viés e inconsistência nas estimativas.
- **Modelo de Efeitos Fixos:** este modelo assume que as diferenças entre os municípios são correlacionadas com as variáveis explicativas.
- **Modelo de Efeitos Aleatórios:** este modelo assume que as características individuais dos municípios são uma variável aleatória e, portanto, não estão correlacionadas com os regressores. Assim, as diferenças individuais são refletidas no termo de erro. Para a estimação, é suposto que o termo de erro composto (componente específico e o erro idiossincrático) do modelo não esteja correlacionado com nenhum regressor. Caso contrário, os estimadores serão tendenciosos e inconsistentes.

A partir da equação estimada (1) foram testados modelos Pooled, Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios. Foram realizados o teste F para comparar os modelos de estimados por Pooled e o de Efeitos Fixos. Esse teste verifica se os coeficientes das unidades (indivíduos, empresas, países etc.) são todos iguais — ou seja, se é válido agrupar os dados como no modelo Pooled — ou se há diferenças sistemáticas entre as unidades, o que justificaria o uso de efeitos fixos. Posteriormente, realizou-se o teste de Breusch-Pagan para comparar os modelos Pooled e o de Efeitos Aleatórios. Ele avalia se a variância dos efeitos individuais é significativamente diferente de zero. Se for, o modelo de efeitos aleatórios pode ser mais eficiente que o de efeitos fixos. Por fim, o teste de Hausman foi realizado

para comparar os modelos de Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios. O teste compara os coeficientes estimados pelos modelos. Ao final de todo esse processo, concluiu-se que os efeitos fixos são relevantes e tendem a atenuar os problemas de variáveis omitidas e, portanto, devem ser considerados na estimação no modelo de diferenças em diferenças. Para além disso, estimações em painel com efeito fixo ajudam a atenuar problemas de variáveis omitidas.

4.3. Método De Estimação

O método de estimação por mínimos quadrados está fundamentado em algumas premissas, que são necessárias para realizar inferências estatísticas sobre a variável dependente Y. As principais premissas são:

- (i) Linearidade, isto é, a esperança condicional de Y, $E(Y|X_i)$, deve ser uma função linear nos parâmetros, mas não precisa ser linear nas variáveis explicativas.
- (ii) A esperança condicional dos erros aleatórios ε_i é zero, $E(\varepsilon_i | X_i) = 0$. Isso significa que os fatores não incluídos no modelo e, portanto, agrupados em ε_i , não afetam sistematicamente o valor esperado de Y. Além disso, a ausência de correlação entre ε_i e X_i , indica que X e ε exercem influências separadas e aditivas sobre Y.
- (iii) Homocedasticidade, ou seja, a variância condicional dos erros aleatórios é igual para todas as observações, $Var(\varepsilon_i | X_i) = E(\varepsilon_i^2 | X_i) - E^2(\varepsilon_i | X_i) = E(\varepsilon_i^2 | X_i) = \sigma^2$.
- (iv) Ausência de correlação serial nos erros, dados dois valores quaisquer de X, X_i e X_j ($i \neq j$), a correlação entre ε_i e ε_j é zero, $Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j | X_{i,j}) = E(\varepsilon_i \cdot \varepsilon_j | X_{i,j}) - E(\varepsilon_i | X_{i,j}) \cdot E(\varepsilon_j | X_{i,j}) = E(\varepsilon_i \cdot \varepsilon_j | X_{i,j}) = 0$. Isso significa que, dado o valor de X, os desvios de quaisquer dois valores de Y em relação à sua média não apresentam padrões sistemáticos de comportamento.
- (v) Os valores de X não devem ser uma constante, portanto a $Var(X)$ deve ser um número positivo finito.
- (vi) Ausência de multicolinearidade perfeita, ou seja, não há dependência linear perfeita entre as variáveis explicativas.

Dadas as premissas, os estimadores de mínimos quadrados apresentam características desejáveis como linearidade, não tendenciosidade, variância mínima e consistência, que podem ser resumidas pela classe de melhor estimador linear não tendencioso.

Para realizar inferências estatísticas acerca dos parâmetros estimados pelo método de mínimos quadrados, através de testes de hipóteses, é necessário relacionar os estimadores (variáveis aleatórias) a uma distribuição de probabilidade. Por isso, inclui-se a premissa de normalidade dos erros, $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$. Dada a premissa de que ε_i segue a distribuição Normal, os estimadores de mínimos quadrados ordinários, que são funções lineares de ε_i , também apresentam distribuição Normal. Esses estimadores, agora, pertencem à classe de melhor estimador não tendencioso, sejam lineares ou não.

5. Modelos Estimados E Testes

A equação (1) foi estimada com base em critérios de identificação que respeitam a lógica econômica dos parâmetros. A partir dessa abordagem, foram selecionados sete modelos, conforme descrito na Tabela 5.

Tabela 5 – Modelos Estimados

Variável dependente: PIB per capita

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7
Variável de Interação	0,020	0,013	0,021	0,021	0,016	0,049 **	0,035 *
Taxa de crescimento populacional	0,685 **	0,696 **	1,005 ***	0,872 ***		1,838 ***	1,616 ***
Número de inscritos no CadÚnico	0,000 **	0,000 **	0,000 ***	0,116 *	0,085 *	0,093 *	0,117 **
IFGF	0,046 ***				0,078 ***		
IFGF Investimento		0,023 *	0,062 ***				0,105 ***
Número de empresas abertas		0,064 ***					
Número de Trabalhadores					0,351 ***	0,413 ***	0,397 ***
Remuneração Média							
Número de Matrículas no EB	-0,265 ***	-0,221 ***	-0,346 ***	-0,405 ***		0,000 **	0,000 *
Docentes na EB							
Profissionais do SUS	0,233 ***	0,223 ***	0,247 ***	0,245 ***		0,000 ***	0,000 **
Estabelecimentos do SUS					0,092 ***		
Autocorrelação (Ljung-Box)	2,20E-16 A	2,20E-16 A	2,20E-16 A	2,20E-16 A	2,20E-16 A	2,20E-16 A	2,20E-16 A
Homocedasticidade	2,20E-16 NH	2,20E-16 NH	2,20E-16 NH	2,20E-16 NH	2,20E-16 NH	2,20E-16 NH	2,20E-16 NH
Normalidade	2,20E-16 NN	2,20E-16 NN	2,20E-16 NN	2,20E-16 NN	2,20E-16 NN	2,20E-16 NN	2,20E-16 NN
R ² Ajust	0,958	0,959	0,958	0,958	0,959	0,956	0,958

Fonte e elaboração: BDMG.

P – Valor: * 0,10 ** 0,05 *** 0,01

Os valores em negrito indicam que a variável foi usada em modo logarítmico.

“A” indica autocorrelação, “H” indica homoscedasticidade, “N” indica normalidade e todo “N” precedendo as variáveis indica nega o resultado, caracterizando-o como não-autocorrelacionado, não-homocedástico e não-normal.

Entre os modelos analisados, os modelos de 1 a 5 foram inicialmente descartados devido à ausência de significância estatística na variável de interação, que indicaria se os financiamentos influenciaram a renda dos municípios. Embora o modelo 6 tenha apresentado significância nessa variável, o modelo 7 se destaca por incluir a variável IFGF Investimento, incorporando a dimensão da gestão fiscal ao modelo — um fator relevante que tende a impactar diretamente a renda *per capita*. Além disso, o menor coeficiente da variável de interação no modelo 7 sugere um efeito mais puro da política pública em questão, ou seja, do financiamento fotovoltaico, ao reduzir possíveis interferências de outras variáveis.

5.1. Modelo Escolhido

É interessante observar os valores dos parâmetros estimados, seus efeitos marginais e a influência de cada variável explicativa sobre a renda dos municípios. Os resultados indicam que o desembolso da linha de crédito para energia solar fotovoltaica contribuiu positivamente para o aumento da renda per capita. Isso se deve à capacidade do modelo de isolar o efeito puro do desembolso, controlando a interferência de outras variáveis que poderiam distorcer ou superestimar esse impacto. O Modelo 7 é composto pelas variáveis: variável de tratamento, taxa de crescimento populacional, número de inscritos no Cadastro Único, IFGF Investimento, número de trabalhadores, número de matrículas na Educação Básica e número de profissionais de saúde no SUS.

Com base no modelo selecionado, é possível reescrever a Equação (1) da maneira em que o modelo foi construído:

$$\begin{aligned}
 \text{Log(PIB per capita)}: & \beta_0 + \beta_1 \text{ Tratamento}_t + \beta_2 \text{ Tx Cresc Pop} + \\
 & \beta_3 \text{ Log(Cad Único)}_t + \beta_4 \text{ IFGF } I_t + \beta_5 \text{ Log(Nº Trabalhadores)}_t + \\
 & \beta_6 \text{ Log(Nº Matrículas)}_t + \beta_7 \text{ Log(Prof SUS)}_t + \mu_t
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Com base na Equação (2), reescreve-se a equação com os parâmetros encontrados:

$$\begin{aligned} \text{Log}(\text{PIB per capita}): & 0,035 \text{ Tratamento}_t + 1,616 \text{ Tx Cresc Pop} + \\ & 0,117 \text{ Cad Único}_t + 0,105 \text{ IFGF } I_t + \\ & 0,397 \text{ Log}(\text{N}^\circ \text{ Trab})_t - 0,004 \text{ Log}(\text{N}^\circ \text{ Matrículas})_t + 0,005 \text{ Log}(\text{Prof SUS})_t + \mu_t \end{aligned} \quad (3)$$

Dado o resultado dos parâmetros e suas significâncias na tabela 5, observa-se que o modelo não apresenta intercepto geral pois ele é absorvido pelas *dummies* individuais e assim cada município tem seu próprio intercepto. A variável de interação que corresponde ao efeito médio de tratamento – o efeito do recebimento do financiamento – foi significativo e evidenciou que aqueles municípios que receberam desembolsos da linha de crédito fotovoltaica teve um aumento, em média, de 3,5% em seu PIB *per capita*. Esse resultado vai ao encontro dos obtidos por Casqueiro, Irffi e Silva (2020), que demonstraram que a implementação de capital fixo – no caso, Universidades Federais – foi capaz de influenciar positivamente na renda municipal. A taxa de crescimento populacional mostrou que um aumento de 1 p.p na taxa resulta em aumento de 161,6% na renda *per capita* do município. Este valor é relativamente alto, mas é preciso pensar que esse aumento na taxa de crescimento populacional é bastante expressivo e tem uma probabilidade baixa dada a dinâmica demográfica.

O número de inscritos no Cadastro Único que foi significativo revelou que o aumento de 1% no número de inscritos resultaria em um aumento na renda de 0,11%. Esse resultado vai de acordo com a própria formulação do programa no qual tem o objetivo de fornecer uma renda mínima aos indivíduos com maior vulnerabilidade social. O índice IFGF Investimento mostrou que um aumento de 1 p.p no índice resultaria em um aumento na renda *per capita* de 10,5%. Neste caso esse aumento indicaria que o município alcançaria o índice máximo no indicador em que município destina um volume de recursos significativos em educação e saúde.

O número de trabalhadores revelou que um aumento de 1% no número de trabalhadores resultaria em um aumento de 0,40% na renda *per capita*. Esse resultado está de acordo com o arcabouço teórico econômico, uma vez que mais indivíduos no mercado de trabalho corresponde a um aumento da massa salarial e por consequente na renda média do município. Em relação à educação, a variável do número de matrículas na educação básica mostrou que um aumento de uma matrícula resultaria em uma queda de 0,0011% na renda *per capita*. A hipótese para esse resultado pode ter ocorrido principalmente pelo fato de uma tendência de queda nas matrículas nos municípios. Outro fator que poderia explicar esse resultado é que o indivíduo, de certo modo, ausenta-se do mercado de trabalho enquanto realiza seus estudos. Por fim, a variável de saúde evidenciou que um aumento de um profissional de saúde no SUS no município resultaria em um aumento de 0,0025% na renda *per capita*. Esse resultado está em consonância com outros estudos, como o de Santos, Jacinto e Tejada (2012), que demonstram que localidades com maior infraestrutura de saúde tendem a apresentar melhor qualidade de vida e bem-estar para os indivíduos que reflete em aumentos na renda. Esses fatores, por sua vez, estimulam uma maior frequência na atividade laboral e níveis mais elevados de produtividade.

⁴ O valor não é nulo, mas apenas extremamente pequeno. (-0,000011)

⁵ O valor não é nulo, mas apenas extremamente pequeno. (-0,000025)

Em relação aos testes de acurácia realizados, todos os modelos apresentaram problemas de autocorrelação, heterocedasticidade e não-normalidade dos resíduos, o que compromete sua validade estatística e inviabiliza sua aplicação direta. No entanto, esses resultados sugerem a possibilidade de variáveis omitidas nos erros, especialmente considerando que o modelo já foi controlado por efeitos fixos dos municípios. Isso indica a necessidade de incluir novas variáveis explicativas que possam capturar melhor a dinâmica dos dados. Além disso, abre-se espaço para a exploração de diferentes formas funcionais, o que pode contribuir para a identificação de um modelo homocedástico, estatisticamente robusto e adequado para uso.

6. Conclusão

Diante dos modelos estimados — que envolveram a identificação do estimador mais adequado e das variáveis com potencial impacto sobre a variável dependente — foi possível constatar um efeito significativo do financiamento fotovoltaico sobre a renda municipal. Esse resultado confirma a hipótese central do artigo: a instalação de painéis solares contribui para a dinamização da economia local, ao favorecer a expansão de novos negócios e a atração de empresas. Tal evidência reforça a relevância do papel desempenhado pelo banco de desenvolvimento, não apenas no incentivo à infraestrutura de energia renovável, mas também na promoção do crescimento econômico regional.

Além disso, o modelo revelou outras relações econômicas relevantes. Observou-se que o aumento no número de trabalhadores está positivamente associado à elevação da renda municipal. Da mesma forma, a qualidade do sistema de saúde — representada pelo número de profissionais da área — mostrou-se um fator importante para o incremento da renda, refletindo melhores condições de bem-estar e produtividade da população.

Por fim, destaca-se a importância da gestão fiscal eficiente. A maior capacidade de alocação de recursos públicos em investimentos municipais demonstrou ter impacto direto na renda, evidenciando que políticas públicas bem estruturadas podem potencializar os efeitos positivos do financiamento em infraestrutura.

REFE RÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIE, A.; DIAMOND, A.; HAINMUELLER, J. Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of California's tobacco control program. *Journal of the American Statistical Association*, v. 105, n. 490, p. 493–505, 2010.

ALMEIDA, E.; HADDAD, E. A.; PEROBELLI, F. S. Impacto econômico da interiorização das universidades federais no Brasil. *Revista Brasileira de Economia Regional e Urbana*, v. 15, n. 1, p. 25–52, 2021.

ALVES, M. R.; PINHO, D. C. Avaliação do impacto do BNDES Procaped sobre a inclusão financeira no Brasil. *Revista Brasileira de Finanças Públicas*, v. 13, n. 2, p. 87–109, 2021.

AMARAL, A. C.; GUSMÃO, F. A.; MOREIRA, A. L. Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: aspectos regulatórios e barreiras. *Revista Brasileira de Energia*, v. 26, n. 2, p. 95–112, 2020.

ANDRADE, V. F.; PEIXOTO, M. S. Pronatec e inserção no mercado de trabalho: evidências para Minas Gerais. *Revista de Avaliação da Educação Profissional e Tecnológica*, v. 8, n. 1, p. 89–107, 2023.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Sistema de Informações de Geração. Brasília: ANEEL, 2023. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.

ANGRIST, J. D.; PISCHKE, J. S. *Mostly harmless econometrics: an empiricist's companion*. Princeton: Princeton University Press, 2009.

ARAÚJO, M. F.; ROCHA, F. M. Impactos dos financiamentos do BNDES sobre a produtividade setorial: uma análise de diferenças em diferenças. *Estudos Econômicos*, v. 51, n. 2, p. 351–375, 2021.

ARAÚJO, R. A.; MENEZES, P. H. S. Regularização fundiária e desenvolvimento local: uma análise para o Norte de Minas. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 49, n. 3, p. 93–112, 2018.

ARMENDÁRIZ, B.; MORDUCH, J. *The economics of microfinance*. Cambridge: MIT Press, 2005.

BANERJEE, A.; DUFLO, E. *Poor economics: a radical rethinking of the way to fight global poverty*. New York: PublicAffairs, 2011.

BERTRAND, M.; DUFLO, E.; MULLAINATHAN, S. How much should we trust differences-in-differences estimates? *The Quarterly Journal of Economics*, v. 119, n. 1, p. 249–275, 2004.

BROLLO, F.; NANNICINI, T.; PEROTTI, R.; TABELLINI, G. The political resource curse. *American Economic Review*, v. 103, n. 5, p. 1759–1796, 2013.

CALLAWAY, B.; SANT'ANNA, P. H. C. Difference-in-differences with multiple time periods. *Journal of Econometrics*, v. 225, n. 2, p. 200–230, 2021.

CARD, D.; KRUEGER, A. B. Minimum wages and employment: A case study of the fast-food industry in New Jersey and Pennsylvania. *American Economic Review*, v. 84, n. 4, p. 772–793, 1994.

CASQUEIRO, M. L., IRFFI, G., & Silva, C. D. C. D. A expansão das Universidades Federais e os seus efeitos de curto prazo sobre os Indicadores Municipais: *Revista da Avaliação da Educação Superior*, v. 25, n. 1, p. 155-177, 2020.

CAVALCANTE, P.; LOTTA, G. *Políticas públicas: coletânea*. Brasília: ENAP, 2015.

CAVALCANTE, L. R.; RIBEIRO, L. P. Avaliação do impacto do Pronampe sobre a sobrevivência e o crescimento das microempresas. *Revista de Administração Pública*, v. 50, n. 4, p. 673–701, 2016.

- DE AGHION, B. A. Can microcredit bring development? *Journal of Economic Perspectives*, v. 23, n. 1, p. 167–192, 1999.
- DE JANVRY, A.; FINAN, F.; SADOULET, E. Local electoral incentives and decentralized program performance. *Review of Economics and Statistics*, v. 98, n. 4, p. 885–900, 2016.
- DINIZ, C. C. Desenvolvimento regional: uma introdução. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 41, p. 502–513, 2010.
- FERREIRA, G. R.; FARIA, R. A. Avaliação dos efeitos do Fundo Constitucional do Centro-Oeste sobre o desenvolvimento regional. *Ensaio FEE*, v. 43, n. 2, p. 175–204, 2022.
- FERREIRA, P. R. M. et al. Educação ambiental e juventude rural: evidências do Programa Jovens Mineiros Sustentáveis. *Revista Mineira de Desenvolvimento Sustentável*, v. 10, n. 1, p. 45–68, 2019.
- FERREZ, C.; FINAN, F. Exposing corrupt politicians: The effects of Brazil’s publicly released audits on electoral outcomes. *Quarterly Journal of Economics*, v. 123, n. 2, p. 703–745, 2008.
- GAULARD, M. Industrial development and regional inequalities in Brazil: A Kuznets curve? *Economie Internationale*, n. 143, p. 65–88, 2015.
- GOMES, L. A.; OLIVEIRA, H. C. Impacto econômico das concessões rodoviárias em Goiás: uma análise por diferenças em diferenças. *Revista de Economia Aplicada*, v. 24, n. 3, p. 421–450, 2020.
- HIRSCHMAN, A. O. *The strategy of economic development*. New Haven: Yale University Press, 1958.
- IMBENS, G. W.; WOOLDRIDGE, J. M. Recent developments in the econometrics of program evaluation. *Journal of Economic Literature*, v. 47, n. 1, p. 5–86, 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Atlas brasileiro de energia solar*. São José dos Campos: INPE, 2022. Disponível em: <http://www.inpe.br/atlas>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- LAMEIRAS, M. A. P. et al. Caracterização socioeconômica e ambiental do Norte de Minas Gerais: subsídios para políticas públicas. *Informe Agropecuário*, v. 40, n. 304, p. 11–25, 2019.
- LICHAND, G.; FERNANDES, D. V. The effects of the Jovem de Futuro program on high school performance in Brazil. *American Economic Journal: Applied Economics*, v. 11, n. 3, p. 325–352, 2019.
- LIMA, J. M.; SOUZA, M. R.; PONTES, A. Avaliação de impactos da Ferrovia Norte-Sul sobre o desenvolvimento regional. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 25, n. 2, p. 199–220, 2021.

LIMA, R. M.; ALMEIDA, L. R. Subsídios cruzados e justiça distributiva na energia solar: uma análise crítica. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 26, n. 1, p. 1–28, 2022.

MACHADO, J. A. F. et al. Impactos do Programa Bolsa Família sobre a desigualdade e a pobreza. *IPEA Texto para Discussão*, n. 1424, 2011.

OLIVEIRA, J. F.; CARVALHO, R. D. Energias renováveis no Brasil: evolução, perspectivas e desafios. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 58, n. 4, p. 1–18, 2020.

OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, L. C. Avaliação do Programa Reinventando o Ensino Médio: uma análise de impacto para Minas Gerais. *Revista Brasileira de Avaliação Educacional*, v. 32, n. 78, p. 342–369, 2020.

PNUD; IPEA; FJP. *Atlas do desenvolvimento humano no Brasil*. Brasília: PNUD, 2020. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.

RAMOS, D. S.; MATOS, P. A. Gastos públicos em infraestrutura e crescimento regional: evidências para Sul e Nordeste. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 49, n. 1, p. 37–59, 2018.

RAVALLION, M. Evaluation in the practice of development. *The World Bank Research Observer*, v. 24, n. 1, p. 29–53, 2009.

REZENDE, D. A.; FERREIRA, A. C. Desenvolvimento regional e economia política em Minas Gerais. *Revista Econômica do Centro-Oeste*, v. 4, n. 2, p. 13–33, 2018.

ROCHA, C. H.; ALVES, B. C. Transporte escolar e desempenho educacional: evidências em municípios de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 14, n. 1, p. 29–47, 2016.

ROCHA, R.; SOARES, R. R. Evaluating the impact of community-based health interventions: Evidence from Brazil's Family Health Program. *Health Economics*, v. 19, Suppl. 1, p. 126–158, 2010.

RODRIGUES, J. A.; MACHADO, F. G. O impacto do Fundopem sobre o emprego formal no Rio Grande do Sul. *Revista de Desenvolvimento Econômico*, v. 3, n. 2, p. 56–74, 2017.

SANTOS, A. M. A. D., JACINTO, P. D. A., & TEJADA, C. A. O. Causalidade entre renda e saúde: uma análise através da abordagem de dados em painel com os estados do Brasil. *Estudos Econômicos*, v. 42, p. 229-261, 2012.

SANTOS, J. V.; COSTA, T. S. Transferências emergenciais e consumo local: um estudo de caso em Brumadinho após o desastre da Vale. *Revista de Economia e Desenvolvimento Regional*, v. 15, n. 2, p. 111–134, 2020.

SILVA, L. M.; BARBOSA, A. J. Incentivos fiscais da Sudene e crescimento regional: uma avaliação por diferenças em diferenças. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 26, n. 1, p. 45–68, 2020.

SILVA, P. R.; LIMA, T. R. Avaliação do Programa Travessia em Minas Gerais: pobreza e acesso a políticas públicas. *Revista Econômica do Centro-Oeste*, v. 4, n. 2, p. 91–112, 2013.

SOUZA, J. A.; SAMPAIO, B. Fundos constitucionais e desenvolvimento local: uma análise dos efeitos do FNE por método de diferenças em diferenças. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 12, n. 1, p. 15–38, 2020.

SOUZA, P. A. et al. ICMS Ecológico em Minas Gerais: efeitos sobre arrecadação e conservação ambiental. *Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento*, v. 7, n. 2, p. 75–99, 2015.

TOLMASQUIM, M. T. *Fontes renováveis de energia no Brasil*. Rio de Janeiro: Synergia, 2016.

WOOLDRIDGE, J. M. *Econometric analysis of cross section and panel data*. 2. ed. Cambridge: MIT Press, 2010.