

ESTUDO DE CASO: *TELECOMUNICAÇÕES*



JOF 2845/2021 | PNUD Projeto BRA/18/023

SETE ESTUDOS DE CASO DE AVALIAÇÕES *EX POST* DE PROJETOS DE INVESTIMENTO EM INFRAESTRUTURA

Outubro de 2022



MINISTÉRIO DA
ECONOMIA

SECRETARIA ESPECIAL DE
PRODUTIVIDADE E COMPETITIVIDADE

APRESENTAÇÃO

A Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura, da Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade do Ministério da Economia, tem por competências produzir informações gerenciais econômicas e com vistas a dar transparência dos investimentos e propor a aplicação de metodologias para a priorização de investimentos em infraestrutura (Decreto nº 9.745, de 2019). Para tanto, definiu-se como estratégia o desenvolvimento de técnicas de avaliação socioeconômica de projetos, sejam elas de escopo *ex ante* ou *ex post*, com base nas melhores práticas disponíveis na literatura especializada, de forma a identificar os impactos socioambientais e econômicos dos projetos implementados.

Segundo o relatório *Infrascope (Economist Impact, 2022)*, embora o Brasil tenha um desempenho razoável no tema de avaliação *ex post*, ainda há muito a se avançar nessa agenda especialmente temática de avaliação dos impactos ambientais e sociais dos projetos de infraestrutura. A adoção de técnicas de avaliação *ex post* de políticas públicas é aderente não apenas às melhores práticas internacionais para o planejamento da infraestrutura, mas também aos princípios da recém promulgada Emenda Constitucional nº109 de 2021 (CF - Art. 37 § 16) que trata sobre avaliação dos resultados e gestão de políticas públicas.

Apesar de muito difundida a avaliação de impacto de políticas públicas, a literatura de avaliação de projetos específicos de infraestrutura é mais restrita. Embora os métodos utilizados em políticas públicas possam, em teoria, ser utilizados para avaliar infraestrutura, na prática, essa aplicação não é trivial. Assim, a partir de uma parceria da Sepec/ME e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), foi contratada uma consultoria especializada para desenvolver sete estudos de caso, uma para segmento da infraestrutura. São eles 1) logística; 2) energia; 3) segurança hídrica; 4) mobilidade urbana; 5) telecomunicações; 6) saneamento básico, e; 7) habitação.

O estudo de caso apresentado nesta publicação é parte integrante de tal série de estudos setoriais que visam identificar as metodologias e as variáveis de interesse usuais em cada segmento da infraestrutura. Ressalta-se, entretanto, que o objetivo de tais estudos, para além de avaliar os resultados de cada projeto especificamente, é principalmente ilustrar a aplicação das metodologias de avaliação *ex post* para cada setor da infraestrutura. A padronização metodológica promovida por essa série de estudos, portanto, oferece não apenas um modelo de avaliação mais transparente dos investimentos passados, mas também informações importantes para se retroalimentar o planejamento de empreendimentos futuros com informações mais realistas dos impactos socioambientais mais comuns em cada setor da infraestrutura.

Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura

Documento elaborado e entregue pela Pezco Consultoria, Editora e Desenvolvimento LTDA como Produto 07 - Relatório de Estudo de Caso: Telecomunicações, sobre um estudo de caso de avaliação de impacto *ex post* ao setor de telecomunicações, do contrato BRA10-1130-39146/2021, Solicitação de Proposta (SDP) nº JOF 2845/2021, no âmbito de parceria da SEPEC/ME com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Projeto BRA/18/023. Após sua entrega, este produto foi revisado e atualizado pela SDI/SEPEC/ME para sua publicação definitiva. Sua redação final pode divergir pontualmente, portanto, daquela inicialmente apresentada pelo consultoria e aprovada pela SDI/SEPEC/ME.

Equipe técnica da Pezco responsável pela elaboração deste produto:

Klenio de Souza Barbosa
Bruna de Abreu Martins
Frederico Araujo Turolla
Yan Nonato Cattani
Raquel Pereira Pontes
Mario Antonio Margarido
Matheus Shiro Pinheiro Hirata
Leonardo Baptista Correia
Daniel Kiyoyudi Komesu
Pedro Henrique Nirschl-Silva
Luis Felipe de Miranda Arthur

Equipe técnica SDI/SEPEC/ME responsável pela revisão e aprovação deste produto:

Subsecretário de Inteligência Econômica e de Monitoramento de Resultados
Rodolfo Gomes Benevenuto
Coordenador-Geral de Inteligência Econômica
Diego Camargo Botassio
Coordenador-Geral de Monitoramento de Resultados
Renato Alves Morato

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
SUMÁRIO	3
ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIACÕES	4
RESUMO	5
I. INTRODUÇÃO	5
II. O ESTUDO E VARIÁVEIS ANALISADAS	6
II.1 CONTEXTO HISTÓRICO-SETORIAL	6
III. O MODELO E BASE DE DADOS	8
III.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
III.2 ESTRATÉGIA EMPÍRICA.....	10
III.3 ESPECIFICAÇÃO DO MODELO	12
III.4 BASE DE DADOS.....	14
IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	18
IV.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS	18
IV.2 RESULTADOS PRINCIPAIS.....	23
IV.3 DISCUSSÃO	24
IV.4 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS	28
V. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
APÊNDICE A: TABELAS E FIGURAS	33
TABELAS	33
FIGURAS	65

ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIações

ABREVIação	SIGNIFICADO
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
CDC	Cinturão Digital do Ceará
CE	Ceará (Unidade da Federação)
COELCE	Companhia de Eletricidade do Ceará
DAG	<i>Directed Acyclic Graph</i> , ou Grafo Acíclico Dirigido
DID	<i>Difference in Differences</i>
DR	<i>Doubly-robust</i>
DWDM	<i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i>
ETICE	Empresa de Tecnologia da Informação do Ceará
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IPW	<i>Inverse Probability Weighting</i>
JOF	<i>Joint Operations Facility</i> (Plataforma da Organização das Nações Unidas)
KM	Quilômetro
Mbps	Megabits por segundo
ME	Ministério da Economia
MUNIC	Pesquisa de Informações Básicas Municipais
ONU	Organização das Nações Unidas
PB	Paraíba (Unidade da Federação)
PE	Pernambuco (Unidade da Federação)
PI	Piauí (Unidade da Federação)
PIB	Produto Interno Bruto
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNBL	Plano Nacional de Banda Larga
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PPP	Parceria Público-Privada
R2	Coeficiente de Determinação
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
RN	Rio Grande do Norte (Unidade da Federação)
SCM	Serviço de Comunicação Multimídia (Anatel)
SDI	Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura
SEPEC	Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade
SINASC	Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos
SUTVA	<i>Stable Unit Treatment Value Assumption</i>
TWFE	<i>Two-Way Fixed Effects</i>
Wimax	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>

RESUMO

Este estudo estima o impacto do programa Cinturão Digital do Ceará (CDC) que tem como objetivo levar internet de alta velocidade com qualidade para a população urbana do Estado do Ceará e viabilizar o acesso à internet de alta qualidade aos órgãos públicos do Estado. Explorando a implantação gradual e sequencial do CDC (iniciado em 2011 e que ainda se encontra em fase de expansão), este estudo utiliza o método de diferenças em diferenças do tipo *staggered* (*staggered differences in differences*), para estimar o efeito da implantação do CDC sobre os indicadores de acesso à internet rápida nos municípios e nos órgãos públicos do Ceará, em particular as escolas públicas, e sobre crescimento das empresas e sobre as suas demandas por diferentes perfis de trabalhadores. Os resultados mostram que o programa aumentou de forma robusta o número de escolas com acesso à internet, havendo uma elevação entre 80% e 137%, o que corresponde em média a uma elevação entre 10% e 17% do número de escolas com acesso à internet por ano. Em termos de proporção de escolas com acesso à internet, houve uma elevação entre 47% e 63%, que corresponde, em média, a um aumento anual entre 6% e 8%. No que diz respeito aos impactos nos indicadores de desempenho escolar, os resultados indicam que nos municípios beneficiados pelo CDC, os alunos do 5º ano tiveram um aumento significativo das notas da Prova Brasil de português (entre 5% e 11%) e matemática (entre 5% e 10%), além da redução nas taxas de reprovação no ensino fundamental e médio, apesar dos resultados serem menos robustos e mais instáveis aos demais indicadores. Por outro lado, os resultados indicam que o CDC não teve impacto sobre a disponibilidade de internet de alta velocidade nos municípios do Ceará, medida pela disponibilidade de acesso à fibra óptica e de internet com velocidade rápida. Os resultados também indicam que o CDC não gerou impacto no número de estabelecimentos, trabalhadores e no perfil dos trabalhadores nas empresas dos municípios que receberam o programa CDC. Tais resultados podem ser explicados pela existência prévia de fibra óptica em muitos dos municípios, além da faixa de velocidade não ter sido alterada após a implementação do CDC.

I. INTRODUÇÃO

O acentuado processo de desenvolvimento tecnológico ao longo do século XX permitiu ao mundo vivenciar uma verdadeira revolução social, econômica e cultural em suas últimas décadas (CASTELLS, 2010). Diversos são os autores que tratam desse fenômeno, em variadas áreas do conhecimento, com criação de diferentes conceitos, expressões e categorizações (ROZA, 2018).

Especificamente, o conceito de sociedade de informação (TAKAHASHI, 2000) elenca os seguintes fatores principais deste fenômeno: i) transformações profundas na organização social e econômica, representando um novo paradigma técnico-científico; ii) aumento do potencial transformador das atividades sociais e econômicas, sendo a infraestrutura de informações elemento chave e realizado em escala global; iii) nova dinâmica política, econômica e social em decorrência da melhoria da infraestrutura de informações e sua consequente diminuição da assimetria informacional, melhorando a atratividade de negócios, oportunidades de investimento, integrando regiões e indivíduos. Neste raciocínio, a avaliação do setor de telecomunicações é central para análise de políticas públicas que visem aprimorar o desenvolvimento econômico e social de um país.

Para ilustrar a aplicação da avaliação de impacto em um projeto de infraestrutura no setor telecomunicações, este estudo estima o impacto do programa Cinturão Digital do Ceará (CDC). Esse programa é um importante projeto de infraestrutura do setor de Telecomunicações e consiste na instalação de uma estrutura do tipo *backbone* de fibra óptica contendo anéis, subanéis e derivações que possibilitem levar internet rápida aos diversos municípios do Ceará.

O CDC tem como objetivo “(...) viabilizar o acesso à internet de alta qualidade a todos os órgãos públicos do Estado e possibilitar que a população tenha acesso a serviços digitais como internet, videoconferência, TV Digital, telefonia celular entre outros, constituindo-se em ferramenta indispensável ao desenvolvimento econômico do Estado” (ETICE, 2022).

Em termos metodológicos, pelo programa ter uma implantação gradual e sequencial, com início em 2011 e que ainda se encontra em fase de expansão, é ideal a aplicação dos métodos de estimação do efeito causal do tipo diferenças em diferenças do tipo *staggered* (*staggered differences in differences*) desenvolvidos por Callaway e Sant’Anna (2021) e Sun e Abraham (2021).

Aplicando-se tais métodos, estimou-se o efeito da implantação do CDC sobre os indicadores de acesso à internet rápida nos municípios e nos órgãos públicos do Ceará, exclusivamente em escolas públicas¹ e sobre indicadores de desempenho escolar, crescimento das empresas e sobre as suas demandas por diferentes perfis de trabalhadores, e sobre a atividade econômica dos municípios beneficiados pelo programa Cinturão Digital do Ceará.

II. O ESTUDO E VARIÁVEIS ANALISADAS

II.1 CONTEXTO HISTÓRICO-SETORIAL

O estado do Ceará pode ser considerado um hub natural do setor de telecomunicações no Brasil em virtude de sua condição geográfica privilegiada. A capital Fortaleza abriga uma central de cabos submarinos para a América do Sul. Ainda assim, até meados da década passada, o acesso aos serviços digitais era muito caro, com somente uma pequena parcela da população possuindo acesso a esses serviços, com cerca de 3% aptos a pagarem pelo acesso à banda larga, conforme relata a Empresa de Tecnologia da Informação do Estado de Ceará (ETICE, 2022).

Visando avançar em direção à universalização dos serviços digitais, conjuntamente com a sustentabilidade financeira, o Governo do Ceará implementou um projeto de infraestrutura de alta tecnologia denominado Cinturão Digital do Ceará (CDC)². O objetivo principal do programa era suprir as necessidades em termos de comunicação, incentivar o desenvolvimento do Estado e, mais especificamente, levar internet de alta velocidade com qualidade a preços acessíveis para aproximadamente 80% da população das áreas urbanas além de áreas mais remotas do Estado.

¹ A disponibilização de dados em painel para órgãos da administração pública com longevidade suficiente grande para estimações econométricas ainda é um grande desafio para estudos *ex post*. Em virtude desta limitação, optou-se por utilizar os dados dos Censos Escolares disponibilizados pelo Instituto Nacional Anísio Teixeira INEP.

² É necessário realçar que o CDC serviu de modelo para o Plano Nacional de Banda Larga (PNBL) do Governo Federal, o qual foi implementado três anos após o início do CDC.

Com início da implantação em 17 de dezembro de 2008, a infraestrutura foi composta de anel de fibra óptica redundante e ramificações, totalizando inicialmente 2,5 mil km, utilizando como suporte os postes da Companhia de Eletricidade do Ceará (COELCE), com cabos óticos com 24 fibras e ramificações com 12 fibras. Ao todo, o investimento realizado foi de R\$ 78 milhões e tinha como perspectiva o retorno (*pay-back*) a ser realizado em três anos após sua finalização.

Atualmente, o CDC é a maior rede pública de banda larga no Brasil, com 14,5 mil km de extensão, sendo um terço sob responsabilidade direta da ETICE, enquanto os demais são de responsabilidade de parceiros do programa, atuando ao todo em 184 municípios cearenses³.

O projeto foi implementado em quatro etapas. A primeira etapa foi interligar as instituições estaduais e o Tribunal de Justiça do Estado, localizados na capital e na sua região metropolitana. A segunda etapa consistiu envolver sua implementação no interior do Estado do Ceará com a utilização da tecnologia Wimax⁴. A terceira etapa consistiu em disponibilizar o sistema de banda larga para as prefeituras do interior do Estado do Ceará, sendo que as prefeituras selecionadas o fizeram através do Edital de Chamada Pública ETICE 001/2012, visando assegurar projetos de acesso pelos usuários com planos acessíveis em locais públicos, tais como praças e outros pontos de interesse das respectivas prefeituras.

Conforme ETICE (2022), a quarta fase está em andamento, com o “edital de concessão de fibra óptica para as empresas provedoras de serviços de telecomunicações para compartilhar o direito de uso da infraestrutura das fibras ópticas já instalada do CDC, bem como a sua manutenção, como forma de suprir a demanda de redução de preços da internet junto ao cidadão cearense por meio da competição entre as empresas que necessitavam de infraestrutura para prover serviços de banda larga”.

Em termos setoriais, a expectativa era que o CDC permitisse a interligação entre os órgãos da administração pública, agilizando os processos e procedimentos, uma vez que a mesma informação poderá ser acessada por todos os órgãos do governo do Estado, além de oferta gratuita de internet em diversos pontos públicos de cada cidade.

Para a área de saúde, os projetos de telemedicina poderiam ser ampliados através de novas funcionalidades, também com facilitação de acesso ao auxílio médico por parte das populações das menores cidades, proporcionando economia monetária e de tempo, ao evitar o deslocamento das pessoas dessas áreas para serem atendidas em Fortaleza.

Na segurança pública, um dos objetivos do CDC era o de reduzir a necessidade de deslocamentos das pessoas para fazerem boletins de ocorrências policiais presenciais até as delegacias de polícia, uma vez que esses boletins podem ser gerados e protocolados via internet.

Outro setor com impacto relevante esperado era o da educação, uma vez que o uso de Centros de educação à distância permite acesso de informação em regiões mais distantes, entre outros fatores.

³ <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/opiniao/colunistas/2.16515/cinturao-digital-chega-a-todos-os-184-municipios-do-ceara-1.3043175>.

⁴ A tecnologia Wimax, conjuntamente com um sistema de multiplexação de canais em fibra óptica, utiliza diversos comprimentos de onda (DWDM). O principal benefício reside em ampliar a disponibilidade de conexões de internet de banda larga em regiões onde não existe infraestrutura de cabeamento telefônico ou de TV a cabo, as quais, naturalmente, têm um custo mais elevado para a utilização de internet de banda larga.

Sendo essas algumas das possibilidades de resultados setoriais esperados na avaliação do CDC, o texto seguinte contextualiza o uso de avaliação *ex post* no setor de telecomunicações.

III. O MODELO E BASE DE DADOS

III.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em decorrência da redução dos custos de comunicação associados aos telefones celulares, os benefícios econômicos tangíveis melhoram a eficiência de mercados, bem-estar do produtor e do consumidor em circunstâncias e países específicos (JENSEN, 2007; AKER, 2008; AKER, 2010). Assim, na literatura do setor, a avaliação de programas e políticas governamentais neste campo tem grande parte de seus estudos voltados à avaliação dos efeitos da introdução de celulares e a consequente integração de mercados, evolução do perfil de empresas, aumento da demanda e da qualidade de serviços, redução de custos, efeitos transbordamento de mercados entre outros resultados.

Aker e Mbiti (2010), Goldfarb e Tucker (2019) e Rennhoff e Routon (2016) mostram evidências na África de que, à medida que os mercados de telecomunicações amadurecem, os telefones celulares evoluem de simples ferramentas de comunicação para plataformas de entrega de serviços. Não somente reduzem os custos de comunicação e de outras atividades econômicas, como aumentam o bem-estar dos consumidores e produtores, gerando desenvolvimento econômico de forma generalizada.

Já o artigo seminal de Jensen e Miller (2018) avalia como o aumento da integração no mercado de pescadores ocasionado pela introdução de celulares em Kerala, na Índia, trouxe melhorias competitivas para indústria de barcos (melhor qualidade de barcos e redução de preços) e aumentou o tamanho das empresas mais eficientes. Em outras palavras, o estudo avalia como os celulares na região realizaram remanejamentos intra-industriais pró-competitivos, gerando um efeito transbordamento do mercado de peixes para o mercado de barcos de pesca, beneficiando consumidores e vendedores de um lado, e por outro lado as boas empresas construtoras de barcos. O perfil das empresas se alterou: antes, muitas e pequenas; para um menor número de empresas maiores.

Outras pesquisas recentes sobre a África, por exemplo, mostraram a importância do acesso à internet na redução da pobreza, no aumento do consumo das famílias e na melhoria dos resultados do mercado de trabalho (MASAKI, GRANGUILLHOME OCHOA E RODRÍGUEZ-CASTELÁN, 2020; HJORT E POULSEN, 2019). Além disso, ao se avaliar tendências do setor financeiro, os dispositivos móveis mostram o potencial de permitir que as pessoas pobres reduzam os custos de transação, aumentem o acesso ao crédito e mitiguem riscos de crédito, levando a uma redução da vulnerabilidade e da pobreza (WIESER et al., 2019; JACK E SURI, 2014).

Já Rodriguez-Castelán et al. (2021) mostram que as tecnologias digitais podem ajudar a elevar o crescimento econômico e criar empregos, superando as barreiras do mercado, apresentando evidências de como as transações em plataformas digitais podem fornecer informações que ajudam a melhorar a qualidade dos serviços e de acesso à informação em geral.

Ao se avaliar a literatura específica sobre o papel da Internet sobre economias urbana e rural, há resultados em diferentes frentes. Sinai e Waldfogel (2004) apontam que indivíduos são mais propensos a se conectarem à internet em mercados menores para superar o isolamento local. Já Forman et al. (2006) mostram evidências de que maiores volumes de investimentos são realizados em locais com maior densidade populacional.

Cumming e Johan (2008, 2017), por sua vez, avaliam as evidências da introdução da internet prestada pelo governo (serviço SuperNet) em diferentes regiões do Canadá e seu impacto no empreendedorismo rural e urbano, com consequentes mudanças do perfil setorial das empresas. Em especial, os autores mostram que pequenas comunidades remotas que receberam o SuperNet sofreram um declínio no investimento privado em relação às comunidades que não receberam o SuperNet. Cidades “Supernet maiores” e mais urbanas, por outro lado, experimentaram um aumento no investimento após a introdução do serviço governamental, ou seja, o grau em que o investimento é facilitado pela SuperNet diminui com o tamanho da comunidade, enquanto o tamanho mínimo da comunidade que desfruta de maiores gastos com investimentos aumenta com a distância das grandes cidades. Adicionalmente, outro fator avaliado com os dados é que o SuperNet, permitindo repercussões de conhecimento e de acesso a redes sociais, muda as preferências para novas e diferentes atividades de lazer que antes eram menos prontamente disponíveis para a população rural.

No caso brasileiro, destaca-se ainda o estudo realizado pelo Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGIBR, 2019). O documento realiza uma pesquisa exploratória e avalia as repercussões na difusão do serviço de banda larga ocasionadas pelo CDC. Dentre os achados, mostra-se que houve redução do preço médio do serviço e maiores padrões de capacidade da banda larga comparativamente a outros estados brasileiros. Adicionalmente, é avaliado o efeito “vizinhança” sobre a conectividade de localidades vizinhas, identificando que a disponibilização de infraestrutura é correlacionada à conectividade e tem efeitos sobre as localidades vizinhas, podendo assim ampliar o alcance inicialmente idealizado pelo projeto.

Adicionalmente, dois estudos do Banco Mundial (BAHIA et al., 2021; YONAZI et al., 2012) avaliam que a melhoria da infraestrutura de internet tem impactado diversas estruturas públicas e atuado em falhas de mercados, melhorando acesso e qualidade da educação ou mesmo indicadores mais específicos, como, por exemplo, nos absenteísmos dos professores e, conseqüentemente, resultados das notas dos alunos.

Seguindo essas referências e com o objetivo de realizar um estudo confirmatório, o presente trabalho apresenta técnicas de estimação de efeito causal que podem ser aplicadas nas avaliações de impacto *ex post* de projetos de infraestrutura no setor de Telecomunicações e, no caso, o programa escolhido foi o próprio CDC. Contudo, nota-se que o diferencial metodológico (CGIBR é exploratório e dados são transversais enquanto neste estudo o tipo é confirmatório e dados são longitudinais) consiste também na escolha dos municípios controles, já que o estudo do CGIBR (2020) mostra a relação indireta da conexão dos municípios cearenses por onde o CDC, enquanto neste estudo o controle é feito através de municípios de outros estados, mas vizinhos ao Ceará.

III.2 ESTRATÉGIA EMPÍRICA

O método de diferenças-em-diferenças (*DID*) é um antigo método quase-experimental⁵ que se tornou popular em estudos de economia empírica apenas nos últimos anos, sendo aplicado em diversos contextos, como avaliação de políticas públicas.

A ideia básica do método DID é mensurar o efeito causal de determinado tratamento por meio de uma comparação entre o grupo que recebeu o tratamento (grupo de tratamento) e o grupo que não recebeu o tratamento (grupo de controle ou comparação) no que tange a evolução temporal (antes e depois do tratamento) da variável de interesse. Na forma mais simples, onde há apenas dois grupos (um grupo de tratamento e um grupo de controle) e dois períodos (antes e depois do tratamento).

A partir da tendência do grupo de controle, construímos a tendência contrafactual – isto é, o que se espera observar no grupo de tratamento se não tivesse sido tratado – para então descontarmos essa tendência contrafactual da tendência observada no grupo de tratamento de modo a medir o efeito causal do tratamento.

Um estimador usualmente empregado para estimar o efeito causal de um determinado tratamento pelo método de diferenças-em-diferenças é o estimador de *Two-Way Fixed Effects* (TWFE). O estimador TWFE consiste num modelo linear é para incluir efeitos fixos de unidade e efeitos fixos de tempo na estimativa de mínimos quadrados ordinários. Nos casos de tratamento com dois períodos, o estimador de TWFE e o estimador de *DID* coincidem. Entretanto, quando os efeitos são heterogêneos e/ou a hipótese de exogeneidade estrita é demasiadamente forte, duas das hipóteses do TWFE são violadas, tornando-se necessário um estimador alternativo que seja mais adequado para estimar o efeito de tratamento causal proposto pelo método de *DID*.

Por exemplo, De Chaisemartin e D'Haultfoeuille (2020a) apontaram algumas inconsistências na ponderação dos efeitos pelo método TWFE quando os efeitos não são homogêneos. Ademais, De Chaisemartin e D'Haultfoeuille (2020b) destacaram que TWFE com múltiplos tratamentos não é robusto na presença de efeitos heterogêneos. Por fim, Sun e Abraham (2021) mostraram que os coeficientes do TWFE não são robustos quando há efeito de tratamento heterogêneo entre grupos e/ou ao longo do tempo.

Devido à pouca robustez do método TWFE sob heterogeneidade, estimadores alternativos do método *DID* ganharam relevância como alternativa ao TWFE, especialmente com o avanço recente das estimações de efeito casual quando as unidades de grupo tratamento são tratados em diferentes momentos do tempo. Tal estimação é denominada de *staggered treatment*. Portanto, para a estimação de tratamentos dessa natureza, surge a necessidade de métodos de estimação do método DID aplicado ao *staggered treatment* (*Staggered DID*).

O método *Staggered DID* pode ser aplicável na maioria dos estudos de impacto de políticas públicas devido à abrangência de aplicação e flexibilidade das hipóteses de identificação.

O método pode ser utilizado para: mensurar o efeito de tratamentos que são implementados em diferentes períodos; mensurar a variação no número de tratados e de controles ao longo do tempo; mensurar o tratamento que admite apenas *opt-in* e para aqueles que possibilitam *opt-out*⁶; avaliar o tratamento binário ou contínuo, entre outros aspectos específicos. O importante é que todas essas nuances são contempladas em pelo menos um método de *Staggered DID*, possibilitando uma ampla avaliação de políticas públicas.

⁵ O artigo seminal de Snow (1855) utilizou o método DID para estudar a cólera em Londres.

⁶ Opt-in e Opt-out são, respectivamente, a possibilidade de se incluir e excluir voluntariamente uma observação das variáveis de um modelo.

Em relação à flexibilização das hipóteses de identificação, a principal hipótese que deve ser satisfeita é tendências paralelas (*parallel trends*), isto é, na ausência do tratamento, o grupo de tratamento deve apresentar a mesma tendência do grupo de controle. Ademais, também precisamos garantir *Stable Unit Treatment Value Assumption* (SUTVA) de modo a não ter transbordamentos (*spillovers*). Melhor explicando, o SUTVA garante que se possa definir os resultados (outcomes) potenciais (Y_{1i} e Y_{0i} , ou seja, *outcome* se o indivíduo i for tratado e *outcome* se o indivíduo i não for tratado). Na prática, só é observado um estado da natureza, i é ou não é tratado, utiliza-se esse artifício de resultado potencial para calcular efeito causal. Em outras palavras, essa hipótese garante que seja possível identificar o efeito de interesse, pois o *outcome* do indivíduo i não dependerá se o indivíduo j é tratado, isto é, não há *spillover* entre i e j .

Essa hipótese não é testável, apenas argumentativa. Portanto, se por algum motivo acredita-se que possa haver *spillover* entre municípios vizinhos, agregamos a informação para um nível maior (de municípios para vizinhanças, microrregião, mesorregião etc., a depender do tratamento analisado) de modo a garantir que SUTVA seja satisfeita

Após essa breve introdução do método e considerando que a grande maioria das infraestruturas de telecomunicações é concluída e entra em operação de forma gradual e sequencial (Cumming e Johan, 2007; Cumming e Johan, 2010; Jensen e Miller, 2018), isto é, as unidades são tratadas em diferentes momentos do tempo (*staggered treatment*), escolhemos dois métodos de estimação *Staggered DID*, a saber: Callaway e Sant'Anna (2021); e Sun e Abraham (2021). Estes dois métodos de estimação serão empregados para estimar os efeitos do programa CDC.

Ambos os autores consideram a aplicação do método para tratamento binário e partem do pressuposto de que, uma vez tratados, os municípios permanecerão no grupo de tratamento.

Analisando a formação do grupo de controle, Callaway e Sant'Anna (2021) possibilitam dois grupos distintos de controle: o primeiro grupo de controle considera *not yet treated*, isto é, os municípios que ainda não foram tratados também compõem o grupo de controle com os municípios que nunca serão tratados (aspecto relevante principalmente quando consideramos amostras pequenas); o segundo grupo de controle é *never treated*, ou seja, os municípios que nunca serão tratados. De forma semelhante, Sun e Abraham (2021) considera apenas *never treated* como controle (em casos em que não há municípios nunca tratados, os últimos tratados são considerados como controle).

A principal diferença entre os dois métodos escolhidos diz respeito ao modo como os autores estimam os modelos. Enquanto Sun e Abraham (2021) estimam por regressões lineares, Callaway e Sant'Anna (2021) possibilitam três formas distintas de estimação, a saber: (i) regressão, (ii) *inverse probability weighting*; e (iii) *doubly-robust*. Callaway e Sant'Anna propuseram três diferentes estimadores do tipo *plug-in* (paramétricos) para os parâmetros de interesse, os quais são equivalentes em relação à identificação, mas sugerem diferentes tipos de estimadores DID.

O estimador de *outcome regression* utiliza o artifício de resultados potenciais para estimar o efeito de interesse. Neste caso, gostaríamos de comparar o *outcome* do indivíduo i tratado com o *outcome* do indivíduo i não tratado, mas como não observamos os dois estados para o indivíduo i , assumimos hipóteses de modo a comparar o *outcome* do indivíduo i tratado com o *outcome* do indivíduo j não tratado e, com isso, ainda estimar o efeito de tratamento. Esta estimação exige que a especificação da evolução do *outcome* do grupo de controle seja feita corretamente para estimar o efeito de interesse (HECKMAN et al., 1998; HECKMAN, ICHIMURA E TODD, 1997).

A ideia do estimador de *inverse probability weighting* (IPW) é dar um peso maior para os indivíduos do grupo de tratamento os quais eram mais propensos a serem designados para o grupo de controle, uma vez que haveria menos informações sobre esses indivíduos. Em contrapartida, os indivíduos do grupo de tratamento os quais de fato eram mais propensos a estarem nesse grupo teriam um peso menor, pois haveria mais informações sobre estes indivíduos. Esta estimação requer que a probabilidade condicional da unidade i estar no grupo g dadas as covariadas sejam especificadas corretamente, além de que as observações estejam no grupo g ou em um grupo de controle da forma apropriada (ABADIE, 2005).

Por fim, o estimador *Doubly-robust* (DR) é uma forma de combinar os dois estimadores anteriores sem que o modelo esteja especificado corretamente, tornando-o mais atrativo neste ponto de vista. Entretanto, quando há *propensity score* suficientemente próximo de 1, tanto DR como o IPW podem levar a inferência imprecisa (SANT'ANNA E ZHAO, 2020), gerando uma vantagem ao primeiro estimador.

Contudo, com o intuito de deixar ambos os métodos próximos, escolhemos o primeiro método de estimação de regressão apontado por Callaway e Sant'Anna (2021).

Por fim, outra característica de destaque no método de Callaway e Sant'Anna (2021) é que a hipótese de *Parallel Trends* pode ser satisfeita condicionalmente às covariadas incluídas no modelo⁷.

Nas subseções a seguir, será especificado o modelo estimado, tendo como pano de fundo a aplicação para estimação dos efeitos do programa CDC.

III.3 ESPECIFICAÇÃO DO MODELO

A partir da escolha do método de *Staggered DID*, definimos a especificação do modelo a ser estimado,

$$Y_{ivt} = CDC_i \times \sum_t \beta I(t \geq \tau) + \alpha X_{ivt} + \theta_v + \theta_t + \varepsilon_{ivt}$$

na qual:

- Y_{ivt} é *outcome* de interesse do município i , na vizinhança v e no ano t ;
- CDC_i é uma variável binária, a qual será igual 1, se o município i foi contemplado pelo CDC em algum momento τ , e igual a 0, caso contrário;
- $I(t \geq \tau)$ é uma função indicadora que é igual a 1 para todo período t após o município i ser tratado no período τ ;
- β é o efeito de interesse, e corresponde ao efeito de programa;
- X_{ivt} é uma matriz de covariadas;
- θ_v e θ_t são os efeitos fixos de vizinhança e de ano, respectivamente;
- ε_{ivt} é o erro idiossincrático.

⁷ A hipótese de *Conditional Parallel Trends* proposta por Callaway e Sant'Anna é mais flexível do que a hipótese padrão de *Unconditional Parallel Trends* (também utilizada por Sun e Abraham), pois permite que se o grupo de tratamento apresente uma tendência igual ao grupo de controle condicional a covariadas exceto pelo tratamento seja suficiente para identificar o efeito de interesse. Essa flexibilidade na hipótese pode ser importante em aplicações nas quais as tendências específicas de covariadas afetam os *outcomes* ao longo do tempo e quando a distribuição de covariadas é diferente entre o grupo tratamento e controle. Por isso, permitir essa condicionalidade é uma vantagem do método de Callaway e Sant'Anna.

Para estimação dos efeitos pré-tratamento e pós-tratamento, foi estimada a seguinte equação:

$$Y_{ivt} = CDC_i \times \sum_{\tau \neq -1} \beta_{\tau} I(\mathbf{t} - \mathbf{first\ treat} = \tau) + \alpha X_{ivt} + \theta_v + \theta_t + \varepsilon_{ivt}$$

na qual:

- $I(\mathbf{t} - \mathbf{first\ treat} = \tau)$ é uma função indicadora que mede o tempo relativo ao ano de implementação do CDC no município i ;
- β_{τ} é o efeito de interesse, e o coeficiente omitido $\beta_{\tau=-1}$ corresponde ao ano anterior à implementação do CDC no município i ;
- As demais variáveis da equação acima foram descritas anteriormente.

Para estimação dos efeitos do CDC, considerou-se a possibilidade de *spillovers* entre os municípios do Ceará que receberam o CDC em diferentes instantes do tempo. Para tanto, foram considerados diversos tipos de clusterização dos erros (municípios vizinhos).

Considerou-se como tratados entre os municípios que receberam o CDC em diferentes momentos do tempo (*treated* e *not yet treated*) e como controle (*never treated*) municípios dos estados da Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte que fazem limite com os municípios tratados do Estado do Ceará.

A partir dessa amostra, estabelecemos como grupo de tratamento os municípios que foram contemplados pelo CDC e fazem limite com outro estado. Já para o grupo de controle usamos:

- Callaway e Sant’Anna (2021) e Sun e Abraham (2021) *never treated*: os municípios de PB, PE, PI e RN limítrofes aos municípios tratados do CE.
- Callaway e Sant’Anna (2021) *not yet treated*: os municípios de PB, PE, PI e RN limítrofes aos municípios tratados do CE e os municípios que ainda não foram tratados no período t , mas que foram tratados em $t+j$, $j \geq 1$. Isto é, este grupo de controle é dinâmico para cada t .

Com o grupo de tratamento e o grupo de controle bem definidos para o caso do CDC, agrupamos os municípios da amostra em 4 grupos de vizinhança a depender do Estado o qual são limítrofes. Dessa forma, temos as seguintes vizinhanças:

- Vizinhança 1: municípios do Piauí e os municípios tratados no Ceará que fazem limite com o Piauí;
- Vizinhança 2: municípios do Rio Grande do Norte e os municípios tratados no Ceará que fazem limite com o Rio Grande do Norte;
- Vizinhança 3: municípios do Pernambuco e os municípios tratados no Ceará que fazem limite com o Pernambuco;
- Vizinhança 4: municípios do Paraíba e os municípios tratados no Ceará que fazem limite com o Paraíba.

Essas vizinhanças serão utilizadas como efeito fixo iterado ao município e, em algumas especificações, os erros serão clusterizados no nível da vizinhança de modo a permitir correlação entre as observações intracluster.

Por fim, vale destacar que a inferência em modelos de diferenças-em-diferenças poderia estar comprometida se tivermos mais de um período pré e/ou pós-tratamento, conforme apontam Bertrand, Duflo e Mullainathan (2004). Nestes casos, poderia haver correlação serial e espacial dos erros de modo a estimarmos erroneamente erros padrão elevados

que, conseqüentemente, levaríamos a rejeitar a significância estatística dos parâmetros interesse, quando de fato deveríamos aceitá-la (*over rejection*). Com isso, os autores propõem algumas soluções:

1. *Block bootstrap*: calcula erros padrão consistentes quando o número de grupos é suficientemente grande.
2. *Cluster*: permite assumir alguma autocorreção ao calcular os erros padrão quando o número de grupos é suficientemente grande.
3. Agregar as observações na dimensão tempo (pré e pós-tratamento): produz erros padrão consistentes mesmo com número de grupos pequeno, mas o poder do teste cai rapidamente.

Apesar dessas soluções funcionarem bem quando há muitos tratados e muitos controles, preferimos averiguar como a nossa inferência seria afetada com alguma dessas correções. Ao optar pela solução 2, quando usamos *cluster* no nível do município, assumimos que pode haver correlação serial dentro do município, mas que não há correlação espacial entre municípios. Quando aplicamos *cluster* no nível dos vizinhos, assumimos que pode haver correlação serial entre todos os municípios da vizinhança, mas que não há correlação espacial entre municípios de vizinhanças distintas.

Por isso, nesse trabalho serão utilizados quatro tipos de agrupamentos definida conforme as quatro definições de vizinhança apresentadas acima.

III.4 BASE DE DADOS

Com o intuito de aplicar a estratégia empírica de *staggered DID* ao caso do programa CDC, utilizamos informações de diversas fontes para montar uma base de dados no formato painel que permita acompanhar os municípios antes e depois do CDC.

A principal fonte de dados é a ETICE, por onde obtivemos as informações acerca dos municípios contemplados pelo CDC entre 2011 e 2021. A variável de tratamento deste estudo é uma função indicadora, sendo igual a 1 se o município recebeu tratamento em determinado ano, ou igual a zero se o município não recebeu tratamento em determinado ano.

A segunda fonte de informações utilizada é o Censo Escolar, divulgado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Com os Censos Escolares de 2007 a 2021, coletamos informações sobre o número de escolas com acesso à internet, o número total de escolas e o indicador de distorção idade-série. A partir das duas primeiras variáveis, construímos uma terceira variável para medir o percentual de escolas com acesso à internet, sendo igual ao número de escolas com acesso à internet dividido pelo número total de escolas. Ademais, também coletamos as informações de matrículas na rede municipal de ensino para o período de 1997 a 2018. Por fim, também selecionamos a taxa de abandono escolar, taxa de aprovação e taxa de reprovação (tanto do ensino fundamental como do ensino médio) de 2007 a 2018⁸.

⁸ Devido à mudança no método de divulgação dos microdados oriundos do INEP, não tínhamos tempo hábil para solicitar as informações ao INEP pela Lei de Acesso à Informação de modo a preencher a mesma janela temporal para todas as variáveis utilizadas neste estudo.

Uma outra fonte de dados consultada foi a Prova Brasil entre 2007 e 2017, a qual recuperamos as notas de provas de português e matemática dos alunos do 5º ano e 9º ano do ensino fundamental.

Os dados sobre a velocidade da internet e o acesso à fibra óptica foram obtidos pelo Serviço de Comunicação Multimídia (SCM) da Anatel, compreendendo os anos de 2007 e 2021⁹. As informações de velocidade de internet foram utilizadas como faixas de velocidade da internet, conforme descrição a seguir:

- (i) Faixa 1: de 0 a 512 Kbps;
- (ii) Faixa 2: de 512 Kbps a 2 Mbps;
- (iii) Faixa 3: de 2 Mbps a 34 Mbps;
- (iv) Faixa 4: acima de 34 Mbps.

A partir dessas faixas de velocidade de internet, se atribuem valores iguais a 1, 2, 3 e 4, respectivamente, de modo a trabalhar com essa variável como numérica ao invés de categórica como uma medida de velocidade de internet no município.

Os dados de acesso à fibra, por sua vez, foram construídos como função indicadora, assumindo valor igual a 1, se o município tivesse acesso à fibra óptica em determinado ano, ou valor igual a 0, caso contrário.

As informações relacionadas ao mercado de trabalho foram obtidas pela Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) para os anos de 2000 a 2020. O número de estabelecimentos e o número de trabalhadores referem-se à RAIS - Estabelecimentos, enquanto as informações de gênero, grau de escolaridade, idade e remuneração média nominal são relativas à RAIS - Indivíduos.

A partir dessas variáveis originais da RAIS, construímos algumas outras, a saber:

- Percentual de trabalhadores homens: é igual ao número de trabalhadores homens dividido pelo número total de trabalhadores;
- Faixa de escolaridade:
 - (i) Faixa 1: analfabeto;
 - (ii) Faixa 2: fundamental incompleto completo;
 - (iii) Faixa 3: ensino médio incompleto e completo;
 - (iv) Faixa 4: acima do ensino médio.
- Faixa de idade:
 - (i) Faixa 1: até 20 anos;
 - (ii) Faixa 2: de 20 a 30 anos;
 - (iii) Faixa 3: de 30 a 40 anos;
 - (iv) Faixa 4: de 40 a 50 anos;
 - (v) Faixa 5: acima de 50 anos.
- Faixa de renda:
 - (i) Faixa 1: até R\$1.000;
 - (ii) Faixa 2: de R\$1.000 a R\$2.000;
 - (iii) Faixa 3: de R\$2.000 a R\$5.000;
 - (iv) Faixa 4: de R\$5.000 a R\$10.000;
 - (v) Faixa 5: acima de R\$10.000.

⁹ Agradecimento ao Leonardo Tostes e Eduardo Amaral da Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura (SDI) que nos disponibilizaram estas informações.

- Número de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de escolaridade: é a soma de trabalhadores classificados nessas duas faixas de escolaridade;
- Percentual de trabalhadores na faixa 1 de escolaridade: é o número de trabalhadores classificados na faixa 1 de escolaridade dividido pelo número total de trabalhadores;
- Percentual de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de escolaridade: é o número de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de escolaridade dividido pelo número total de trabalhadores;
- Número de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de renda: é a soma de trabalhadores classificados nessas duas faixas de renda;
- Percentual de trabalhadores na faixa 1 de renda: é o número de trabalhadores classificados na faixa 1 de renda dividido pelo número total de trabalhadores;
- Percentual de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de renda: é o número de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de renda dividido pelo número total de trabalhadores;
- Número de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de idade: é a soma de trabalhadores classificados nessas duas faixas de idade;
- Percentual de trabalhadores na faixa 1 de idade: é o número de trabalhadores classificados na faixa 1 de idade dividido pelo número total de trabalhadores;
- Percentual de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de idade: é o número de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de idade dividido pelo número total de trabalhadores.

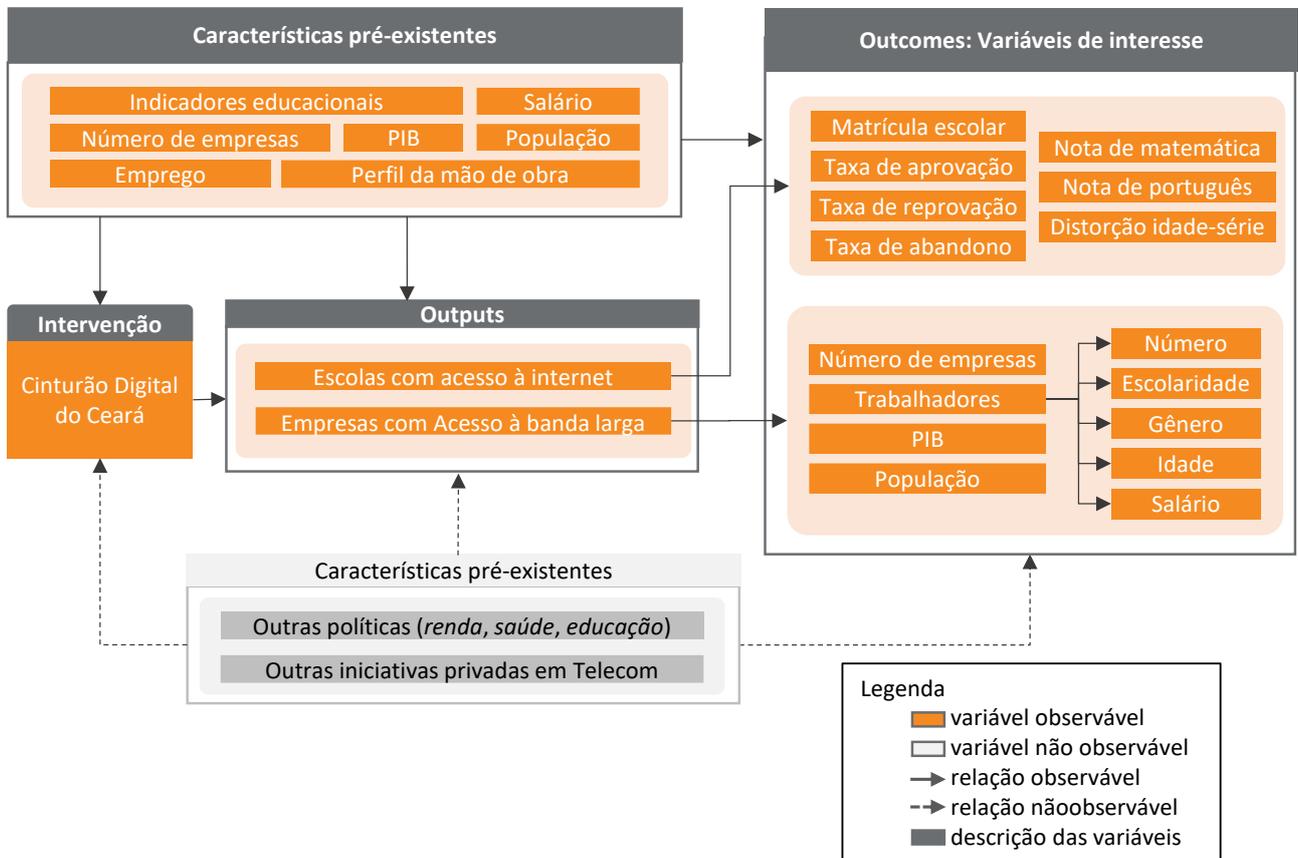
Por fim, também utilizamos a população de 2000 a 2019 e o Produto Interno Bruto (PIB) de 2002 a 2019 como covariadas, sendo que ambas as variáveis foram divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados, períodos e fontes estão sintetizadas na tabela 1 a seguir:

TABELA 1 – SÍNTESE DAS VARIÁVEIS ORIGINAIS

Variáveis	Período	Fonte
Intervenção/tratamento	2011-2021	Etice
Número de escolas com acesso à internet	2007-2021	Censo Escolar - INEP
Número total de escolas	2007-2021	Censo Escolar - INEP
Número de matrículas – rede municipal	1997-2018	Censo Escolar - INEP
Taxa de abandono – ensino fundamental e ensino médio	2007-2018	Censo Escolar - INEP
Taxa de aprovação – ensino fundamental e ensino médio	2007-2018	Censo Escolar - INEP
Taxa de reprovação – ensino fundamental e ensino médio	2007-2018	Censo Escolar - INEP
Nota de português – 5º e 9º ano	2007-2017	Prova Brasil
Nota de matemática – 5º e 9º ano	2007-2017	Prova Brasil
Indicador de distorção idade-série	2007-2021	Censo Escolar - INEP
Velocidade de internet	2007-2021	SCM
Binária de acesso à fibra	2007-2021	SCM
Número de estabelecimentos	2000-2020	RAIS estabelecimentos
Número de trabalhadores	2000-2020	RAIS estabelecimentos
Gênero dos trabalhadores	2000-2020	RAIS vínculos
Grau de escolaridade dos trabalhadores	2000-2020	RAIS vínculos
Idade	2000-2020	RAIS vínculos
Renda média nominal	2000-2020	RAIS vínculos
PIB	2002-2019	IBGE
População	2000-2019	IBGE

Nota Tabela 1: elaboração própria.

FIGURA 1 - GRAFO ACÍCLICO DIRIGIDO (DAG – DIRECTED ACYCLIC GRAPH) PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CINTURÃO DIGITAL DO CEARÁ



Fonte: elaboração própria.

A Figura 1 apresenta o Grafo Acíclico Dirigido (DAG) que visa mapear o canal causal entre o CDC nas suas duas políticas de acesso digital (escolas com acesso à internet e empresas com acesso à banda larga) e as variáveis de interesse, tendo em vista a estratégia empírica adotada nesse estudo e as características observadas e não observadas dos municípios que podem afetar as variáveis de interesse (selecionadas com base na literatura existente).

A DAG informa que, conforme a literatura existente (BAHIA et al., 2021; YONAZI et al., 2012), a política de implantação de internet nas escolas do CDC pode afetar as variáveis de interesse tais como matrícula escolar, taxa de aprovação, reprovação e abandono escolar, as notas de matemática de português, e distorção idade-série. Ainda, a literatura existente (CUMMING e JOHAN, 2008; CUMMING e JOHAN, 2017) também indica que a política de oferecer estrutura de acesso à banda larga às empresas pode afetar variáveis de interesse como número de empresas e o perfil e número de trabalhadores das empresas (escolaridade, gênero, idade e salário), PIB e os níveis populacionais. A literatura relacionada (MASAKI, GRANGUILLHOME OCHOA E RODRÍGUEZ-CASTELÁN, 2020; HJORT E POULSEN 2019; RODRIGUEZ-CASTELÁN et al., 2021), porém, também aponta que características observáveis pré-existentes dos municípios, tais como os seus indicadores educacionais, população, PIB, número de empresas e o perfil e número de trabalhadores das empresas (escolaridade, gênero, idade e salário) também afetam a dinâmica das variáveis de interesse. Tal literatura também indica que características não observáveis também podem afetar as variáveis de interesse (MASAKI, GRANGUILLHOME OCHOA E RODRÍGUEZ-CASTELÁN, 2020; HJORT E POULSEN, 2019; CUMMING e

JOHAN, 2008; CUMMING e JOHAN, 2017; BAHIA et al., 2021; YONAZI et al., 2012), entre elas outras políticas públicas no estado do Ceará que visam melhor renda, saúde e educação, e outras iniciativas privadas de Telecom que visam melhorar para as empresas o acesso à internet de alta velocidade.

As relações e canais, descritas na DAG da Figura 1, impõem a priori um desafio para estimação do efeito causal do programa CDC sobre as variáveis de interesse, uma vez que existem efeitos potencialmente confundidores observáveis e não-observáveis (*bancador path*). Para obter estimadores de efeito causal do programa MCMV sobre as variáveis de interesse, emprega-se o método de diferenças-em-diferenças com a análise de tendência paralela prévia. A análise de tendência paralela prévia garante que os municípios tratados e controles sejam semelhantes nos observáveis antes da implantação do programa. Isso irá assegurar que qualquer diferença que venha a existir entre tratados e controles no período após o programa CDC não será fruto de diferenças pré-existentes entre municípios que receberam ou não o programa CDC. O método de diferenças-em-diferenças irá garantir que, mesmo existindo diferenças não observáveis entre municípios tratados e controles, o estimador de efeito causal do programa CDC sobre as variáveis de interesse proposto nesse estudo é um estimador não viesado.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

IV.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

A fim de ilustrar o painel detalhado na seção anterior, apresentaremos a seguir algumas tabelas com análises descritivas dos dados.

Na primeira tabela descritiva, tabela 2, nosso intuito é mostrar a relação entre a implementação do CDC nos municípios e o acesso à fibra óptica nos mesmos. Neste caso, temos o número de observações em cada grupo de municípios no último ano analisado (2021) e o percentual médio de acesso à fibra entre 2007 e 2021.

TABELA 2 – ANÁLISE DESCRITIVA DOS MUNICÍPIOS COM ACESSO À FIBRA ÓPTICA

Municípios	Observações	Acesso à fibra
Todos os municípios do Ceará	184	66,2%
Todos os municípios tratados	93	70,9%
Todos os municípios de controle (<i>never treated</i>)	91	61,3%
Todos os municípios da amostra	74	65,4%
Todos os municípios tratados da amostra	24	67,6%
Todos os municípios de controle da amostra (<i>never treated</i>)	50	32,4%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da ANATEL-SCM.

Nota: o número de observações refere-se ao último ano da amostra, enquanto o acesso à fibra é o percentual médio do grupo de municípios que tiveram acesso à fibra ao longo dos anos da amostra (2007 a 2021).

Com isso, os municípios que fazem parte do grupo de tratamento receberam tratamento ao longo de 7,9 anos, em média.

Como muitos municípios têm acesso à fibra mesmo pertencendo ao grupo de controle, elaboramos a tabela 3 com o intuito de analisar a relação entre a implementação do CDC e variáveis de acesso à fibra óptica e velocidade de internet nos municípios do grupo de

tratamento. Como é possível verificar, muitos municípios tinham acesso à fibra antes do CDC e muitos municípios não observaram mudanças de faixa de velocidade após a implementação do CDC.

TABELA 3 – ANÁLISE DESCRITIVA DOS MUNICÍPIOS TRATADOS DA AMOSTRA EM RELAÇÃO AO ACESSO À FIBRA ÓPTICA E À IMPLEMENTAÇÃO DO CDC

Municípios tratados	Ano Fibra	Ano CDC	Velocidade antes CDC	Velocidade depois CDC
Aracati	2007*	2011	> 34 Mbps	> 34 Mbps
Araripe	2013	2016	2 Mbps - 34 Mbps	> 34 Mbps
Barbalha	2010	2011	> 34 Mbps	> 34 Mbps
Barro	2012	2011	2 Mbps - 34 Mbps	2 Mbps - 34 Mbps
Brejo Santo	2010	2015	> 34 Mbps	> 34 Mbps
Campos Sales	2012	2016	2 Mbps - 34 Mbps	> 34 Mbps
Chaval	2013	2019	> 34 Mbps	> 34 Mbps
Crateús	2011	2011	> 34 Mbps	> 34 Mbps
Crato	2010	2011	> 34 Mbps	> 34 Mbps
Granja	2007*	2011	2 Mbps - 34 Mbps	2 Mbps - 34 Mbps
Ibiapina	2013	2011	2 Mbps - 34 Mbps	2 Mbps - 34 Mbps
Icapuí	2013	2018	> 34 Mbps	> 34 Mbps
Icó	2012	2018	> 34 Mbps	> 34 Mbps
Ipaumirim	2013	2019	> 34 Mbps	> 34 Mbps
Jaguaruana	2012	2017	2 Mbps - 34 Mbps	> 34 Mbps
Jati	2013	2015	2 Mbps - 34 Mbps	2 Mbps - 34 Mbps
Limoeiro do Norte	2007*	2011	> 34 Mbps	> 34 Mbps
Parambu	2013	2013	2 Mbps - 34 Mbps	2 Mbps - 34 Mbps
Penaforte	2013	2015	2 Mbps - 34 Mbps	2 Mbps - 34 Mbps
São Benedito	2012	2018	> 34 Mbps	> 34 Mbps
Tabuleiro do Norte	2013	2018	> 34 Mbps	> 34 Mbps
Tianguá	2010	2011	> 34 Mbps	> 34 Mbps
Ubajara	2013	2011	2 Mbps - 34 Mbps	2 Mbps - 34 Mbps
Viçosa do Ceará	2013	2011	2 Mbps - 34 Mbps	2 Mbps - 34 Mbps

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da ANATEL-SCM e ETICE.

Nota: os valores 2007* referem-se ao primeiro ano da amostra, não necessariamente indica o ano que esses municípios tiveram acesso à fibra óptica.

Ainda sobre a análise descritiva das variáveis, seguem informações sobre média e desvio padrão das variáveis utilizadas no modelo:

TABELA 4 – ANÁLISE DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS

Variáveis Amostra \	Controle (CDC=0) Never treated		Controle (CDC=0) Not yet treated		Tratamento (CDC=1) Antes do tratamento		Tratamento (CDC=1) Depois do tratamento	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Acesso à fibra óptica	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	1	0,2
Faixa de velocidade de internet	3,2	0,8	3,1	0,8	3,1	0,7	3,8	0,4
Número de matrículas por população	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,0
Número de escolas com acesso à internet	13,4	24,2	13,5	22,4	14	11,5	35,7	23,8

Variáveis Amostra \	Controle (CDC=0) Never treated		Controle (CDC=0) Not yet treated		Tratamento (CDC=1) Antes do tratamento		Tratamento (CDC=1) Depois do tratamento	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Percentual de escolas com acesso à internet	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,5	0,2
Taxa de abandono escolar - Ensino Fundamental	5	3,2	4,6	3,1	3,1	2	1,4	0,9
Taxa de abandono escolar - Ensino Médio	13,3	8	12,4	7,5	9	4,2	6,9	3
Taxa de aprovação escolar - Ensino Fundamental	81,9	7,9	83,1	7,8	87,3	6,0	93,7	3,2
Taxa de aprovação escolar - Ensino Médio	79,3	9,8	80,6	9,4	84,9	6,4	87,9	4,4
Taxa de reprovação escolar - Ensino Fundamental	13,1	6,0	12,3	5,9	9,6	5,0	4,9	2,7
Taxa de reprovação escolar - Ensino Médio	7,3	5,1	7,1	4,9	6,1	4,0	5,2	2,6
Nota de português - 5º ano	173,8	19,7	174,4	19,8	176,5	20,0	203,5	20,2
Nota de português - 9º ano	231,4	19,0	231,2	18,8	230,6	18,1	247,0	16,0
Nota de matemática - 5º ano	187,7	18,7	188,6	19,2	191,8	20,8	215,9	24,0
Nota de matemática - 9º ano	236,8	19,3	236,8	19,3	237,1	19,3	250,2	19,3
Distorção idade-série – ensino fundamental	29,0	10,5	28,2	10,2	24,9	7,9	14,1	6,4
Distorção idade-série – ensino médio	42,1	14,0	40,6	13,7	34,0	9,6	24,9	7,4
Número de trabalhadores	2.881,2	10.834,1	2.983	9.586,6	3.299,4	3.570,5	6.813,6	6.425,5
Número de estabelecimentos	457,1	1.203,4	530,3	1.094,8	757,5	597,6	1.078,5	823,3
Número de trabalhadores homens	1.293,9	6.259,6	1.190,8	5.500,4	870,5	1.554,1	3.705,7	3.678

Variáveis \ Amostra	Controle (CDC=0) Never treated		Controle (CDC=0) Not yet treated		Tratamento (CDC=1) Antes do tratamento		Tratamento (CDC=1) Depois do tratamento	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Percentual de trabalhadores homens ¹⁰	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,5	0,1
Percentual de trabalhadores faixa 1 educação	0	0	0	0	0	0,1	0	0
Percentual de trabalhadores faixas 1 e 2 educação	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,1
Número de trabalhadores faixas 1 e 2 educação	1.028,4	3.673,5	1.113,1	3.281	1.376,1	1.486,4	1.564	1.444,8
Percentual de trabalhadores faixa 1 renda	0,7	0,3	0,7	0,3	0,8	0,2	0,5	0,2
Percentual de trabalhadores faixas 1 e 2 renda	0,9	0,1	0,9	0,1	0,9	0,1	0,8	0,1
Número de trabalhadores faixas 1 e 2 renda	2.476	9.012,1	2.625,3	8.020,5	3.089,1	3.415,4	5.728,8	5.520,2
Percentual de trabalhadores faixa 1 idade	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual de trabalhadores faixas 1 e 2 idade	0,3	0,1	0,3	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1
Número de trabalhadores faixas 1 e 2 idade	1.128,3	4.650,2	1.180,7	4.127,8	1.343,4	1.667,1	2.567	2.648,2
População	21.801,2	37.119,8	25.567,3	34.823	36.709,7	23.659,9	50.135,5	29.035,3
Logaritmo população	9,4	1,0	9,6	1,0	10,3	0,7	10,6	0,7
PIB	203.895,6	678.450,7	196.425,3	594.697,7	173.241,5	149.930,6	529.153,7	395.686,8
Logaritmo PIB	11,1	1,3	11,2	1,2	11,7	0,9	12,9	0,8

Fonte: Elaboração própria.

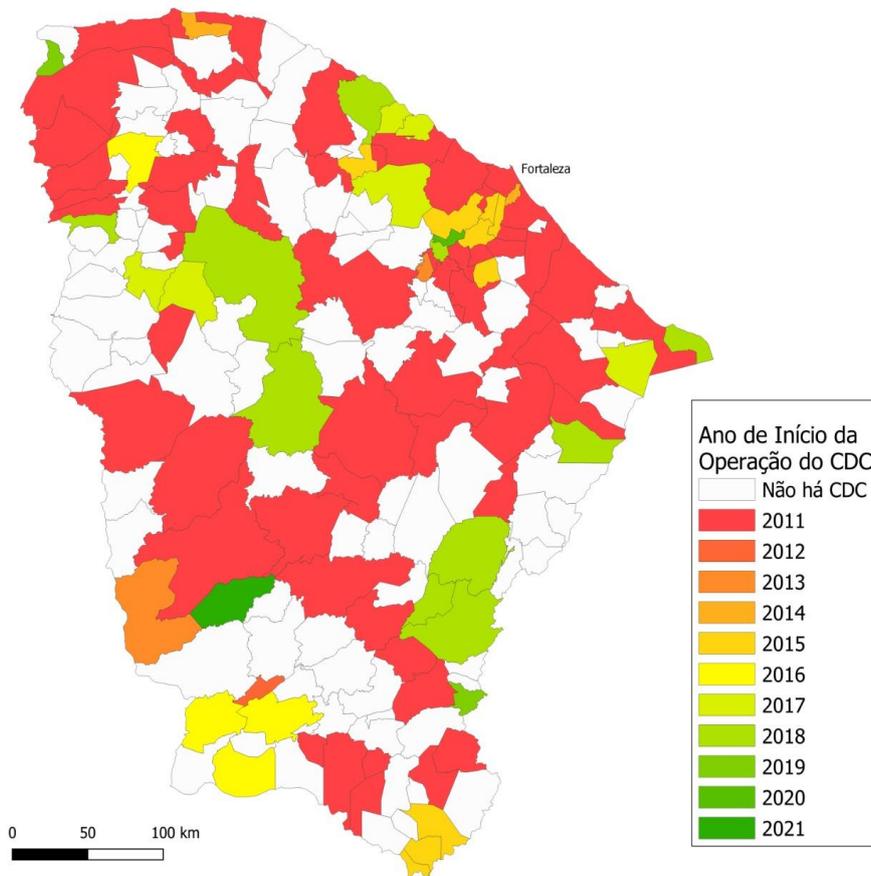
Nota: As notas das provas de português e matemática não são padronizadas de 0 a 100. Na Prova Brasil, as notas de português - 5º ano variam de 0 a 350 pontos, e as notas de português - 9º ano variam de 200 a 400 pontos. As notas de matemática - 5º ano variam de 125 a 350 pontos, e as notas de matemática - 9º ano

¹⁰ O percentual de trabalhadores mulheres é igual 1(um) menos o percentual de trabalhadores homens. Em virtude disso, analisa-se apenas os efeitos sobre o percentual de trabalhadores homens, uma vez que os efeitos estimados para o percentual de trabalhadores mulheres será sinal oposto ao estimado para o percentual de trabalhadores homens.

variam de 200 a 425 pontos, conforme metodologia estabelecida pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep).

Outra informação descritiva relevante para a aplicação dos métodos de estimação do modelo *staggered DID* é saber como esses municípios estão espalhados no Ceará, tanto os que foram contemplados pelo CDC como aqueles que não receberam a infraestrutura, como mostra a figura 2. Portanto, não parece haver uma seleção dos municípios tratados, tampouco seleção em relação ao momento em que foram tratados.

FIGURA 2 – IMPLEMENTAÇÃO DO CDC AO LONGO DO TEMPO

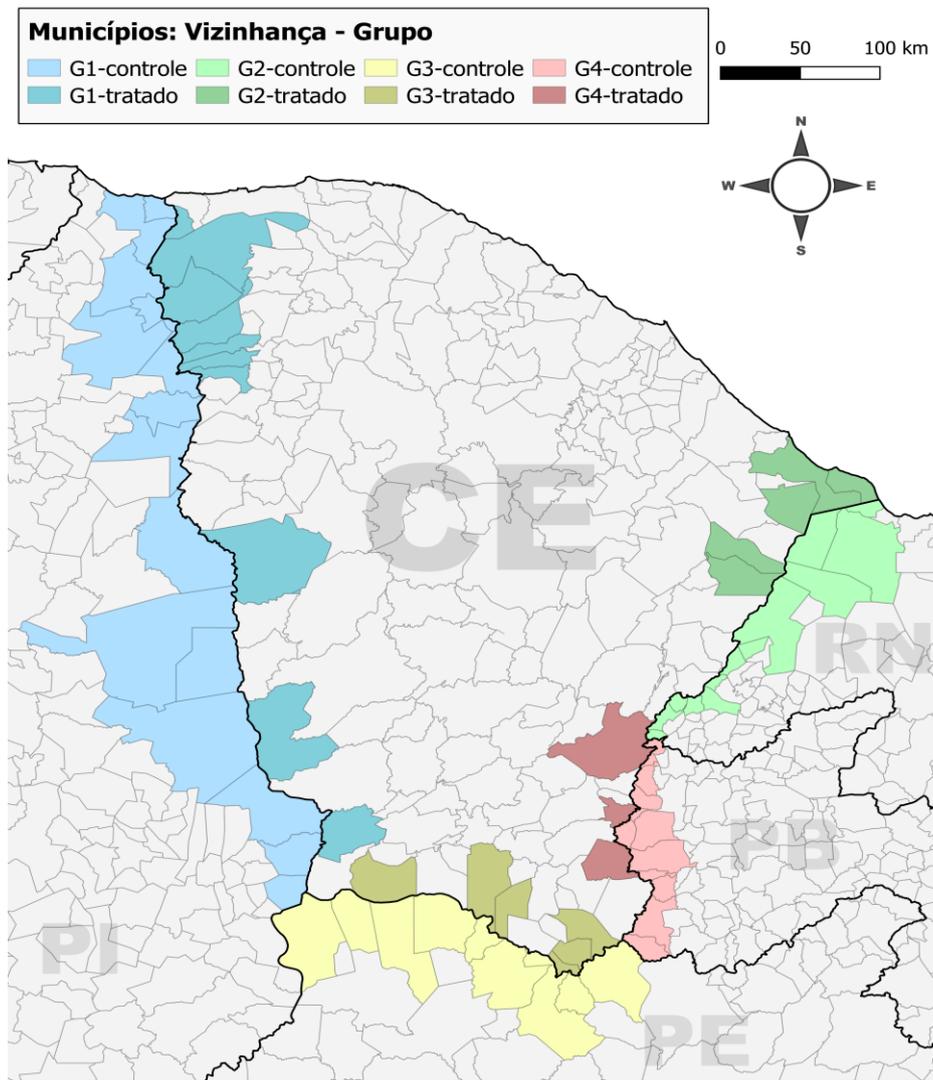


Fonte: ETICE. Nota: os municípios que receberam o CDC estão coloridos no mapa. Os municípios em branco não receberam CDC em nenhum momento do tempo.

Podemos observar que todas as regiões do Estado foram contempladas pelo CDC e que não houve uma priorização temporal para alguma região específica, corroborando com a estratégia empírica escolhida para estimação do efeito causal do tratamento.

Ademais, a fim de evitar possíveis *spillovers* entre os municípios do Ceará, escolhemos como grupo de tratamento apenas os municípios que receberam o CDC e que fazem limite com outro Estado, enquanto o grupo de controle é formado por todos os municípios que fazem limite com o Ceará, mas estão localizados em outros Estados. Os grupos de tratamento e de controle estão ilustrados na figura 3.

FIGURA 3 – GRUPO DE TRATAMENTO X GRUPO DE CONTROLE



Fonte: ETICE. Nota: Os municípios da amostra foram classificados em 4 grupos distintos de vizinhança a depender do Estado o qual são limítrofes.

Podemos notar que em todos os grupos de vizinhanças há municípios tratados e municípios de controle, portanto, temos a variação necessária para estimar os modelos descritos na seção anterior.

IV.2 RESULTADOS PRINCIPAIS

A partir do modelo definido na seção I, estimamos algumas variações de especificações por meio dos dois métodos escolhidos Callaway e Sant’Anna (2021) e Sun e Abraham (2021). Os principais resultados serão apresentados nas Tabelas A1 a A32 no apêndice e na Tabela 5 na seção de “Discussão”.

Os modelos de (1) a (8) foram estimados considerando o método proposto por Callaway e Sant’Anna, enquanto os modelos de (9) a (12) seguiram o método de Sun e Abraham (2021). Para comparação, os modelos de (1) a (4) e os modelos de (9) a (12) utilizam o

mesmo grupo de controle, isto é, municípios *never treated*, enquanto os modelos de (5) a (8) usam os municípios *not yet treated* como controle¹¹.

Ademais, os modelos pares controlam por covariadas, a saber: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Por fim, para cada combinação de especificação, alternamos a clusterização entre nível município e nível vizinhança a fim de apresentar mais evidências para corroborar a robustez dos modelos.

De acordo com os resultados apresentados, no geral, encontramos efeito robusto sobre o número de escolas com acesso à internet, e resultados que sugerem algum aumento do percentual de escolas com acesso à internet. No que diz respeito aos impactos nos indicadores de desempenho escolar, na seção anterior mostrou-se que nos municípios beneficiados pelo programa Cinturão Digital do Ceará os alunos do 5º ano tiveram um aumento significativo das notas de português e matemática da Prova Brasil. Ainda, os resultados também indicam alguma redução nas taxas de reprovação no ensino fundamental e médio, apesar dos resultados serem menos robustos quando comparados com os resultados das provas de português e matemática da Prova Brasil. Entretanto, não se verificou efeito estimado robusto para outros indicadores de desempenho escolar, tais como as taxas de aprovação (ensino médio e fundamental), taxas de abandono (ensino médio e fundamental), os indicadores de distorção idade-série (ensino médio e fundamental) e número de matrículas (normalizado pela população).

Contudo, os efeitos estimados para as demais variáveis (número de estabelecimentos, trabalhadores e o perfil dos trabalhadores nas empresas dos municípios que receberam o programa CDC) e para o PIB municipal (valores nominais a preços constantes ou no seu logaritmo) não são estatisticamente significativos e robustos, inclusive para os indicadores de acesso à fibra óptica e velocidade de internet.

Embora fosse esperado que a implementação do CDC gerasse algum efeito sobre indicadores relacionados à fibra e banda larga, o número expressivo de municípios do grupo de tratamento e do grupo de controle em que já havia fibra óptica independentemente do Programa pode explicar a ausência do efeito nos modelos estimados.

IV.3 DISCUSSÃO

Nessa seção serão discutidos os resultados obtidos e a magnitude dos impactos estimados do programa Cinturão Digital do Ceará para os indicadores descritos. Vale destacar que análise de magnitude será realizada apenas para os indicadores cujos efeitos se mostraram estatisticamente significantes de forma consistente ao longo de todas as estimações realizadas.

Para analisar os resultados obtidos, vale a pena lembrar que o objetivo do programa “(...) é viabilizar o acesso à internet de alta qualidade a todos os órgãos públicos do Estado e possibilitar que a população tenha acesso a serviços digitais como internet,

¹¹ No apêndice são apresentadas as Figuras A1 a A11 com as estimações dos efeitos do programa CDC na forma de estudo para avaliação de tendência paralela prévia entre tratados e controles baseados. Tais resultados foram obtidos através do Modelo (8) de Callaway e Sant’Anna (2021) com controle *not yet treated*, covariadas de controle e erro padrão clusterizado no nível da vizinhança.

videoconferência, TV Digital, telefonia celular etc., constituindo-se em ferramenta indispensável ao desenvolvimento econômico do Estado” (ETICE, 2022).

No que tange ao seu primeiro objetivo, os resultados apresentados na seção anterior mostram que muitos municípios já possuíam acesso à fibra óptica antes do CDC e muitos municípios não observaram mudanças de faixa de velocidade após a implementação do CDC. Adicionalmente, as estimações do efeito causal do programa CDC sobre o acesso à fibra óptica e a velocidade de internet dos municípios mostram que o programa não parece ter afetado o acesso à fibra e a velocidade de internet dos municípios. Tais resultados indicam que o programa CDC teve impacto limitado sobre internet de alta velocidade com qualidade para a população urbana do Estado do Ceará, que é o primeiro objetivo do programa.

Foi investigado também se o programa gerou impacto no número de estabelecimentos, trabalhadores, o perfil dos trabalhadores nas empresas e no PIB dos municípios que receberam o programa CDC. A ideia é que um acesso à internet mais rápida pode permitir uma melhora da tecnologia das empresas, o que poderia aumentar a produtividade, crescimento e afetar a demanda por trabalhadores com diferente perfil dos trabalhadores existentes. Os resultados mostram que os efeitos estimados para tais variáveis não são estatisticamente significativos. Tal resultado é consistente com o resultado anterior que indica que o programa não teve efeito sobre acesso à internet rápida, portanto não permitiu uma melhora a tecnologia das empresas e, portanto, não teve impacto sobre o crescimento das empresas e dos municípios, tampouco no perfil dos trabalhadores.

No que tange ao segundo objetivo do CDC, que é viabilizar o acesso à internet de alta qualidade a todos os órgãos públicos do Estado do Ceará, foi estimado o impacto do programa sobre o número de escolas com acesso à internet e sobre percentual de escolas com acesso à internet. Os resultados apresentados na seção anterior mostram que o programa aumentou de forma robusta o número de escolas com acesso à internet. Os resultados também indicam algum aumento do percentual de escolas com acesso à internet¹². No que diz respeito aos impactos nos indicadores de desempenho escolar, na seção anterior mostrou-se que nos municípios beneficiados pelo programa Cinturão Digital do Ceará os alunos do 5º ano tiveram um aumento significativo das notas de português e matemática da Prova Brasil. Ainda, os resultados também indicam alguma redução nas taxas de reprovação no ensino fundamental e médio, apesar dos resultados serem menos robustos, quando comparados com os resultados das provas de português e matemática da Prova Brasil.

¹² Os dados sobre o número de escolas com acesso à internet e o percentual de escolas com acesso à internet são os únicos que estão disponíveis no formato em painel para estimar o impacto do programa sobre o acesso à internet de alta qualidade aos órgãos públicos do Estado do Ceará.

TABELA 5 – MAGNITUDE DOS EFEITOS ESTIMADOS DO PROGRAMA CINTURÃO DIGITAL DO CEARÁ

Panel A - Magnitude dos Efeitos para o Menor Efeito Estimado				
	(1)	(2)	(3)	(4)
	Média Anual Tratamento Pré-Tratamento	Efeito Estimado Total Anos Tratados	Magnitude Total em relação à média anual tratamento pré-tratamento: Módulo (2)/(1)	Magnitude Por Ano Tratado em relação a média anual tratamento pré-tratamento: (3)/7,9anos
Número de escolas com acesso à internet	14,00	11,17	80%	10,1%
Percentual de escolas com acesso à internet	0,30	0,14	47%	5,9%
Nota de Português - 5o ano	176,50	8,11	5%	0,6%
Nota de Matemática - 5o ano	191,80	8,79	5%	0,6%
Taxa de Reprovação Ensino Fundamental	9,60	-1,08	11%	1,4%
Taxa de Reprovação Ensino Médio	6,10	-2,02	33%	4,2%
Panel B - Magnitude dos Efeitos para o Maior Efeito Estimado				
	(1)	(2)	(3)	(4)
	Média Anual Tratamento Pré-Tratamento	Efeito Estimado Total Anos Tratados	Magnitude Total em relação à média anual tratamento pré-tratamento: Módulo (2)/(1)	Magnitude Por Ano Tratado em relação a média anual tratamento pré-tratamento: (3)/7,9anos
Número de escolas com acesso à internet	14,00	19,18	137%	17,3%
Percentual de escolas com acesso à internet	0,30	0,19	63%	8,0%
Nota de Português - 5o ano	176,50	19,41	11%	1,4%
Nota de Matemática - 5o ano	191,80	20,00	10%	1,3%
Taxa de Reprovação Ensino Fundamental	9,60	-5,89	61%	7,8%
Taxa de Reprovação Ensino Médio	6,10	-3,62	59%	7,5%

A Tabela 5 apresenta uma análise da magnitude dos efeitos estimados do CDC sobre o número de escolas com acesso à internet, sobre percentual de escolas com acesso à internet, sobre as notas de português e matemática da Prova Brasil, e sobre as taxas de reprovação no ensino fundamental e médio. A Tabela 5 está dividida em dois painéis. No Painel A e B, respectivamente, encontram-se as análises de magnitude para o menor e o maior efeito estimado do CDC sobre as variáveis analisadas e descritas acima que se mostraram estatisticamente significantes nas Tabelas A1 a A15 do apêndice. Em cada painel, a coluna 1 apresenta a média anual de tais variáveis para os municípios tratados antes de receberem o tratamento, isto é, a média anual dos tratados no pré-tratamento. A coluna 2 apresenta os coeficientes estimados para as variáveis analisadas, efeito estimado, os quais foram inicialmente reportados nas Tabelas A1 a A15 do apêndice. Vale notar que na coluna 2 são apresentados os menores e maiores efeitos estimados que se mostraram estatisticamente significantes. A coluna 3 apresenta a magnitude dos efeitos estimados que é medida pela razão entre o módulo do efeito estimado (coluna 2) e a média anual tratamento no pré-tratamento (coluna 1). A magnitude dos efeitos estimados apresentados na coluna 3 informa o percentual de aumento/redução da variável analisada que é causada pelo CDC em relação ao período anterior implantação do CDC. A coluna 4 apresenta a magnitude dos efeitos estimados por ano tratado para as variáveis, que é calculado dividindo-se a coluna 3 por 7,9 ano (que corresponde ao número de anos, em média, que um município se beneficiou do programa CDC).

Os resultados da Tabela 5 revelam que as magnitudes dos efeitos estimados são relevantes e expressivas nos indicadores de escolas com acesso à internet. Por exemplo, a implantação do CDC faz com que, em média, ocorra uma elevação entre 80% e 137% do número de escolas com acesso à internet, o que corresponde em média a uma elevação entre 10% e 17% do número de escolas por ano. Ainda, o CDC provocou uma elevação entre 47% e 63% na proporção de escolas com acesso à internet, que corresponde em média a um aumento entre 6% e 8% ao ano na proporção de escolas com acesso à internet por ano.

No que diz respeito aos indicadores de desempenho escolar, os resultados da Tabela 5 também indicam que as magnitudes dos efeitos estimados são relevantes e expressivas nas notas de português e matemática dos alunos do 5º ano da Prova Brasil, feito também observado sobre as taxas de reprovação no ensino fundamental e médio. Nos municípios beneficiados pelo programa CDC, os alunos do 5º ano tiveram um aumento de 5% a 11% das notas de português (entre 0,6% e 1,4% ao ano), e aumento de 5% a 10% das notas matemática da Prova Brasil (entre 0,6% e 1,3% ao ano). Ainda, nos municípios beneficiados pelo programa CDC, as taxas de reprovação no ensino fundamental reduziram entre 11% e 66% (1,4% e 7,8% ao ano), e as taxas de reprovação no ensino médio reduziram entre 33% e 59% (4,2% e 7,5% ao ano)¹³.

Vale destacar que na estimação do efeito do programa CDC, e usado para estimar as magnitudes da Tabela 5, a unidade de tratamento é o município. Portanto, avaliou-se o impacto da implantação do CDC no município e o seu efeito sobre o número de escolas com acesso à internet no município tratado. Como discutido acima, os resultados indicam que o CDC acarretou um aumento do número de escolas com acesso à internet, que, por

¹³ A maior disparidade na magnitude dos efeitos do CDC sobre as taxas de reprovação no ensino fundamental e médio reflete a menor robustez e maior instabilidades os efeitos estimados para tais taxas.

sua vez, provocou uma melhora dos indicadores educacionais. Contudo, é possível que algumas escolas nos municípios tratados não tenham recebido acesso à internet e, conseqüentemente, não tiveram uma melhora dos indicadores educacionais, o que tende a reduzir os impactos estimados do CDC. Isso indica que os efeitos do CDC sobre os indicadores educacionais poderiam ter sido ainda maiores, caso todas as escolas nos municípios tratados tivessem recebido acesso à internet. Portanto, pode-se concluir que os efeitos do CDC sobre os indicadores educacionais discutidos nessa seção possam estar sendo subestimados, e que poderiam a ter sido ainda maiores, caso todas as escolas nos municípios tratados tivessem passado a ter acesso à internet.

IV.4 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

Nesta seção será ressaltada a magnitude dos efeitos da implantação gradual e sequencial do programa CDC desde 2011 sobre as variáveis analisadas de forma aplicada. Tal seção tem como objetivo apresentar parâmetros que possam ser utilizados em análises de impacto *ex ante* de políticas similares que venham a ser desenvolvidas em outras localidades.

Conforme apontado na seção de “Discussão”, os números mostram de forma consistente uma possível aplicação direta dos diversos resultados deste trabalho para futuros estudos de melhoria de políticas públicas na área de educação. Os resultados sugerem uma recomendação de política de implantação de acesso digital em banda larga voltado a escolas e empresas.

Apesar da relevância a priori desse tipo de política, os resultados avaliados evidenciam que seu alcance pode ter limitações. Notadamente, não se verificou impacto na disponibilidade de internet de alta velocidade e no número de estabelecimentos, trabalhadores e no perfil dos trabalhadores nas empresas dos municípios que receberam o programa CDC. Entretanto, como impacto favorável, o programa apresenta resultados quanto ao desempenho escolar.

De acordo com a Tabela 5, foi verificado um aumento robusto do número de escolas com acesso à internet (em média a uma elevação entre 10% e 17% do número de escolas por ano), contribuindo para um aumento significativo e expressivo das notas de português e matemática da Prova Brasil entre os alunos do 5º ano (português entre 0,6% e 1,4% ao ano e aumento entre 0,6% e 1,3% das notas matemática, mantida base de comparação) e alguma redução nas taxas de reprovação no ensino fundamental (entre 1,4 % e 7,8% ao ano) e no ensino médio (4,2% e 7,5% ao ano).

Para concluir, vale destacar que os aspectos de validade externa do estudo não servem apenas para a avaliar o impacto do programa Cinturão Digital do Ceará (CDC), mas também podem servir como parâmetro em futuras avaliações de impacto *ex ante* da implantação de nova infraestrutura de acesso à internet de alta velocidade com qualidade para a população urbana de outros estados brasileiros. Em alguns casos, as iniciativas estaduais nesse sentido têm sido canalizadas através de contratos de Parceria Público-Privada (PPP). Nesses casos, a estruturação de novos contratos poderá levar em consideração os resultados da avaliação de impacto *ex ante* aqui apresentados, desde que haja similaridades entre o projeto de acesso à banda larga voltado a escolas e empresas e o CDC aqui avaliado.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi apresentar as técnicas de estimação de efeito causal que podem ser aplicadas nas avaliações de impacto *ex post* de projetos de infraestrutura no setor de Telecomunicações.

Como a grande maioria das infraestruturas de telecomunicações é concluída e entra em operação de forma gradual e sequencial (Cumming e Johan, 2007; Cumming e Johan, 2010; Jensen e Miller, 2018), o método mais adequado para estimação do efeito causal do programa é o método de diferenças em diferenças do tipo *staggered*. Os dois métodos mais comumente usados para a estimação do *Staggered DID* foram desenvolvidos por Callaway e Sant'Anna (2021); e Sun e Abraham (2021).

Para ilustrar a aplicação do método em projeto de infraestrutura no setor telecomunicações no Brasil, este estudo estimou o impacto do programa Cinturão Digital do Ceará (CDC), que é um importante projeto de infraestrutura do setor de Telecomunicações que teve implantação gradual e sequencial nos municípios do Ceará.

Através da aplicação de tais métodos, estimou-se o efeito da implantação do CDC sobre os indicadores de acesso à internet rápida nos municípios nas escolas públicas e sobre crescimento das empresas e sobre as suas demandas por diferentes perfis de trabalhadores. Os resultados indicam que o programa CDC não teve impacto sobre a disponibilidade de internet de alta velocidade nos municípios do Ceará, medida pela disponibilidade de acesso à fibra óptica e de internet com velocidade rápida.

Os resultados também indicam que o CDC não gerou impacto no número de estabelecimentos, trabalhadores e no perfil dos trabalhadores nas empresas dos municípios que receberam o programa CDC. Tais resultados podem ser explicados pelo fato de que muitos municípios que já possuíam acesso à fibra óptica antes do CDC e muitos municípios não observaram mudanças de faixa de velocidade após a implementação do CDC. Assim, este estudo pode ser comparado aos achados de Cumming e Johan (2010), os quais mostram efeitos diversos em regiões rurais e urbanas de uma intervenção estatal para aumento de conectividade da internet. Em contrapartida, estes resultados não seguiram o racional esperado demonstrado pelo estudo de Jensen e Miller (2018), cujo estudo mostrou efeitos de transbordamento de mercados e mudanças do perfil empresarial.

Por outro lado, os resultados estimados mostram que o programa aumentou de forma robusta o número absoluto de escolas com acesso à internet e um aumento na proporção de escolas com acesso à internet. No que diz respeito aos impactos nos indicadores de desempenho escolar, os resultados indicam que nos municípios beneficiados pelo programa Cinturão Digital do Ceará os alunos do 5º ano tiveram um aumento significativo e expressivo das notas de português e matemática da Prova Brasil, e alguma redução nas taxas de reprovação no ensino fundamental e médio, apesar dos resultados serem menos robustos e mais instáveis, quando comparados com os resultados nas provas de português e matemática. Estes resultados mostram, portanto, apesar de não ser possível avaliar a conectividade de todos os órgãos públicos, no caso da expansão da internet para as escolas, o acesso à internet do CDC gerou efeitos expressivos sobre importantes indicadores de desempenho escolar, indo em linha com estudos divulgados pelo Banco Mundial (BAHIA et al., 2021; YONAZI et al., 2012).

Como limitações, este estudo aponta que a pré-existência de fibra óptica em municípios antes do CDC pode ter impactado os resultados, uma vez que não foram observadas mudanças de faixa de velocidade. A falta de bases de dados em painel também pode ser

considerada como um fator limitador, uma vez que dados da administração pública sistematizados neste padrão só foram encontrados nas bases dos Censos Escolares. Esta informação poderá, contudo, ser revisada, uma vez que há uma única observação derivada da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC) que aborda o tema de telecomunicações. Assim, no caso da divulgação atualizada da MUNIC e que contemple a temática, novas estimações e resultados poderão ser divulgados.

Como implicações gerenciais de políticas públicas, este estudo mostrou a importância do fornecimento de internet de alta qualidade em um segmento da administração pública, no caso, a educação. Portanto, torna-se fundamental o fomento e continuidade de integração digital em outras áreas, uma vez que efeitos semelhantes devem ser observados nos setores da saúde, justiça, mobilidade, administrativo, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABADIE, Alberto. Semiparametric difference-in-differences estimators. *The Review of Economic Studies*, v. 72, n. 1, p. 1-19, 2005.
- AKER, Jenny C. *Can You Hear Me Now? How Cell Phones are Transforming Markets in Sub-Saharan Africa*. Center for Global Development, Washington, DC, 2008.
- AKER, Jenny C. Information from markets near and far: Mobile phones and agricultural markets in Niger. *American Economic Journal: Applied Economics*, v. 2, n. 3, p. 46-59, 2010.
- AKER, Jenny C.; MBITI, Isaac M. Mobile phones and economic development in Africa. *Journal of Economic Perspectives*, v. 24, n. 3, p. 207-32, 2010.
- BAHIA, Kalvin; CASTELLS, Pau; CRUZ, Genaro; MASAKI, Takaaki; RODRIGUEZ-CASTELAN, Carlos; SANFELICE, Viviane. 2021. *Mobile Broadband Internet, Poverty and Labor Outcomes in Tanzania*. Policy Research Working Paper; No. 9749. World Bank, Washington, DC.
- CALLAWAY, Brantly; SANT'ANNA, Pedro HC. Difference-in-differences with multiple time periods. *Journal of Econometrics*, v. 225, n. 2, p. 200-230, 2021.
- CASTELLS, M. *The rise of the network society: The information age: Economy, society, and culture*. Oxford: Wiley-Blackwell., 2010.
- CGIBR. *Informação e da Comunicação no Brasil – TIC Domicílios 2019 do Comitê Gestor de Internet no Brasil (CGI-Br)*, realizada pelo Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR-NIC.br. 2020.
- CUMMING, Douglas and Sofia JOHAN, 2007: *THE INTERNET AND REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT*. *Academy of Management Proceedings*, 2007, 1–6.
- CUMMING, Douglas; JOHAN, Sofia. The differential impact of the internet on spurring regional entrepreneurship. *Entrepreneurship Theory and Practice*, v. 34, n. 5, p. 857-884, 2010.
- DE CHAISEMARTIN, Clément; D'HAULTFOEUILLE, Xavier. Two-way fixed effects estimators with heterogeneous treatment effects. *American Economic Review*, v. 110, n. 9, p. 2964-96, 2020a.

- DE CHAISEMARTIN, Clément; D'HAULTFOEUILLE, Xavier. Two-way fixed effects regressions with several treatments. arXiv preprint arXiv:2012.10077, 2020b.
- ETICE. Cinturão Digital. Empresa de Tecnologia da Informação do Ceará, 20 de jun. de 2022. Disponível em: <<https://www.etice.ce.gov.br/cinturao-digital/>>. Acesso em: 20 de jun. de 2022.
- FORMAN, C.; GOLDFARB, A.; GREENSTEIN, S. 2005. How did location affect adoption of the commercial Internet? Global village vs. urban leadership. *Journal of Urban Economics*, 58: 389-420.
- GOLDFARB, Avi; TUCKER, Catherine. Digital economics. *Journal of Economic Literature*, v. 57, n. 1, p. 3-43, 2019.
- HECKMAN, James J. et al. Characterizing selection bias using experimental data. 1998.
- HECKMAN, James J.; ICHIMURA, Hidehiko; TODD, Petra E. Matching as an econometric evaluation estimator: Evidence from evaluating a job training programme. *The review of economic studies*, v. 64, n. 4, p. 605-654, 1997.
- HJORT, Jonas; POULSEN, Jonas. The arrival of fast internet and employment in Africa. *American Economic Review*, v. 109, n. 3, p. 1032-79, 2019.
- JACK, William; SURI, Tavneet. Risk sharing and transactions costs: Evidence from Kenya's mobile money revolution. *American Economic Review*, v. 104, n. 1, p. 183-223, 2014.
- JENSEN, Robert, and Nolan H. MILLER. 2018. "Market Integration, Demand, and the Growth of Firms: Evidence from a Natural Experiment in India." *American Economic Review*, 108 (12): 3583-3625.
- JENSEN, Robert. The digital divide: Information (technology), market performance, and welfare in the South Indian fisheries sector. *The quarterly journal of economics*, v. 122, n. 3, p. 879-924, 2007.
- MASAKI, Takaaki; OCHOA, Rogelio; RODRIGUEZ-CASTELAN, Carlos, Broadband Internet and Household Welfare in Senegal. IZA Discussion Paper No. 13658, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3687135>
- RENNHOFF, Adam D.; ROUTON, P. Wesley. Can you hear me now? The rise of smartphones and their welfare effects. *Telecommunications Policy*, v. 40, n. 1, p. 39-51, 2016.
- RODRIGUEZ-CASTELAN, Carlos; LACH, Samantha; MASAKI, Takaaki; GRANGUILLHOME OCHOA, Rogelio. 2021. How Do Digital Technologies Affect Household Welfare in Developing Countries? Evidence from Senegal. Policy Research Working Paper; No. 9576. World Bank, Washington, DC.
- ROZA, Rodrigo Hipólito. Revolução informacional e os avanços tecnológicos da informática e das telecomunicações. *Ciência da Informação em Revista*, v. 4, n. 3, p. 3-11, 2017.
- SANT'ANNA, Pedro HC; ZHAO, Jun. Doubly robust difference-in-differences estimators. *Journal of Econometrics*, v. 219, n. 1, p. 101-122, 2020.
- SANT'ANNA, Pedro HC; ZHAO, Jun. Doubly robust difference-in-differences estimators. *Journal of Econometrics*, v. 219, n. 1, p. 101-122, 2020.

SINAI, Todd; WALDFOGEL, Joel. Geography and the Internet: Is the Internet a Substitute or a Complement for Cities?. *Journal of Urban Economics*, v. 56, n. 1, p. 1-24, 2004.

SNOW, John. On the mode of communication of cholera. *Edinburgh medical journal*, v. 1, n. 7, p. 668, 1856.

SUN, Liyang; ABRAHAM, Sarah. Estimating dynamic treatment effects in event studies with heterogeneous treatment effects. *Journal of Econometrics*, v. 225, n. 2, p. 175-199, 2021.

TAKAHASHI, Tadao (Org.). *Sociedade da informação no Brasil: livro verde*. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000.

WIESER, Christina et al. The impact of mobile money on poor rural households: Experimental evidence from Uganda. *World Bank Policy Research Working Paper*, n. 8913, 2019.

YONAZI, Enock; KELLY, Tim; HALEWOOD, Naomi; BLACKMAN, Colin. 2012. *The Transformational Use of Information and Communication Technologies in Africa*. World Bank, Washington, DC, and African Development Bank, Tunis.

APÊNDICE A: TABELAS E FIGURAS

TABELAS

TABELA A 1 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE NÚMERO DE ESCOLAS COM ACESSO À INTERNET

Número de escolas com acesso à internet	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	11.27***	12.31***	11.27***	12.31***	11.17***	12.10***	11.17***	12.10***	19.18***	1.25	19.18***	1.25
	(2.0)	(3.03)	(3.23)	(2.92)	(1.93)	(2.87)	(2.00)	(2.61)	(5.29)	(8.61)	(5.57)	(9.82)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1110	962	1110	962	1110	962	1110	962	1110	962	1110	962

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021).

TABELA A 2 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE PERCENTUAL DE ESCOLAS COM ACESSO À INTERNET

Percentual de escolas com acesso à internet	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	0.04	0.16***	0.04	0.16***	0.03	0.14***	0.03	0.14***	0.19***	0.16***	0.19**	0.16*
	(0.04)	(0.04)	(0.04)	(0.03)	(0.05)	(0.05)	(0.04)	(0.03)	(0.03)	(0.04)	(0.05)	(0.05)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1110	962	1110	962	1110	962	1110	962	1110	962	1110	962

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021).

TABELA A 3 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE TAXA DE ABANDONO ESCOLAR – ENSINO FUNDAMENTAL

Taxa de abandono escolar Ensino fundamental	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	1.42***	1.35***	1.42	1.35**	1.36***	1.25***	1.36	1.25	-1.57***	-1.33***	-1.57**	-1.33***
	(0.33)	(0.42)	(0.92)	(0.51)	(0.31)	(0.40)	(0.08)	(0.83)	(0.30)	(0.36)	(0.35)	(0.22)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 4 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE TAXA DE ABANDONO ESCOLAR – ENSINO MÉDIO

Taxa de abandono escolar	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	2.54**	3.10**	2.54**	3.10***	2.34**	2.90**	2.34	2.90**	-3.14***	-2.52**	-3.14	-2.52
	(0.95)	(1.25)	(1.17)	(0.68)	(0.90)	(1.24)	(2.23)	(0.83)	(0.93)	(0.97)	(1.99)	(2.06)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 5 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE TAXA DE APROVAÇÃO ESCOLAR – ENSINO FUNDAMENTAL

Taxa de aprovação escolar Ensino fundamental	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	-0.35	0.02	-0.35	0.02	-0.30	-0.06	-0.30	-0.06	7.46***	6.48***	7.46***	6.48***
	(1.02)	(1.43)	(0.73)	(0.92)	(0.98)	(1.41)	(0.68)	(1.18)	(1.03)	(1.13)	(0.80)	(0.67)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant'Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 6 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE TAXA DE APROVAÇÃO ESCOLAR – ENSINO MÉDIO

Taxa de aprovação escolar Ensino médio	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	-0.46	-2.25	-0.46	-2.25	-0.32	-2.19	-0.32	-2.19	5.48***	6.15***	5.48	6.15*
	(1.27)	(1.90)	(2.71)	(2.01)	(1.29)	(1.24)	(2.60)	(1.79)	(1.31)	(1.39)	(2.53)	(2.54)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 7 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE TAXA DE REPROVAÇÃO ESCOLAR – ENSINO FUNDAMENTAL

Taxa de reprovação escolar Ensino fundamental	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	-1.08	-1.37	-1.08**	-1.37	-1.06	-1.19	-1.06	-1.19	-5.89***	-5,14***	-5.89***	-5,14***
	(0.90)	(1.22)	(0.46)	(1.15)	(0.85)	(1.12)	(0.35)	(1.15)	(0.86)	(0.97)	(0.56)	(0.74)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 8 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE TAXA DE REPROVAÇÃO ESCOLAR – ENSINO MÉDIO

Taxa de reprovação escolar Ensino médio	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	-2.08***	-0.84	-2.08	-0.84	-2.02***	-0.71	-2.02	-0.71	-2.34***	-3.62***	-2.34**	-3.62**
	(0.77)	(1.03)	(1.96)	(1.51)	(0.76)	(1.00)	(1.47)	(1.65)	(0.66)	(0.68)	(2.65)	(0.73)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888	888

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 9 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE NOTA DE PORTUGUÊS – 5º ANO

Nota de português 5º ano	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	8.93***	12.20***	8.93***	12.20***	8.11***	10.75***	8.11***	10.75***	19.41***	17.99***	19.41***	17.99**
	(2.97)	(3.44)	(2.66)	(2.28)	(3.07)	(3.83)	(2.73)	(2.86)	(2.95)	(2.83)	(0.88)	(3.31)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	437	437	437	437	437	437	437	437	437	437	437	437

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 10 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE NOTA DE PORTUGUÊS – 9º ANO

Nota de português 9º ano	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	1.97	4.26	1.97	4.26	1.57	3.50	1.57	3.50	9.26***	9.71***	9.26***	9.71**
	(2.93)	(3.41)	(3.52)	(4.44)	(2.92)	(3.55)	(3.71)	(4.60)	(3.10)	(2.82)	(1.33)	(2.21)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	413	413	413	413	413	413	413	413	413	413	413	413

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 11 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE NOTA DE MATEMÁTICA – 5º ANO

Nota de matemática 5º ano	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	9.79***	12.85***	9.79***	12.85***	8.79**	11.14***	8.79***	11.14***	20.00***	18.90***	20.00***	18.90**
	(3.80)	(4.16)	(2.21)	(2.16)	(3.91)	(4.24)	(2.35)	(2.15)	(3.32)	(3.26)	(1.74)	(4.30)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	437	437	437	437	437	437	437	437	437	437	437	437

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 12 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE NOTA DE MATEMÁTICA – 9º ANO

Nota de matemática 9º ano	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	4.63	4.30	4.63	4.30	4.08	3.37	4.08	3.37	9.58**	10.14***	9.58**	10.14**
	(3.02)	(3.92)	(3.14)	(3.41)	(2.71)	(3.62)	(3.05)	(3.70)	(4.19)	(3.65)	(1.64)	(2.32)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	413	413	413	413	413	413	413	413	413	413	413	413

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant'Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 13 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE NÚMERO DE MATRÍCULAS POR POPULAÇÃO

Número de matrículas por população	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	-0.02	-0.06***	-0.02**	-0.06***	-0.02	-0.05***	-0.02*	-0.05***	-0.01	0.04***	-0.01	0.04***
	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	666	518	666	518	666	518	666	518	666	518	666	518

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 14 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE INDICADOR DE DISTORÇÃO IDADE-SÉRIE – ENSINO FUNDAMENTAL

Distorção idade-série – ensino fundamental	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	-0.26	-1.49	-0.26	-1.49	-0.10	-0.91	-0.10	-0.91	-10.42***	-9.86***	-10.42***	-9.86***
	(0.88)	(1.30)	(0.66)	(1.05)	(0.87)	(1.16)	(0.52)	(1.21)	(1.49)	(1.68)	(1.43)	(1.41)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1110	962	1110	962	1110	962	1110	962	1110	962	1110	962

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 15 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE INDICADOR DE DISTORÇÃO IDADE-SÉRIE – ENSINO MÉDIO

Distorção idade-série – ensino médio	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	2.43	6.50**	2.43	6.50	2.05	5.36**	2.05	5.36	-13.14***	-12.61***	-13.14**	-12.61**
	(2.08)	(2.49)	(4.51)	(5.84)	(2.04)	(2.43)	(4.42)	(5.12)	(1.96)	(2.17)	(4.07)	(3.55)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1110	962	1110	962	1110	962	1110	962	1110	962	1110	962

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant'Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 16 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE VELOCIDADE DE INTERNET

Velocidade de internet	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	-0.22*	0.14	-0.22	0.14	-0.21*	0.15	-0.21	0.15	0.27***	-0.03	0.27**	-0.03
	(0.11)	(0.12)	(0.25)	(0.13)	(0.12)	(0.10)	(0.38)	(0.11)	(0.07)	(0.08)	(0.07)	(0.05)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1101	953	1101	953	1101	953	1101	953	1101	953	1101	953

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant'Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 17 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE ACESSO À FIBRA ÓPTICA

Acesso à fibra óptica	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	-0.29***	-0.15	-0.29***	-0.15*	-0.29***	-0.16	-0.29***	-0.16	0.07***	0.01	0.07**	0.01
	(0.11)	(0.12)	(0.08)	(0.06)	(0.11)	(0.11)	(0.09)	(0.11)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1101	953	1101	953	1101	953	1101	953	1101	953	1101	953

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 18 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE NÚMERO DE ESTABELECIMENTOS

Número de estabelecimentos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	-61.8	216.5	-61.8	216.5***	-60.8	230.2	-60.8	230.1***	563.0**	-362.6	563.0**	-362.6
	(42.7)	(192.8)	(33.1)	(55.2)	(42.2)	(206.8)	(27.9)	(55.0)	(234.7)	(470.1)	(130.2)	(401.0)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 19 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE NÚMERO DE TRABALHADORES

Número de trabalhadores	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	-491.9	-1868.0	-491.9	-1868.0	-434.3	-1416.2	-434.3	-1416.2	2540.6*	-2114.7	2540.6	-2114.7
	(992.8)	(3570.4)	(992.9)	(4384.5)	(1143.9)	(2983.1)	(1034.9)	(3744.3)	(1324.6)	(3200.9)	(1329.3)	(3130.2)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1551	1329	1551	1329	1551	1329	1551	1329	1551	1329	1551	1329

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 20 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE NÚMERO DE TRABALHADORES HOMENS

Número de trabalhadores homens	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	1949.4	-1043.6	1949.4	-1043.6	1970.9*	-460.0	1970.9	-460.0	1771.3	-1330.1	1771.3	-1330.1
	(1221.4)	(3234.1)	(1241.1)	(1858.6)	(1113.3)	(2735.7)	(1146.9)	(3618.8)	(1221.2)	(2627.0)	(1086.4)	(2432.9)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021).

TABELA A 21 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE PERCENTUAL DE TRABALHADORES HOMENS

Percentual de trabalhadores homens	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	0.03	0.04**	0.03*	0.04*	0.03	0.04*	0.03*	0.04*	0.01	-0.03*	0.01	-0.03
	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.03)	(0.02)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant'Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 22 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE PERCENTUAL DE TRABALHADORES NA FAIXA 1 DE ESCOLARIDADE

Percentual de trabalhadores na faixa 1 de escolaridade	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	0.00	0.01*	-	0.01*	0.00	0.01*	0.00	0.01*	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
	(0.00)	(0.00)	-	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1554	1332	-	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant'Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 23 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE PERCENTUAL DE TRABALHADORES NAS FAIXAS 1 E 2 DE ESCOLARIDADE

Percentual de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de escolaridade	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	-0.02	0.01	-0.02	0.01	-0.02	0.02	-0.02	0.02	-0.03	-0.05**	-0.03	-0.05
	(0.02)	(0.03)	(0.02)	(0.03)	(0.02)	(0.03)	(0.03)	(0.00)	(0.02)	(0.02)	(0.04)	(0.04)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant'Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 24 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE NÚMERO DE TRABALHADORES NAS FAIXAS 1 E 2 DE ESCOLARIDADE

Número de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de escolaridade	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	-99.7	1865.3	-99.7	1865.3	-118.2	1793.2	-118.2	1793.2***	785.6**	-1519.2	785.6*	-1519.2
	(243.9)	(1256.5)	(77.3)	(375.1)	(256.4)	(1250.1)	(127.8)	(251.9)	(366.8)	(1393.1)	(296.8)	(1159.5)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant'Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 25 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE PERCENTUAL DE TRABALHADORES NA FAIXA 1 DE RENDA

Percentual de trabalhadores na faixa 1 de renda	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.08***	0.09***	0.08**	0.09***
	(0.02)	(0.03)	(0.02)	(0.03)	(0.02)	(0.03)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.01)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant'Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 26 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE PERCENTUAL DE TRABALHADORES NAS FAIXAS 1 E 2 DE RENDA

Percentual de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de renda	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.04***	0.05***	0.04**	0.05**
	(0.02)	(0.02)	(0.01)	(0.02)	(0.01)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 27 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE NÚMERO DE TRABALHADORES NAS FAIXAS 1 E 2 DE RENDA

Número de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de renda	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	450.7	4260.2	450.7***	4260.2***	425.3	4210.0	425.3***	4210.0***	3233.1**	-2632.1	3233.1	-2632.1
	(308.7)	(2845.9)	(142.6)	(611.9)	(308.3)	(2841.8)	(137.5)	(851.1)	(1497.8)	(3914.1)	(1560.0)	(3782.7)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant'Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 28 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE PERCENTUAL DE TRABALHADORES NA FAIXA 1 DE IDADE

Percentual de trabalhadores na faixa 1 de idade	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	0.00	0.01***	0.00	0.01***	0.00	0.01***	0.00	0.01***	0.01***	0.00	0.01**	0.00
	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 29 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE PERCENTUAL DE TRABALHADORES NAS FAIXAS 1 E 2 DE IDADE

Percentual de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de idade	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	-0.03***	0.02*	-0.03**	0.02***	-0.03**	0.03*	-0.03***	0.03***	0.06***	0.01	0.06**	0.01
	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.02)	(0.01)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant'Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 30 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE NÚMERO DE TRABALHADORES NAS FAIXAS 1 E 2 DE IDADE

Número de trabalhadores nas faixas 1 e 2 de idade	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	208.8	2215.8	208.8*	2215.8***	196.3	2198.0	196.3**	2198.0***	1433.9*	-1507.4	1433.9	-1507.4
	(181.0)	(1505.0)	(86.9)	(351.4)	(200.7)	(1490.6)	(98.8)	(403.6)	(750.7)	(2048.3)	(726.5)	(1947.4)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332	1554	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo do PIB e logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant’Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021).

TABELA A 31 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE LOGARÍTMO DO PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB)

Log PIB	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	0.02	0.13***	0.02	0.13***	0.02	0.12***	0.02	0.12***	1.24***	0.02	1.24***	0.02
	(0.03)	(0.05)	(0.02)	(0.04)	(0.03)	(0.04)	(0.02)	(0.04)	(0.19)	(0.08)	(0.07)	(0.06)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado:												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1332	1332	1332	1332	1332	1332	1332	1332	1332	1332	1332	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: logaritmo da população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant'Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

TABELA A 32 – EFEITO TRATAMENTO SOBRE PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB)

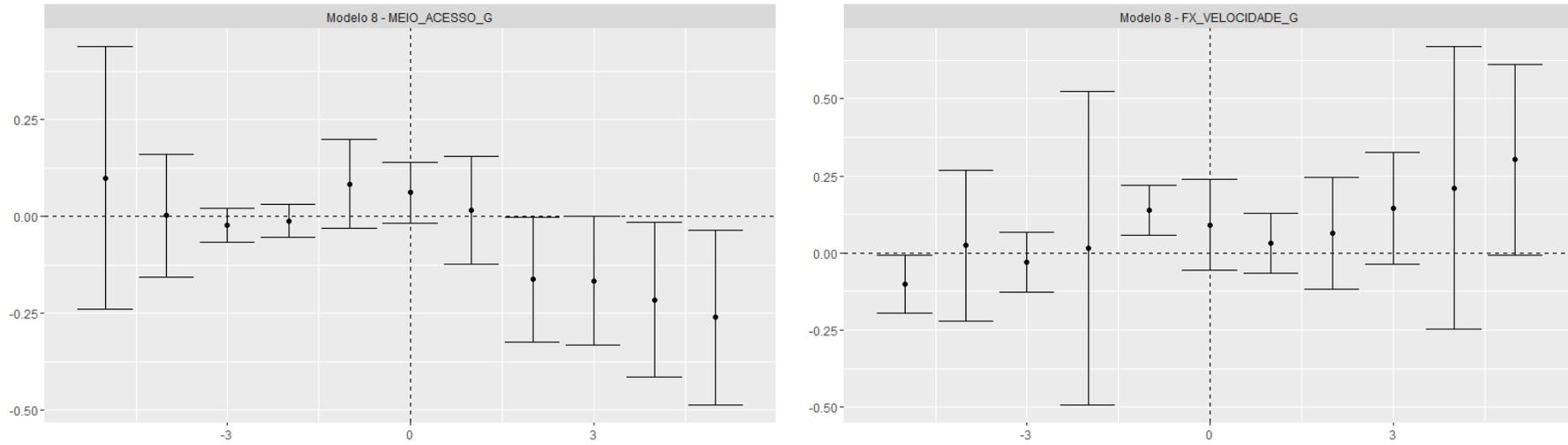
PIB	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratamento	145934.7* **	45938.0	145934.7* **	45938.0 *	145500.1* **	46096.7	145500.1* **	46096.7 *	255190.5 **	- 156763. **	255190.5 **	- 156763. **
	(51605.7)	(30341.7)	(18319.5)	(20976.3)	(46059.6)	(31542.2)	(20028.2)	(25356.8)	(125187.9)	(90818.3)	(74413.7)	(63853.6)
Covariadas:		X		X		X		X		X		X
Grupo controle:												
Never treated	X	X	X	X					X	X	X	X
Not yet treated					X	X	X	X				
Erro padrão clusterizado												
Município	X	X			X	X			X	X		
Vizinhança			X	X			X	X			X	X
Observações:	1332	1332	1332	1332	1332	1332	1332	1332	1332	1332	1332	1332

Nota: erro padrão calculado por bootstrap com 1000 repetições e clusterizado. Covariadas incluídas no modelo: população.

Nível de significância: * 0,10; **0,05; ***0,01. Modelos de (1) a (8) foram estimados pelo método de Callaway e Sant'Anna (2021). Modelos de (9) a (12) foram estimados pelo método de Sun e Abraham (2021)

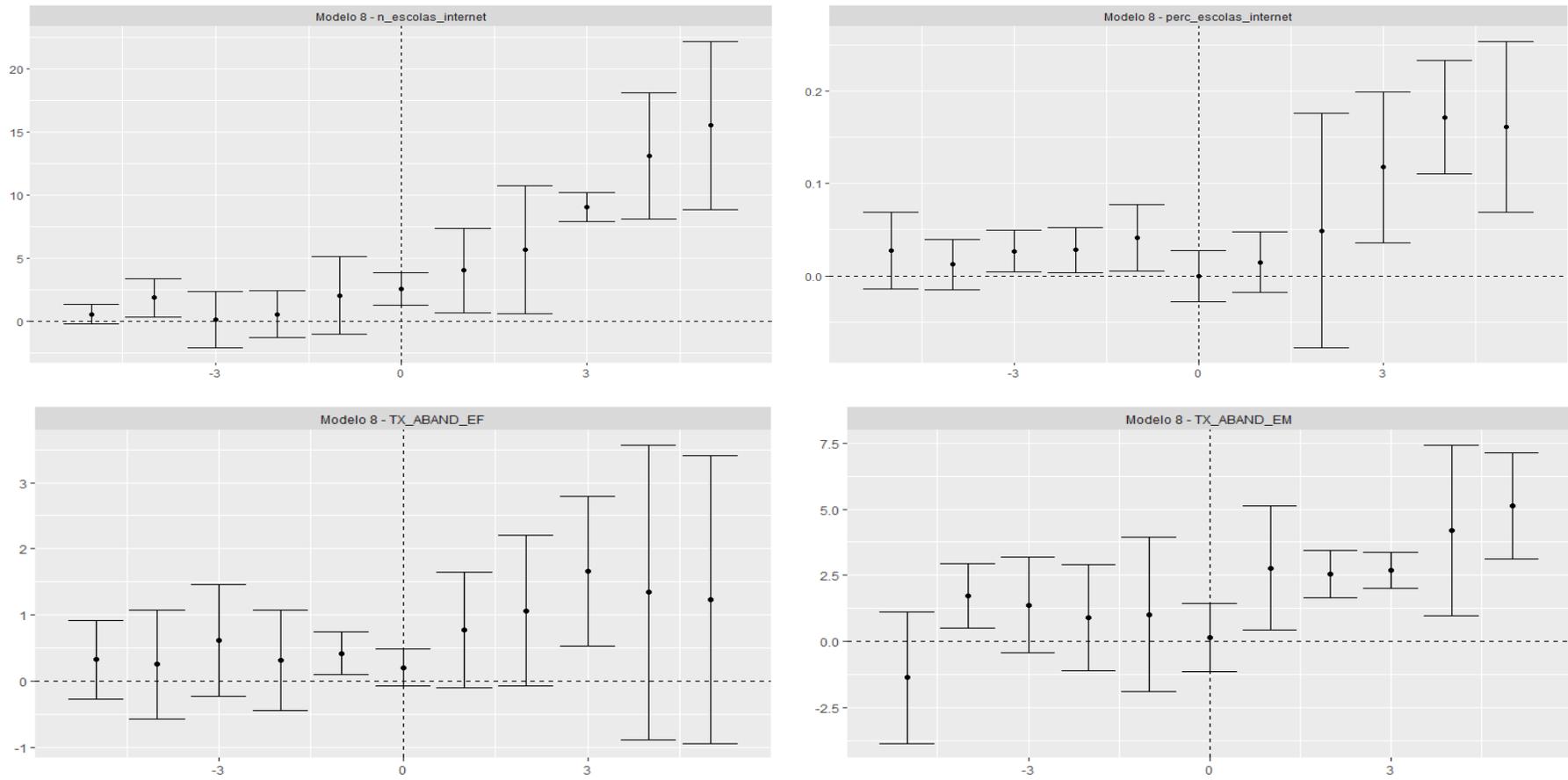
FIGURAS

FIGURA A 1 – OUTCOMES RELACIONADOS À FIBRA ÓPTICA



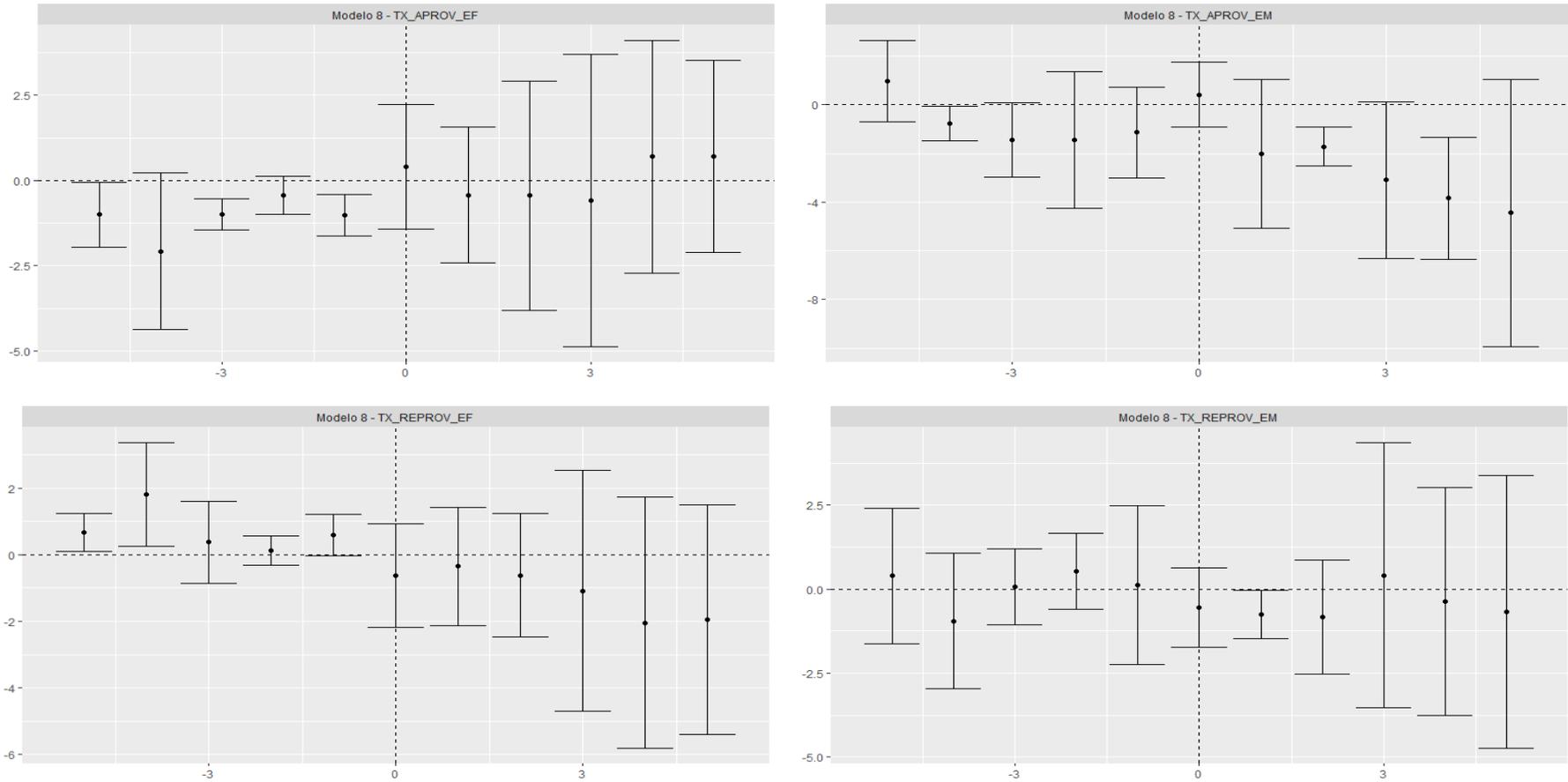
Nota: Modelo (8) de Callaway e Sant’Anna (2021) com controle *not yet treated*, covariadas de controle e erro padrão clusterizado no nível da vizinhança.

FIGURA A 2 – OUTCOMES RELACIONADOS À EDUCAÇÃO – PARTE I



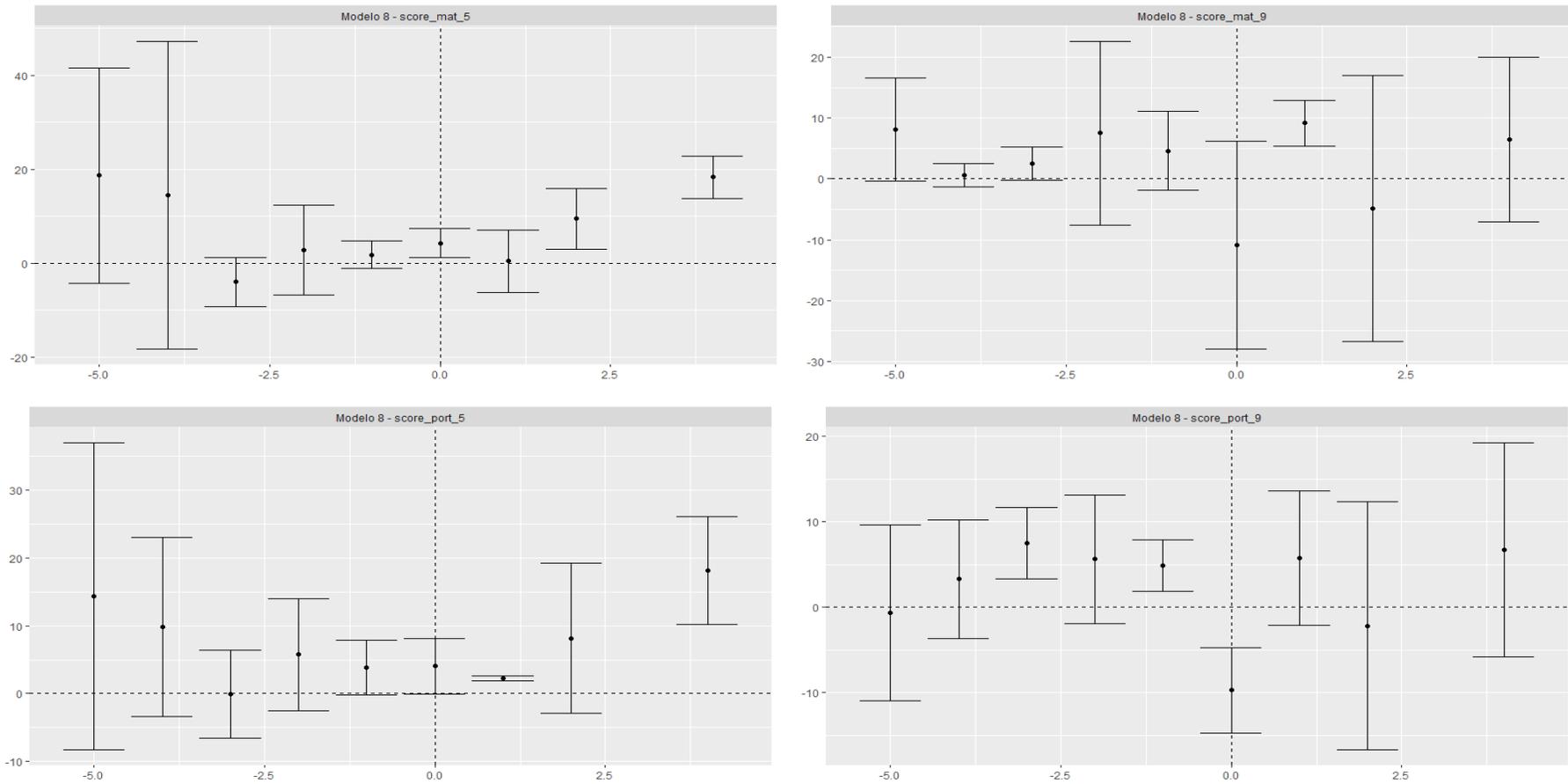
Nota: Modelo (8) de Callaway e Sant’Anna (2021) com controle *not yet treated*, covariadas de controle e erro padrão clusterizado no nível da vizinhança.

FIGURA A 3 – OUTCOMES RELACIONADOS À EDUCAÇÃO – PARTE II



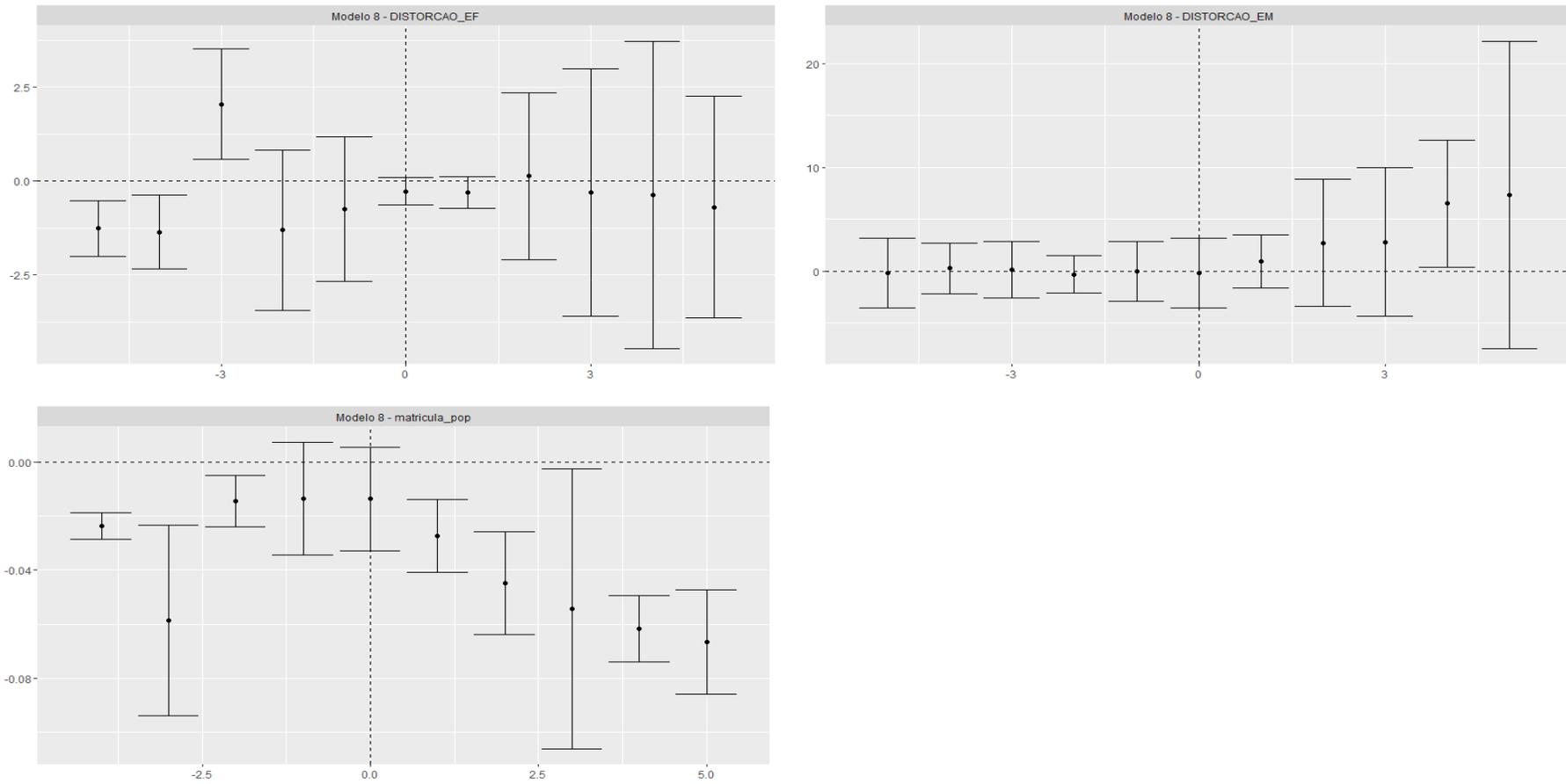
Nota: Modelo (8) de Callaway e Sant'Anna (2021) com controle *not yet treated*, covariadas de controle e erro padrão clusterizado no nível da vizinhança.

FIGURA A 4 – OUTCOMES RELACIONADOS À EDUCAÇÃO – PARTE III



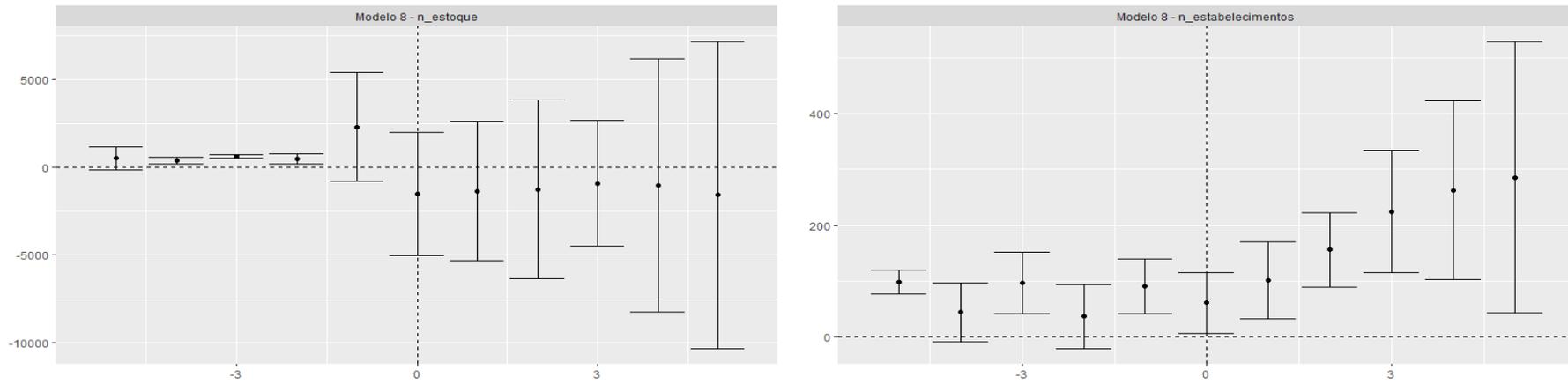
Nota: Modelo (8) de Callaway e Sant'Anna (2021) com controle *not yet treated*, covariadas de controle e erro padrão clusterizado no nível da vizinhança.

FIGURA A 5 – OUTCOMES RELACIONADOS À EDUCAÇÃO – PARTE IV



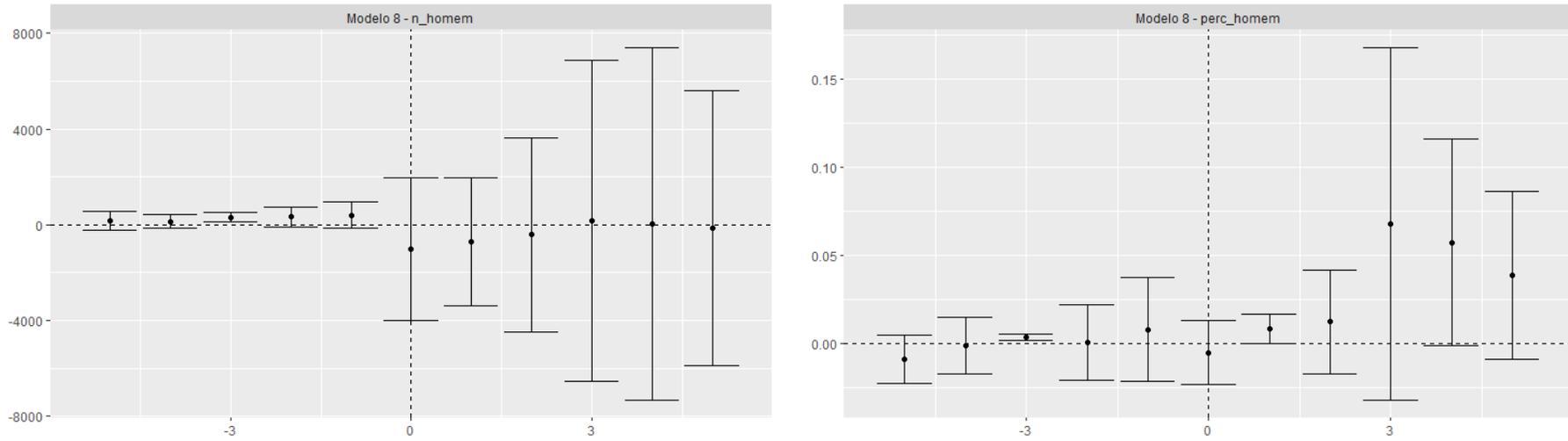
Nota: Modelo (8) de Callaway e Sant’Anna (2021) com controle *not yet treated*, covariadas de controle e erro padrão clusterizado no nível da vizinhança.

FIGURA A 6 – OUTCOMES RELACIONADOS À RAIS ESTABELECIMENTOS



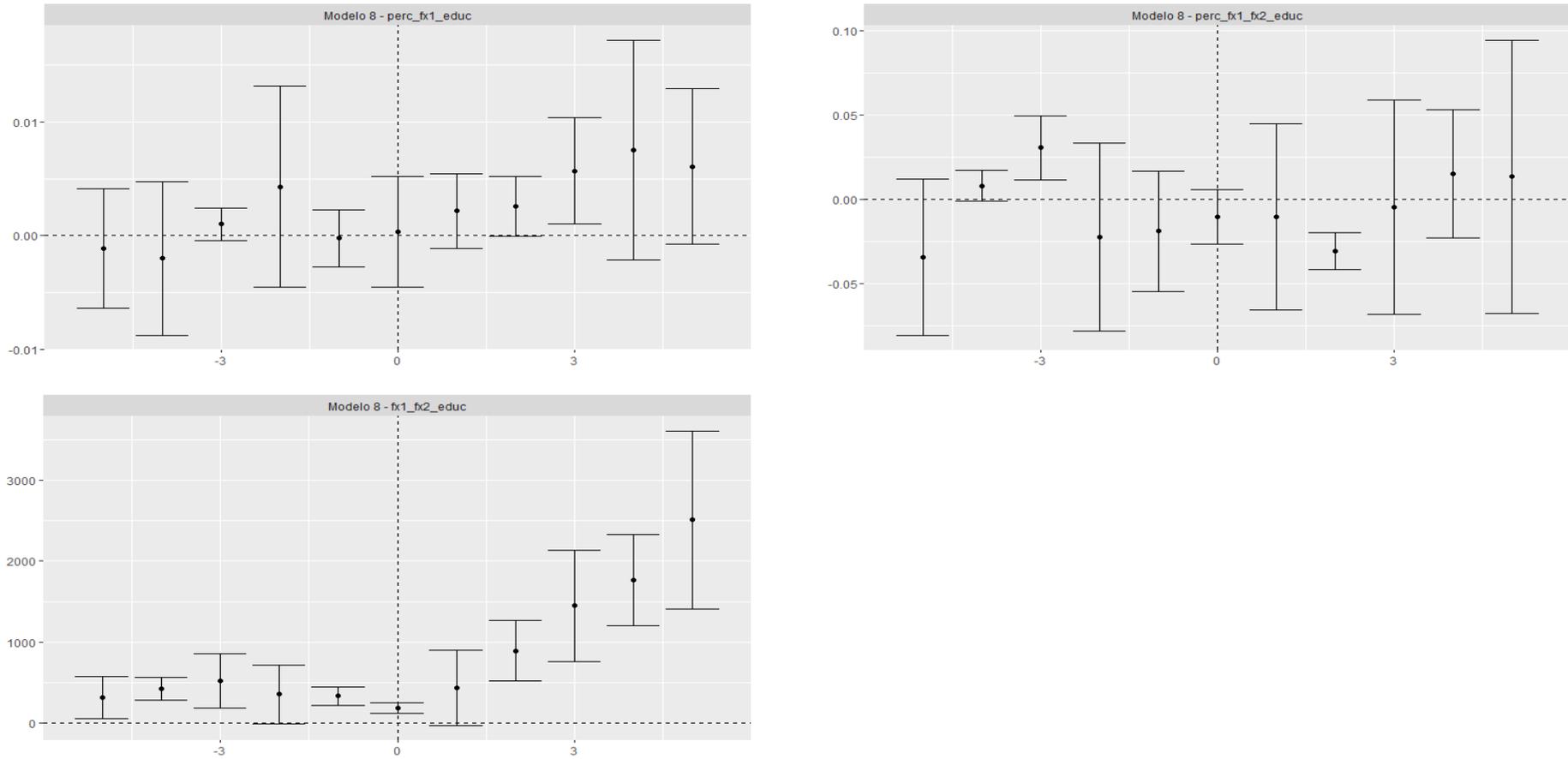
Nota: Modelo (8) de Callaway e Sant’Anna (2021) com controle *not yet treated*, covariadas de controle e erro padrão clusterizado no nível da vizinhança.

FIGURA A 7 – OUTCOMES RELACIONADOS À RAIS VÍNCULOS – PARTE I



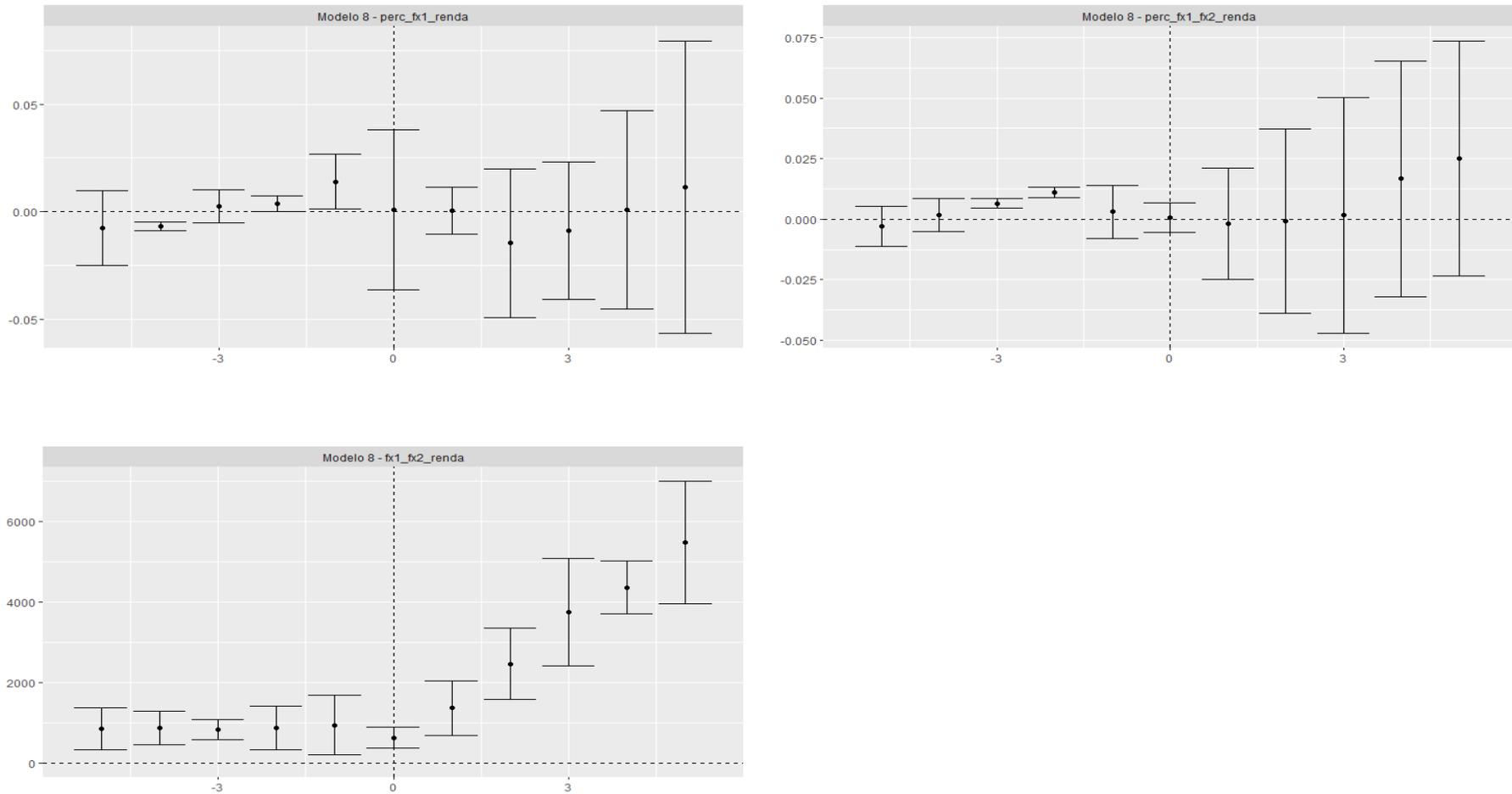
Nota: Modelo (8) de Callaway e Sant’Anna (2021) com controle *not yet treated*, covariadas de controle e erro padrão clusterizado no nível da vizinhança.

FIGURA A 8 – OUTCOMES RELACIONADOS À RAIS VÍNCULOS – PARTE II



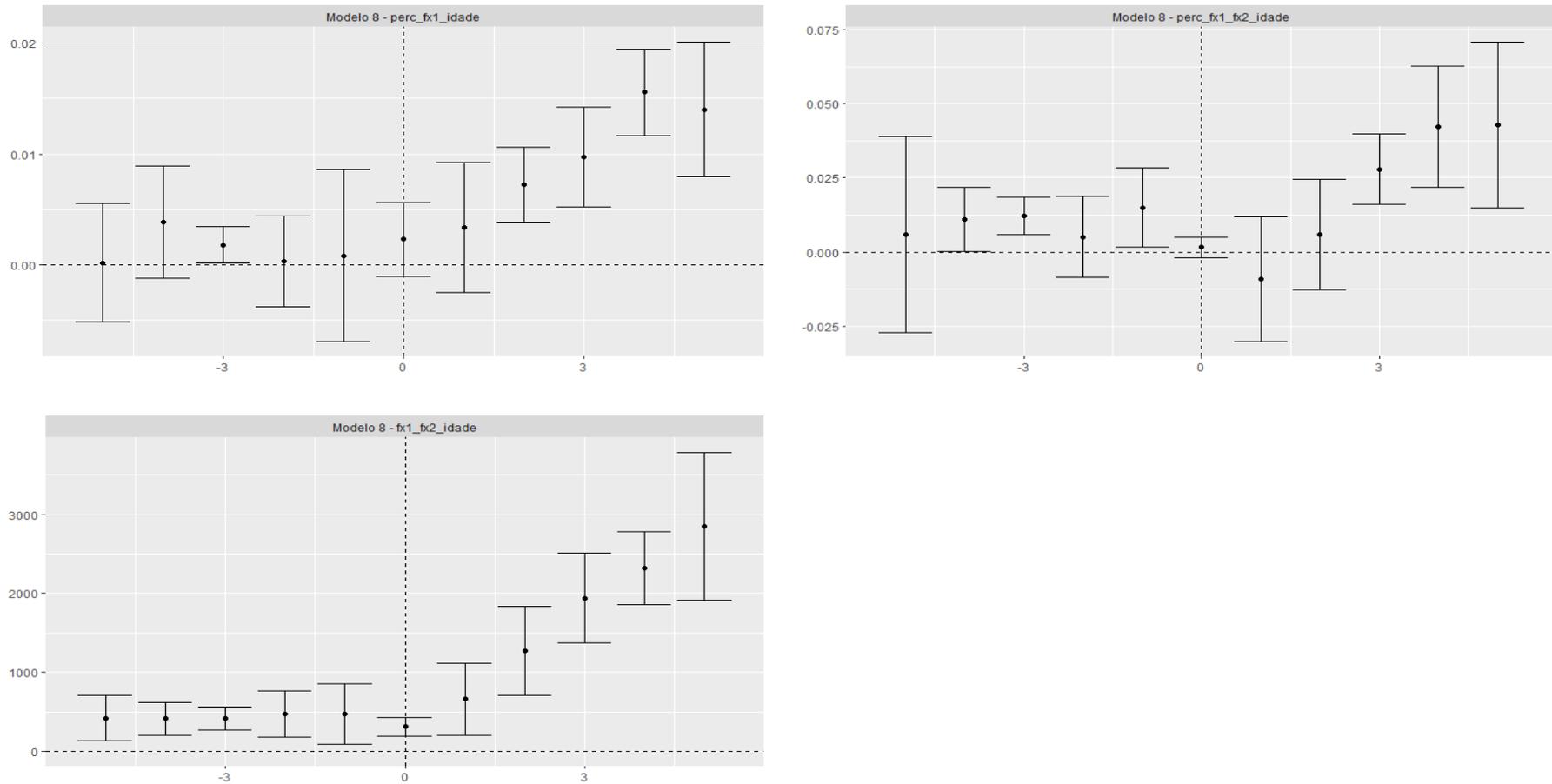
Nota: Modelo (8) de Callaway e Sant’Anna (2021) com controle *not yet treated*, covariadas de controle e erro padrão clusterizado no nível da vizinhança.

FIGURA A 9 – OUTCOMES RELACIONADOS À RAIS VÍNCULOS – PARTE III



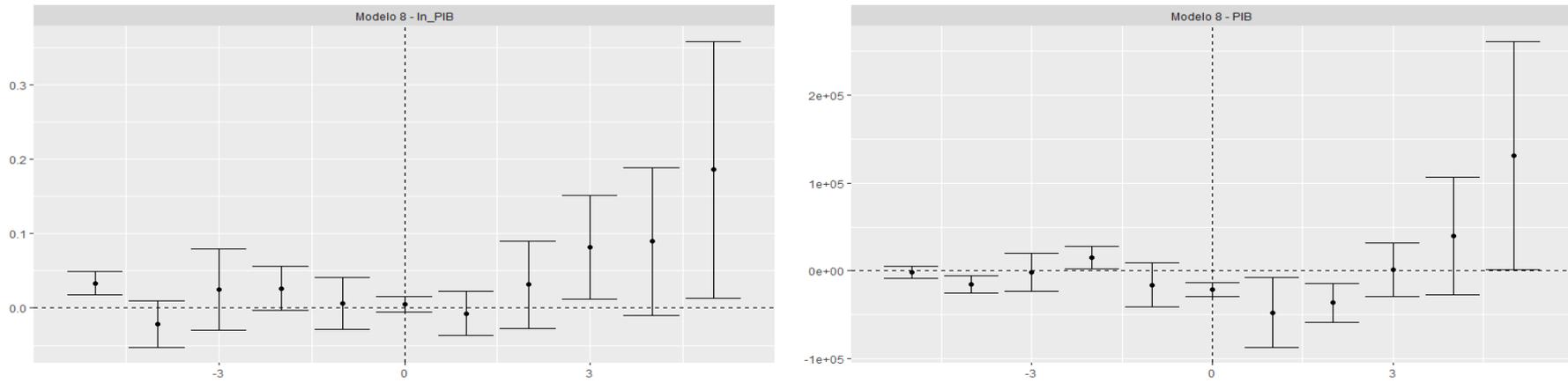
Nota: Modelo (8) de Callaway e Sant’Anna (2021) com controle *not yet treated*, covariadas de controle e erro padrão clusterizado no nível da vizinhança.

FIGURA A 10 – OUTCOMES RELACIONADOS À RAIS VÍNCULOS – PARTE IV



Nota: Modelo (8) de Callaway e Sant’Anna (2021) com controle *not yet treated*, covariadas de controle e erro padrão clusterizado no nível da vizinhança.

FIGURA A 11 – OUTCOMES RELACIONADOS À ATIVIDADE ECONÔMICA



Nota: Modelo (8) de Callaway e Sant’Anna (2021) com controle *not yet treated*, covariadas de controle e erro padrão clusterizado no nível da vizinhança.



RELATÓRIO DO PRODUTO P5 | ESTUDO SEGURANÇA
HÍDRICA

JOF 2845/2021 | PNUD Projeto BRA/18/023

**SETE ESTUDOS DE CASO DE
AVALIAÇÕES *EX POST* DE PROJETOS
DE INVESTIMENTO EM
INFRAESTRUTURA**

CONTATO PEZCO ECONOMICS

 Alameda Santos, 1293 • 6º andar • Cj. 61
Jardim Paulista • São Paulo | SP

 + 55 11 3582-5509

 economics@pezco.com.br

 www.pezco.com.br