







<https://doi.org/10.18222/eae.v37.11072>

# AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO PROGRAMA UM COMPUTADOR POR ALUNO NO DESEMPENHO ESCOLAR

-  JAYANE FREIRES FERREIRA<sup>I</sup>
-  EDWARD MARTINS COSTA<sup>II</sup>
-  AHMAD SAEED KHAN<sup>III</sup>
-  GUILHERME IRFFI<sup>IV</sup>
-  ALEX FELIPE RODRIGUES LIMA<sup>V</sup>
-  FELIPE RESENDE OLIVEIRA<sup>VI</sup>

<sup>I</sup> Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza-CE, Brasil; [jayfreires2014@gmail.com](mailto:jayfreires2014@gmail.com)

<sup>II</sup> Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza-CE, Brasil; [edwardcosta@ufc.br](mailto:edwardcosta@ufc.br)

<sup>III</sup> Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza-CE, Brasil; [saeed@ufc.br](mailto:saeed@ufc.br)

<sup>IV</sup> Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza-CE, Brasil; [irffi@caen.ufc.br](mailto:irffi@caen.ufc.br)

<sup>V</sup> Instituto Mauro Borges (IMB), Goiânia-GO, Brasil; [afelipe\\_7@hotmail.com](mailto:afelipe_7@hotmail.com)

<sup>VI</sup> Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá-MT, Brasil; [felipexresende@gmail.com](mailto:felipexresende@gmail.com)

## COMO CITAR:

Ferreira, J. F., Costa, E. M., Khan, A. S., Irffi, G., Lima, A. F. R., & Oliveira, F. R. (2026). Avaliação de impacto do Programa Um Computador por Aluno no desempenho escolar. *Estudos em Avaliação Educacional*, 37, Artigo e11072. <https://doi.org/10.18222/eae.v37.11072>

**RESUMO**

Este estudo visa a quantificar o impacto do Programa Um Computador por Aluno (Prouca) no desempenho educacional de estudantes do 9º ano do ensino fundamental das escolas públicas do Brasil. Utilizaram-se os microdados do Saeb e do Censo Escolar, aplicando o método de regressão descontínua *fuzzy* e considerando a quantidade de alunos e professores predita pela função de Maimonides. Os resultados revelaram que o Prouca não teve impacto significativo no desempenho dos estudantes nos exames de língua portuguesa e matemática. Essas evidências corroboram a literatura existente que avalia a implementação das tecnologias da informação e comunicação (TICs) nas escolas, especialmente em países em desenvolvimento.

**PALAVRAS-CHAVE** DESEMPENHO ESCOLAR • PROUCA • TECNOLOGIA • REGRESSÃO DESCONTÍNUA FUZZY.

## EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL PROGRAMA UN COMPUTADOR POR ALUMNO EN EL RENDIMIENTO ESCOLAR

**RESUMEN**

Este estudio tiene como objetivo cuantificar el impacto del Programa Un Computador por Alumno (Prouca) en el desempeño educativo de estudiantes del 9º año de la educación básica en las escuelas públicas de Brasil. Se utilizaron los microdatos del Saeb y del Censo Escolar, aplicando el método de regresión discontinua *fuzzy* y considerando la cantidad de alumnos y profesores predicha por la función de Maimónides. Los resultados revelan que el Prouca no tuvo un impacto significativo en el desempeño de los estudiantes en los exámenes de lengua portuguesa y matemáticas. Estas evidencias corroboran la literatura existente que evalúa la implementación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en las escuelas, especialmente en países en desarrollo.

**PALABRAS CLAVE** RENDIMIENTO ESCOLAR • PROUCA • TECNOLOGÍA • REGRESIÓN DISCONTINUA FUZZY.

## IMPACT ASSESSMENT OF THE ONE COMPUTER PER STUDENT PROGRAM ON SCHOOL PERFORMANCE

**ABSTRACT**

This study aims to quantify the impact of the Programa Um Computador por Aluno [One Computer per Student Program] (Prouca) on the educational performance of 9th-grade students in Brazilian public elementary schools. Microdata from Saeb and the School Census were used, applying the fuzzy regression discontinuity method and considering the number of students and teachers predicted by the Maimonides rule. The results reveal that Prouca had no significant impact on students' performance in Portuguese language and mathematics examinations. These findings are consistent with the existing literature that evaluates the implementation of information and communication technologies (ICTs) in schools, particularly in developing countries.

**KEYWORDS** ACADEMIC PERFORMANCE • PROUCA • TECHNOLOGY • FUZZY REGRESSION DISCONTINUITY.

**Recebido em:** 22 MARÇO 2024

**Aprovado para publicação em:** 27 JUNHO 2025



Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da licença Creative Commons do tipo BY.

## INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, a educação tem sido reconhecida como um instrumento crucial para o progresso econômico e social da sociedade como um todo. Ela é considerada um recurso que impulsiona o desenvolvimento cultural, científico, econômico, tecnológico e social, desempenhando um papel fundamental no processo de crescimento econômico dos países, em termos de quantidade e qualidade do ensino. Nas últimas décadas, o sistema educacional brasileiro tem aumentado os investimentos na área, resultando em uma expansão significativa do acesso à educação para a população.

Segundo os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad), no período de 2009 a 2011, houve um aumento na frequência de crianças com idades entre 4 e 5 anos matriculadas em creches e pré-escolas, passando de 74,7% para 77,4%. No ensino fundamental, embora o acesso esteja praticamente universalizado, a frequência de estudantes de 6 a 14 anos ampliou-se de 97,6% para 98,2% ("Ensino público tem índice maior de estudantes de graduação", 2012). No entanto, apesar da expansão dos investimentos e do acesso à educação, tem havido pouco progresso na melhoria da qualidade do ensino, um problema que ainda está longe de ser resolvido. Essa situação não é exclusiva do Brasil, sendo comum em vários países em desenvolvimento.

Nesse cenário, a baixa qualidade educacional no Brasil é frequentemente apontada como um obstáculo para a resolução dos problemas sociais e econômicos presentes no país, tais como os altos índices de pobreza e desigualdade de renda (Firpo & Pieri, 2012). Segundo Hanushek e Woessmann (2010), a qualidade da educação é influenciada por aspectos internos da escola, como infraestrutura, qualificação dos professores e práticas pedagógicas, além de fatores externos, como famílias e colegas. Ignorar essas características pode levar a distorções nas análises do crescimento econômico.

De acordo com Linden et al. (2003), uma proposta que surgiu com o intuito de melhorar a qualidade da educação e, conseqüentemente, o desempenho dos alunos em testes de proficiência é o aumento do acesso dos estudantes às tecnologias da informação e comunicação (TICs), como computadores e internet. Ao integrar a informática ao processo de aprendizagem em países em desenvolvimento, busca-se compensar a baixa qualificação dos professores, tornando as escolas mais atraentes para os discentes.

No contexto de introdução de tecnologias nas escolas públicas, uma das iniciativas do Ministério da Educação (MEC) para disseminar e promover o uso pedagógico foi a implementação do Programa Um Computador por Aluno (Prouca). Sob essa perspectiva, o objetivo do governo federal era explorar novas formas de utilização das tecnologias, com foco em melhorias na qualidade educacional e inclusão digital, bem como impulsionar a produção brasileira na fabricação e manutenção dos equipamentos. Essa iniciativa não apenas se alinhava ao Plano de Desenvolvimento da Educação

(PDE), mas também se integrava ao Programa Nacional de Tecnologia Educacional (Proinfo), aproveitando as bases existentes de gestão e formação estruturadas nos Núcleos Estaduais e Municipais de Tecnologia Educacional (NTE/M) (Ministério da Educação [MEC], 2010).

Dado esse contexto, o presente estudo tem como objetivo contribuir para a literatura por meio da avaliação do impacto do Prouca, do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), no desempenho escolar, conforme medido pela avaliação do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) de 2011. Os dados utilizados provêm de três fontes principais: o Saeb, que fornece informações sobre alunos e professores; o Censo Escolar, que contém dados sobre a infraestrutura das escolas; e uma base de dados que identifica especificamente as escolas beneficiadas pelo programa. A estratégia empírica utilizada neste estudo é o *regression discontinuity design* (RDD),<sup>1</sup> mais especificamente a abordagem *fuzzy* RDD, devido ao salto observado na probabilidade de seleção das escolas tratadas.

A seguir, apresentam-se uma revisão da literatura relevante para o tema da pesquisa e uma análise do contexto do Prouca. Posteriormente, é enfatizada a estratégia empírica, incluindo uma descrição da base de dados, as formas de tratamento das variáveis e o método de regressão descontínua *fuzzy*. São discutidos os principais resultados obtidos após a aplicação dos métodos e, por fim, são apresentadas as considerações finais.

## TECNOLOGIA, INCLUSÃO DIGITAL E DESEMPENHO ESCOLAR

Nos últimos anos, tem havido um aumento significativo de estudos voltados para o uso de tecnologias no ambiente escolar, visando a promover a inclusão digital e melhorar o processo de aprendizagem, especialmente em países em desenvolvimento. Muitas dessas pesquisas concentram-se na avaliação do impacto dessas tecnologias no desempenho dos estudantes; no entanto não há consenso na literatura sobre esse efeito. Diante disso, esta seção é dividida em duas subseções. A primeira apresenta uma revisão de algumas evidências empíricas internacionais que analisam programas públicos que ampliaram o acesso a computadores, a instalação de conexão à internet e o investimento em *software* acadêmico. A segunda subseção delinea o contexto do programa específico em estudo.

### Evidências nacionais e internacionais

Iniciando as investigações relacionadas ao tema, Angrist e Lavy (2002) realizaram um estudo para avaliar o impacto de um programa que forneceu computadores

1 A tradução para o termo seria “desenho de regressão descontínua”.

e capacitação para professores do ensino fundamental e médio em escolas israelenses. Como principal fonte de dados, foi utilizado um teste aplicado aos alunos em junho de 1996, conduzido pelo National Institute for Testing and Evaluation (Nite). Metodologicamente, foram empregadas estimativas por *ordinary least squares* (OLS) para capturar o efeito do *Computer-Aided Instruction* (CAI), além de ter sido desenvolvido um estimador de variáveis instrumentais não lineares. Em resumo, os resultados indicaram um efeito negativo não significativo no desempenho escolar em testes de matemática para alunos de 4ª e 8ª séries.

Considerando essa perspectiva, Linden et al. (2003) argumentam que o resultado decepcionante observado em Israel pode estar relacionado à ideia de que o uso dos computadores substituiu o tempo dedicado ao ensino. Diante disso, os autores decidiram investigar os efeitos do programa *Computer-Assisted Learning* (CAL) em Vadodara, na Índia. Essa intervenção teve como objetivo aprimorar as habilidades matemáticas das crianças por meio de jogos educacionais, com foco especial nas crianças do 4º ano. A amostra utilizada incluiu 55 escolas que receberam o CAL e 56 escolas no grupo de controle. Os resultados mostraram que, em média, o programa aumentou as notas de matemática em 0,37 desvios padrão, mas não apresentou impacto aparente nas competências linguísticas.

Nos Estados Unidos, como forma de combater a exclusão digital, o governo implementou um amplo programa de subsídios conhecido como *E-Rate*. Nesse contexto, Goolsbee e Guryan (2006) conduziram um estudo para avaliar o impacto desse subsídio nos investimentos em internet e comunicações nas escolas públicas da Califórnia em 1998. Os autores estimaram uma equação de investimento utilizando dados sobre o uso de tecnologia escolar em todas as escolas no período de 1996 a 2000. Os resultados da pesquisa indicaram que o programa teve um efeito significativo na expansão da infraestrutura de internet nas escolas, porém encontraram poucas evidências de impacto sobre o desempenho dos alunos.

Em consonância com o estudo de Angrist e Lavy (2002), Leuven et al. (2007) realizaram uma avaliação de uma política implementada no ensino fundamental da Holanda, que fornecia dois tipos de subsídios para estudantes desfavorecidos. O primeiro subsídio visava a melhorar as condições de trabalho dos professores, enquanto o segundo fornecia computadores e *software* para as escolas com mais de 70% de alunos em situação de vulnerabilidade. Utilizando dados do Ministério da Educação, os pesquisadores aplicaram uma análise de regressão descontínua e, posteriormente, empregaram a estratégia de diferenças em diferenças para obter estimativas mais precisas. Os resultados do estudo indicaram a existência de evidências de efeitos negativos dos computadores no desempenho dos alunos em testes escolares.

Além disso, na literatura existem diversos estudos que investigam a distribuição de *laptops* para professores e alunos, uma vez que essa ação tem sido cada vez

mais adotada nos últimos anos, especialmente em países em desenvolvimento. Estudos como o de Melo et al. (2014) e Cristia et al. (2017) avaliaram o impacto da iniciativa *One Laptop per Child* (OLPC), que foi lançada em 2005 e abrangeu diversos países ao redor do mundo. No entanto, os resultados dessas pesquisas não forneceram evidências conclusivas em relação ao impacto no desempenho escolar nos testes padronizados.

No caso específico do Uruguai – primeiro país a implementar o programa OLPC em escala nacional –, Melo et al. (2014) conduziram uma avaliação do efeito desse programa no desempenho dos estudantes em leitura e matemática. Para isso, eles utilizaram uma estratégia de diferenças em diferenças, analisando dados em painel de alunos avaliados em 2006 e 2009. Os resultados indicaram que o programa não teve impacto nas notas dos alunos nessas áreas. Segundo os autores, uma possível explicação para a falta de efeito observada pode estar relacionada ao fato de que o principal uso dos *laptops* em sala de aula era para buscar informações na internet, em vez de ser utilizado para capacitar por meio de exercícios.

Em um estudo mais recente, Cristia et al. (2017) examinaram o impacto do programa OLPC em 319 escolas do ensino primário localizadas em áreas rurais do Peru. Utilizando uma abordagem de tratamento aleatório, os autores estimaram o efeito médio do programa por meio de regressões lineares ajustadas sob OLS, com base em dados coletados no final de 2010, aproximadamente 15 meses após a implementação do programa. Os resultados mostraram que o programa aumentou a disponibilidade de computadores por aluno, de uma média de 0,12 para 1,18. Além disso, foi observado impacto positivo nas habilidades cognitivas dos alunos. No entanto não foram encontrados efeitos significativos sobre o desempenho em matemática e linguagens. Em síntese, para melhorar a aprendizagem nessas duas disciplinas, é necessário combinar a disponibilidade de *laptops* com um modelo pedagógico de alta qualidade.

No Brasil, ao longo dos anos, as políticas públicas voltadas para a educação têm enfatizado fortemente a necessidade de informatizar as escolas e transformar as práticas de ensino em resposta às mudanças trazidas pela sociedade da informação. Diante disso, Dwyer et al. (2007) procuraram investigar o efeito do uso de computador sobre o desempenho de alunos do 5º e 9º anos do ensino fundamental e do 3º ano do ensino médio nas notas do Saeb. Os achados da pesquisa sugeriram que a utilização intensa do computador tende a reduzir o desempenho dos alunos de todas as séries e de todas as classes sociais. Portanto os autores indicam que é necessário repensar a função da informática no ensino, principalmente para alunos mais pobres, em que o emprego do computador está correlacionado a uma piora nos resultados educacionais.

Na mesma linha, Firpo e Pieri (2012) avaliaram o efeito do programa Tonomundo, lançado em 2000, que distribuiu computadores e equipamentos de informática, capacitando professores de escolas pertencentes a municípios com níveis inferiores de

Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Utilizando dados do Saeb para o 5º e 9º anos do ensino fundamental, os autores aplicaram um estimador de diferenças em diferenças combinado com técnicas de pareamento por observáveis. Os resultados indicaram que, em curto prazo, houve um efeito negativo do programa sobre o desempenho dos estudantes no 5º e 9º anos do ensino fundamental.

Ao examinarem a implementação do Prouca em cinco municípios (São João da Ponta, no Pará; Barra dos Coqueiros, em Sergipe; Tiradentes, em Minas Gerais; Santa Cecília do Pavão, no Paraná; e Terenos, no Mato Grosso do Sul), ao longo de 2010 e 2011, Lavinhas e Veiga (2013) consideraram seu impacto diante das diferentes características dos alunos e de seus respectivos domicílios. Os resultados revelaram um baixo nível de aproveitamento do programa, uma vez que o acesso à internet continuou limitado e os beneficiários não pobres foram mais favorecidos pela intervenção.

A partir de revisão bibliográfica dos estudos relacionados ao programa, Silva (2014) identificou mais de quarenta teses e dissertações que abordam o assunto. A maioria desses estudos adotou metodologias qualitativas (incluíram entrevistas e questionários com professores, bem como observações em sala de aula), como estudos de caso em escolas participantes do programa. Os resultados, em geral, apontaram para questões como a inadequação da infraestrutura escolar, a falta de suporte técnico e pedagógico para atender às demandas, a velocidade insuficiente de acesso à internet para o uso efetivo dos *laptops* e, em algumas regiões, a falta de conectividade. Além desses fatores, os problemas na organização estrutural dos cursos de capacitação oferecidos, subutilização dos equipamentos e baixa frequência de uso nas escolas também contribuíram para uma análise negativa do programa.

Dando ênfase nos efeitos da inserção de TICs no ambiente escolar, Resende (2017) realizou a primeira avaliação sistemática do Prouca sobre a proficiência em português e matemática. A partir dos dados do Saeb e do Censo Escolar, o autor aplicou uma combinação de método de *Propensity score matching* (PSM) com diferenças em diferenças (DD). As evidências mostraram que, embora o programa tenha impactado a utilização dos computadores e da internet para fins pedagógicos, não houve efeitos significativos sobre o desempenho educacional dos estudantes nos testes padronizados de português e matemática.

No escopo desse estudo, Lima et al. (2018) buscaram avaliar o efeito do Prouca sobre o desempenho no Saeb e no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), em uma análise tanto em nível da escola, aplicando o método diferenças em diferenças combinado com o score de propensão, quanto em nível do aluno, empregando o PSM. Os resultados mostraram que o Prouca teve impacto de 2,3% e 3,1% nas notas de provas de português e matemática, respectivamente, no 9º ano do ensino fundamental. Entretanto não foi observado efeito sobre o desempenho no Enem no 5º ano. Em síntese, os autores concluíram que os impactos da política não foram representativos

quando se equiparam os resultados adquiridos pelo programa e os níveis de proficiência nas escalas de aprendizagem.

Conforme evidenciado na literatura apresentada, esse tipo de política pública não apresenta impacto significativo no desempenho escolar. É fundamental que essas tecnologias sejam integradas de maneira adequada ao ambiente escolar, aliadas a um planejamento pedagógico efetivo. Além disso, a implementação do programa deve seguir todas as diretrizes estabelecidas por lei, uma vez que o não cumprimento dessas diretrizes pode resultar na ausência de efeitos positivos no grupo de alunos beneficiados.

### **Background do Prouca**

Inicialmente, o Prouca foi concebido como uma estratégia apresentada pelo pesquisador Nicholas Negroponte, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), durante o Fórum Econômico Mundial em Davos, Suíça, em 2005. Essa estratégia consistia na produção e distribuição em massa de *laptops* portáteis para crianças, dando origem à iniciativa internacional OLPC com a abordagem 1:1, ou seja, um *laptop* por criança. O objetivo desse movimento era promover a inclusão digital e aprimorar a qualidade da educação para crianças economicamente desfavorecidas em países em desenvolvimento (Fabris & Finco, 2012).

Diante disso, essa proposta<sup>2</sup> foi sugerida ao governo brasileiro, que se mostrou interessado em testar os dispositivos doados em algumas escolas públicas. Assim, surgiu o Prouca, com o objetivo de aumentar a presença das TICs nas escolas por meio da distribuição de *laptops* na rede pública de ensino. Além disso, visava a revolucionar a educação a partir da inclusão digital pedagógica e do aprimoramento dos processos de ensino e aprendizagem de estudantes e professores nas escolas públicas do país (Lustosa et al., 2008).

Nesse contexto, a proposta do programa fundamenta-se nas seguintes premissas (Lustosa et al., 2008): a posse do *laptop* é do aluno, para garantir que ele possa levá-lo para casa e usufruir por um maior período; o foco é nas crianças com idade entre 6 e 12 anos, pois em diversos países a faixa etária da primeira etapa da educação básica se situa nesse intervalo; saturação digital conquistada através da dispersão do *laptop* em determinada escala, a fim de que cada criança tenha o seu; a conexão se dá por meio de uma rede sem fio, conectada à internet; e o *software* livre e aberto, para que cada país utilize a ferramenta, adequando-se às suas necessidades específicas.

Essa estratégia de implementação do Prouca contemplou duas fases. A fase 1, denominada de pré-piloto, consistiu na realização de testes e estudos preliminares

2 Nicholas Negroponte se dispôs a entregar, no período de 12 meses, o protótipo funcional do futuro *laptop* XO, caso o governo brasileiro se comprometesse a criar um programa público de distribuição de *laptops* nas escolas brasileiras.

da aplicabilidade dos *laptops* no contexto educacional durante 2007. Essa fase<sup>3</sup> abrangeu cinco escolas públicas nas cidades de Porto Alegre (RS), Palmas (TO), Brasília (DF), São Paulo (SP) e Piraí (RJ), de modo que foi escolhida uma escola<sup>4</sup> em cada uma dessas cidades para receber o *laptop* educacional (Lustosa et al., 2008).

Desde o início da proposta até a implementação do projeto, o governo brasileiro instituiu o Grupo de Trabalho de Assessoramento Pedagógico do UCA (GTUCA), pela Portaria Seed/MEC n. 8, de 19 de novembro de 2007. Esse grupo, junto com as universidades de cada estado, realizava o acompanhamento e avaliação das ações relativas à fase pré-piloto. Para tanto, o GTUCA era formado por assessores pedagógicos de diferentes instituições de ensino superior (IES) e por integrantes da Secretaria de Educação a Distância do Ministério da Educação (Seed/MEC)<sup>5</sup> (MEC, 2010).

Em 2010, teve início a fase 2, denominada de piloto, com 150 mil *laptops* distribuídos em mais de 300 escolas públicas. Simultaneamente a essa etapa, houve um experimento que se intitulou de UCA-Total, em que seis municípios selecionados – Barra dos Coqueiros (SE), Caetés (PE), Santa Cecília do Pavão (PR), São João da Ponta (PA), Terenos (MS) e Tiradentes (MG) – tiveram todas as escolas contempladas com um *laptop* para cada aluno e professor. Essa expansão foi formalizada através da Lei n. 12.249, de 11 de janeiro de 2010.

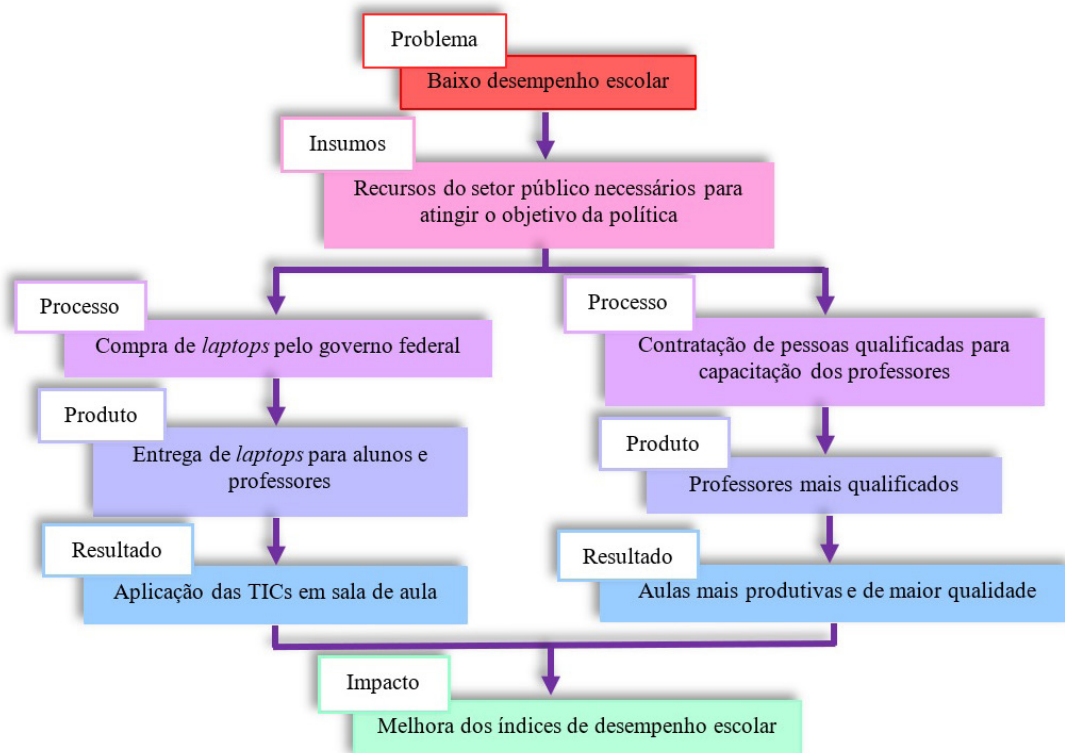
Por intermédio do Decreto n. 7.243, de 26 de julho de 2010, o governo federal regulamentou o Prouca e o Regime Especial de Aquisição de Computadores para Uso Educacional (Recompe). Nesse caso, os estados e municípios puderam adquirir os equipamentos portáteis<sup>6</sup> da empresa selecionada por meio do pregão eletrônico, de modo que, para incentivar a compra, foi disponibilizada uma linha de crédito<sup>7</sup> para o financiamento junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), além de uma série de incentivos fiscais.

- 3 Nessa fase pré-piloto, a inserção dos *laptops* ocorreu de maneiras distintas em cada unidade escolar. Em São Paulo, utilizou-se o modelo 8:1, ou oito alunos para cada computador, sendo compartilhado por dois alunos a cada quatro turnos da escola. Em Piraí, seguiu-se o modelo 1:1, mas o acesso restringiu-se à escola. O compartilhamento em Palmas se deu em três turnos (3:1). Já em Brasília, devido ao número limitado de equipamentos, foram contempladas apenas três turmas numa escola com mais de mil alunos. Enfim, somente a escola de Porto Alegre seguiu o paradigma 1:1, com os alunos podendo levar o *laptop* para casa todos os dias.
- 4 São elas: Escola Estadual Luciana de Abreu, em Porto Alegre (RS), nos dias 22 e 23 de outubro; Escola Municipal de Ensino Fundamental Ernani Silva Bruno, em São Paulo (SP), no dia 24 de outubro; Ciep Rosa da Conceição Guedes, na cidade de Piraí (RJ), no dia 29 de outubro; Colégio Estadual Dom Alano M. Du Noday, em Palmas (TO), no dia 31 de outubro; e o Centro de Ensino Fundamental n. 1 na zona central de Brasília (DF), no dia 5 de novembro.
- 5 A Seed foi extinta em 2011 e o programa foi alocado na Secretaria de Educação Básica (SEB).
- 6 O *laptop* possui configuração exclusiva e requisitos, como: peso de até 1,5 kg, tela de cristal líquido de sete polegadas e bateria com autonomia mínima de 3 horas. Além disso, é equipado para rede sem fio e conexão à internet.
- 7 O governo federal ofereceu uma linha de crédito de R\$ 600 milhões junto ao BNDES.

Os critérios de elegibilidade das escolas participantes para a fase 2 foram estabelecidos pelo Conselho Nacional de Secretários Estaduais de Educação (Consed), União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação (Undime), Secretaria de Educação a Distância do Ministério da Educação (Seed/MEC) e Presidência da República. Posto isso, os critérios são os seguintes:

- limite máximo de quinhentos alunos e professores em cada escola;
- as escolas devem possuir, obrigatoriamente, energia elétrica e condições mínimas de utilização dos equipamentos;
- as escolas devem estar, preferencialmente, localizadas próximas aos núcleos de tecnologia educacional (NTEs) ou similares, instituições de ensino superior públicas ou escolas técnicas federais, de modo que, no mínimo, uma das escolas precisará estar localizada na capital do estado e uma na zona rural;
- para cada escola selecionada, as respectivas secretarias de educação estaduais ou municipais devem aderir ao projeto por meio do envio de ofício ao MEC e assinatura de Termo de Adesão, manifestando compromisso e responsabilidades com o programa;
- as secretarias de educação estaduais ou municipais participantes também devem enviar ao MEC um ofício com a aprovação do diretor, com anuência do corpo docente, em relação à participação no programa (MEC, 2010).

Considerando todas essas especificações, é importante apresentar, por meio da teoria da mudança, uma análise preliminar do desenho do programa. Assim, a Figura 1 ilustra o modelo lógico aplicado ao Prouca, mostrando seu problema inicial (baixo desempenho escolar) e percorrendo um processo até alcançar seu objetivo final. A hipótese é a de que, ao fornecer *laptops* para as escolas, permitindo que alunos e professores tenham acesso a um computador, haverá um aumento na motivação dos estudantes e, conseqüentemente, uma melhora nos índices de desempenho escolar.

**FIGURA 1**  
**Modelo lógico do Prouca**

Fonte: Adaptado de Casa Civil da Presidência da República et al. (2018, p. 151).

Sob essa perspectiva, para que a política pública possa atingir o seu principal objetivo, isto é, melhorar o índice de desempenho dos alunos, é necessário que ela seja implementada corretamente seguindo todas as diretrizes impostas na lei, caso contrário, poderá não gerar efeito sobre o público-alvo. Tendo em vista isso, discutir-se-á, na próxima seção, a estratégia empírica utilizada para avaliar o efeito do Prouca sobre o desempenho das escolas nos testes de língua portuguesa e matemática.

### ESTRATÉGIA EMPÍRICA

Na falta de um experimento aleatório, existem algumas metodologias que tentam recuperar o efeito causal da forma mais próxima possível, os chamados métodos quase-experimentais (Lee & Lemieux, 2010). Dentre diversas estratégias, destaca-se o método de RDD, que será utilizado para avaliar o efeito do Prouca na proficiência média das escolas nas disciplinas de português e matemática para os anos finais de ensino.

Como as regras não são perfeitamente cumpridas de acordo com os critérios de elegibilidade no Prouca, o intento é utilizar o número de alunos e professores previsto como sendo um instrumento para a quantidade realizada, explorando-se a descontinuidade na probabilidade ou no valor esperado do tratamento condicional (Angrist & Pischke, 2009). Em outros termos, pode-se dizer que a probabilidade de recebimento

do Prouca é uma função descontínua da quantidade de alunos e professores, designando em um RDD *fuzzy*.

### Base de dados e descrição das variáveis

As bases de dados utilizadas neste estudo são provenientes dos microdados do Saeb e do Censo Escolar e referem-se às escolas que participaram da prova em 2011. O Saeb é um programa de avaliações externas em larga escala, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), que tem como objetivo realizar um diagnóstico da educação básica no Brasil e identificar os fatores que podem influenciar o desempenho dos alunos.

As avaliações acontecem por meio de testes padronizados e questionários socioeconômicos aplicados a cada dois anos, sendo censitárias para a rede pública e amostrais para a rede privada. As provas são realizadas para os estudantes do 5º e 9º anos do ensino fundamental nas disciplinas de língua portuguesa e matemática, em que é feita também uma avaliação amostral para o 3º ano do ensino médio. Logo, o estudo vai recorrer aos resultados das provas correspondentes ao ano final do ensino fundamental (9º ano).

Os dados do Censo Escolar são utilizados para mensurar as características das escolas, possibilitando analisar a situação educacional nas escolas tanto da rede pública quanto da privada do país. De forma complementar, são utilizados dados referentes às escolas participantes do Prouca em 2010.

Diante disso, a Tabela 1 descreve todas as variáveis consideradas no estudo, sendo que as variáveis dependentes correspondem à proficiência da escola em língua portuguesa e matemática apenas para o 9º ano do ensino fundamental, enquanto as explicativas englobam a infraestrutura da escola, bem como o sexo e a cor/raça dos alunos, e professores com ensino superior. Vale ressaltar ainda que foi criada uma *proxy* para a *running variable*, a qual representa a soma do número de alunos e professores da escola.

**TABELA 1**  
**Descrição das variáveis**

DIMENSÃO	VARIÁVEIS	DESCRIÇÃO
<b>RUNNING VARIABLE</b>		
Alunos mais professores	mat_prof	Quantidade de alunos matriculados nas escolas mais a quantidade de professores
<b>VARIÁVEIS DEPENDENTES</b>		
Proficiência	media_lp9	Proficiência média da escola em língua portuguesa para os alunos do 9º do ensino fundamental
	media_mt9	Proficiência média da escola em matemática para os alunos do 9º do ensino fundamental

(continua)

(continuação)

DIMENSÃO	VARIÁVEIS	DESCRIÇÃO
<b>VARIÁVEIS EXPLICATIVAS</b>		
Participação do programa	tratamento	Escola contemplada com o programa: 1 se participou; 0 caso contrário
Nível da escola	energia_rede_publica	Possui abastecimento de energia da rede pública? 1 sim; 0 não
	sala_diretoria	Possui sala da diretoria? 1 sim; 0 não
	sala_prof	Possui sala dos professores? 1 sim; 0 não
	lab_inf	Possui laboratório de informática? 1 sim; 0 não
	lab_cien	Possui laboratório de ciências? 1 sim; 0 não
	biblioteca	Possui biblioteca? 1 sim; 0 não
	sala_leit	Possui sala de leitura? 1 sim; 0 não
	tv	Possui TV? 1 sim; 0 não
	videocassete	Possui videocassete? 1 sim; 0 não
	dvd	Possui DVD? 1 sim; 0 não
	computadores	Possui computadores? 1 sim; 0 não
	banda_larga	Possui internet banda larga? 1 sim; 0 não
	alimentacao	Possui alimentação? 1 sim; 0 não
	qd_esportes	Possui quadra de esportes? 1 sim; 0 não
	num_funcionarios	Número de funcionários
Nível do aluno	pro_mulheres	Proporção de mulheres na escola
	pro_pretos	Proporção de alunos pretos na escola
Nível do professor	pro_prof_ens	Proporção de professores com ensino superior

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo Escolar (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira [Inep], 2011a, 2011b).

É importante destacar que, das 335 escolas que receberam os *laptops* do Prouca, somente 164 (grupo de tratamento) foram incluídas na amostra, pois nem todas realizaram a prova do Saeb em 2011. Finalmente, a amostra para o grupo de controle consistiu em 31.435 observações.

### Regressão descontínua fuzzy

Em linha com o estudo de Angrist e Pischke (2009), o RDD *fuzzy* acontece quando existe uma descontinuidade no valor esperado ou na probabilidade de tratamento condicional. Com isso, o resultado consiste em um desenho em que a descontinuidade se transforma em uma variável instrumental (VI) para a condição de tratamento, ocorrendo, então, um "salto" na probabilidade de ser tratado. Fortificando a natureza do método, define-se:  $D_i$  como uma variável *dummy* que indica o tratamento, sendo 1 para tratado e 0 para caso contrário;  $x_i$  é a *running variable*; e  $c_1$  corresponde ao ponto de corte (ou salto) da distribuição de  $x$ . Desse modo, tem-se:

$$P(D_i = 1|x_i) = \begin{cases} g_0(x_i) & \text{se } x_i \geq c_1 \\ g_1(x_i) & \text{se } x_i < c_1 \end{cases}, \quad \text{onde } g_0(c_1) \neq g_1(c_1) \quad (1)$$

Em que  $g_0(x_i)$  e  $g_1(x_i)$  são funções distintas (quanto mais diferirem, melhor), com imagem entre 0 e 1 para todo  $x_i$ . Partindo disso, a relação entre a probabilidade de tratamento e  $x_i$  pode ser determinada por:

$$E(D_i|x_i) = P(D_i = 1|x_i) = g_0(x_i) + [g_1(x_i) - g_0(x_i)] T_i \quad (2)$$

Onde  $T_i = 1(x_i \geq c_1)$ . Nesse caso, a variável *dummy*  $T_i$  designa o ponto de descontinuidade em  $E(D_i|x_i)$ .

O RDD *fuzzy* pode ser estimado por uma estratégia de mínimos quadrados em 2 estágios (MQ2E), de modo que a equação (1) corresponde ao primeiro estágio, sendo  $T_i$  o instrumento para o tratamento  $D_i$ . No segundo estágio, controlando por funções da *running variable*  $x_i$ , faz-se uma regressão da variável resposta  $Y_i$ , levando em conta  $E(D_i|x_i)$ . Fundamentalmente, o efeito a ser mensurado pode ser explícito da seguinte forma:

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{E[Y_i|c_1 < x_i < c_1 + \delta] - E[Y_i|c_1 - \delta < x_i < c_1]}{E[D_i|c_1 < x_i < c_1 + \delta] - E[D_i|c_1 - \delta < x_i < c_1]} = \rho \quad (3)$$

Em tal caso, utilizando  $T_i$  como um instrumento *dummy* para  $D_i$  numa  $\delta$ -vizinhança de  $c_1$ , o resultado  $\rho$  equivale ao efeito médio local do tratamento. O análogo amostral de (3) é o estimador de Wald, interpretado por Hahn et al. (2001), que mede o efeito causal nos *compliers*, definidos como indivíduos cujo *status* de tratamento altera na proporção em que se move o valor de  $x_i$  da esquerda de  $c_1$  para a direita de  $c_1$ .

A partir do que foi apresentado neste estudo, o tratamento não é definido de maneira determinística, o que configura exatamente o caso do Prouca, já que apenas uma pequena parte das escolas de ensino público aderiu ao programa. Assim, o limite de 500 representa uma mudança na probabilidade, mas não de 0 para 1, como no caso *sharp*. A expectativa é que as escolas com um número abaixo desse limite tenham uma probabilidade de recebimento do programa superior àquelas acima desse limite.

Assim, será realizada a estimação em dois estágios. Primeiro, a quantidade perdida do número de alunos e professores, caso essa regra seja estritamente cumprida, se dará por uma regra análoga à de Maimonides, desenvolvida, a princípio, por Angrist e Lavy (1999):

$$alun\_prof\_pred = \frac{alunos\ e\ professores}{int\left(\frac{alunos\ e\ professores - 1}{m\acute{a}ximo\ estabelecido}\right) + 1} \quad (4)$$

Em que  $alun\_prof\_pred$  é a quantidade de alunos e professores na escola predita pelo *máximo estabelecido* de acordo com a lei formalizada (máximo de 500); e  $int( . )$  é a parte inteira de um número real.

Após ser criado o instrumento, o modelo empírico estimado pode ser formalizado a partir da equação do segundo estágio:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 P + \beta_2 alun\_pro\_pred + \beta_3 X + \varepsilon \quad (5)$$

Onde  $Y$  é a proficiência (em português ou em matemática);  $P$  refere-se ao Prouca, que assume valor 1 para as escolas elegíveis e 0 para caso contrário;  $alun\_pro\_pred$  é o número médio estimado de alunos e professores predito pela equação (4), indicando se a escola está abaixo ou acima do ponto de corte;  $X$  são as características observáveis dos alunos (sexo e cor/raça), dos professores (escolaridade) e da infraestrutura da escola; e  $\varepsilon$  é o termo de erro estocástico.

O parâmetro  $\beta_1$  é o impacto a ser estimado e corresponde à diferença entre os limites à esquerda e à direita do ponto de corte ( $c$ ). Ademais, caso a escola esteja com o número de alunos mais professores menor ou igual ao *cutoff*, essa escola é do grupo de tratamento, caso contrário, encontra-se no grupo de controle. Partindo disso, foram estimadas regressões lineares locais com pesos kernel triangulares, o que significa efetuar uma regressão dentro de uma janela ( $h$ ) em ambos os lados do ponto de corte, calculada por meio do procedimento de Calonico et al. (2014).

Existe uma hipótese fundamental para a validade dos resultados do modelo. Para Lee e Lemieux (2010), a hipótese de aleatorização local diz respeito ao controle impreciso dos indivíduos sobre a *running variable*; então, o tratamento é tão bom quanto se atribui aleatoriamente em torno do *cutoff*. Para testar essa hipótese, realizaram-se os testes de densidade<sup>8</sup> propostos por Cattaneo et al. (2020) para analisar se as escolas podem manipular o número de alunos e professores para eles serem elegíveis ao programa.

Além disso, verificou-se, também, o teste de sensibilidade das estimativas correlatas ao *bandwidth*, recomendado por Imbens e Lemieux (2008), fazendo estimações em outros limiares superiores e inferiores para observar se há significância. Enfim, foram empregados, em todas as regressões lineares, pesos *kernel* triangulares,<sup>9</sup> polinômios de ordem 2 e 3, estimador de variância-covariância (*nearest neighbors*)  $nn$ <sup>10</sup> e largura de banda ótima (*Mean Squared Error*)  $mserd$ .<sup>11</sup> A escolha desses graus de po-

8 São utilizados os pacotes "rddensity" e "rdrobust".

9 Verificam-se maior peso às observações próximas do *cutoff* e declínio linear na proporção em que as observações se distanciam do limite.

10 Utilizado para estimar a variância do vizinho mais robusto para heterocedasticidade.

11 Seletor de largura de banda ideal MSE atribuído por Calonico et al. (2019).

linômios ajusta a flexibilidade do modelo à realização dos dados, em que o polinômio de ordem 2 flexibiliza a captura de curvaturas sem sobreajuste, e o polinômio 3 pode captar variações mais complexas.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção destina-se a apresentar os dados estatísticos, estimativas do modelo e testes de validade. Primeiramente, são realçados os gráficos do desenho de regressão descontínua para analisar se há uma descontinuidade em torno do *cutoff*, em seguida são expostas as principais evidências do efeito do Prouca nos resultados educacionais e, por fim, apresentam-se os testes de robustez, os quais compreendem os testes de densidade atribuídos por Cattaneo et al. (2020), o de falsificação/placebo e o de sensibilidade propostos por Imbens e Lemieux (2008).

### Estatísticas descritivas

De acordo com os dados obtidos junto ao Ministério da Educação, 335 escolas foram contempladas com os computadores do Prouca em 2010. Desse quantitativo, ao fazer a mesclagem daquelas que estavam no Censo Escolar com as participantes da avaliação do Saeb, 164 escolas formaram a base para o grupo de tratamento e 31.435 compuseram o grupo de controle nos anos finais do ensino fundamental. Apesar da discrepância no número de observações, é possível verificar uma semelhança geral entre as médias das variáveis de resposta e das variáveis explicativas.

Em concordância com as evidências iniciais, a Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis que compõem os grupos de tratamento e controle. Para as escolas do grupo de tratamento, as médias de desempenho no Saeb correspondem a 239,78 em português e 246,55 em matemática, enquanto para as escolas do grupo de controle essas médias se situam em torno de 236,07 e 243,01, respectivamente. Comparando os dois grupos, nota-se que as médias das escolas nas duas disciplinas estão próximas, mas um pouco superiores para o grupo de tratamento. Os desvios padrão também são próximos. A média de alunos mais professores é de 693,26, o que reforça a escolha do RDD *fuzzy*.

**TABELA 2**  
**Estatística descritiva das variáveis**

DIMENSÕES / VARIÁVEIS	TRATAMENTO = 164		CONTROLE = 31.435	
	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
<b>RUNNING VARIABLE</b>				
Alunos mais professores	693,26	410,09	949,70	580,66
<b>VARIÁVEIS DEPENDENTES</b>				
Proficiência em língua portuguesa	239,78	23,46	236,07	20,14
Proficiência em matemática	246,55	27,26	243,01	22,40
<b>VARIÁVEIS EXPLICATIVAS</b>				
Proporção de mulheres	0,49	0,04	0,49	0,04
Proporção de alunos pretos	0,02	0,03	0,03	0,04
Proporção de professores com ensino superior	0,89	0,15	0,86	0,20
Energia da rede pública	1,00	0,00	0,99	0,07
Sala da diretoria	0,90	0,30	0,95	0,22
Sala dos professores	0,92	0,27	0,90	0,30
Laboratório de informática	0,90	0,30	0,87	0,34
Laboratório de ciências	0,19	0,39	0,27	0,44
Biblioteca	0,68	0,47	0,63	0,48
Sala de leitura	0,27	0,44	0,30	0,46
Número de salas utilizadas	11,05	6,97	12,05	6,34
TV	0,99	0,08	0,98	0,12
Videocassete	0,62	0,49	0,64	0,48
DVD	0,97	0,17	0,97	0,17
Internet	0,94	0,24	0,88	0,33
Internet banda larga	0,82	0,38	0,86	0,35
Número de funcionários	52,11	29,37	58,27	3,33
Alimentação	1,00	0,00	1,00	0,00
Quadra de esportes	0,57	0,50	0,64	0,48
Idade média dos alunos da escola	13,81	2,79	14,26	2,56

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb (Inep, 2011b).

## Desenho de regressão descontínua

Para analisar uma estrutura de RDD, segundo Calonico et al. (2015), devem ser plotados gráficos para observar se existe uma descontinuidade na média condicional em torno do ponto de corte (*cutoff*). Assim, os gráficos a seguir esboçam a relação entre o desempenho das escolas no Saeb para os anos finais, tanto em língua portuguesa quanto em matemática, e a quantidade de alunos e professores das escolas da rede pública de ensino no Brasil.

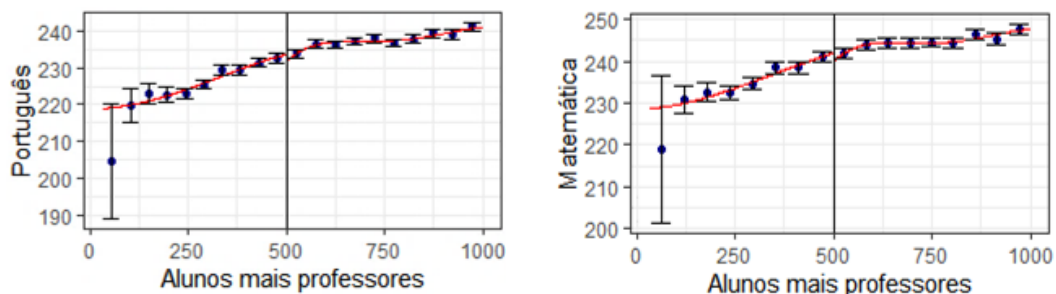
Na Figura 2, utilizando uma banda ótima, os intervalos de confiança das médias do desempenho em língua portuguesa e matemática concernentes às escolas pertencentes aos grupos de tratamento e controle estão expostos, de forma separada. Diante disso, no eixo das abscissas está contida a variável alunos mais professores, com ponto de corte igual a 500, sendo que à esquerda estão as escolas com maiores chances de serem contempladas com o programa (grupo de tratamento) e à direita estão aquelas que não receberam o programa (grupo controle).

Em continuidade, a Figura 3 traça a média amostral com os dados agrupados uniformemente espaçados com ajustes polinomiais de ordem dois para as observações dos grupos controle e de tratamento. Na amostra completa com a dispersão dos dados brutos com espaçamento quantil (QS), Figura 4, as linhas tracejadas de vermelho correspondem aos ajustes polinomiais de segunda ordem com as observações dos grupos controle e de tratamento.

Com fundamento nas evidências acima, as duas variáveis de resultado – desempenho em língua portuguesa e matemática – apresentaram uma descontinuidade em torno do limiar (500), pois foi observado um salto na vertical da linha vermelha no intervalo que estão inseridas as observações em torno do ponto de corte.

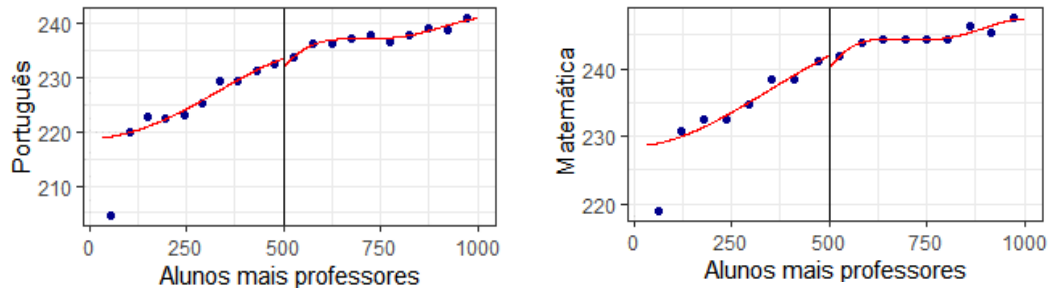
**FIGURA 2**

**Médias condicionais do desempenho em língua portuguesa e matemática com intervalos de confiança**



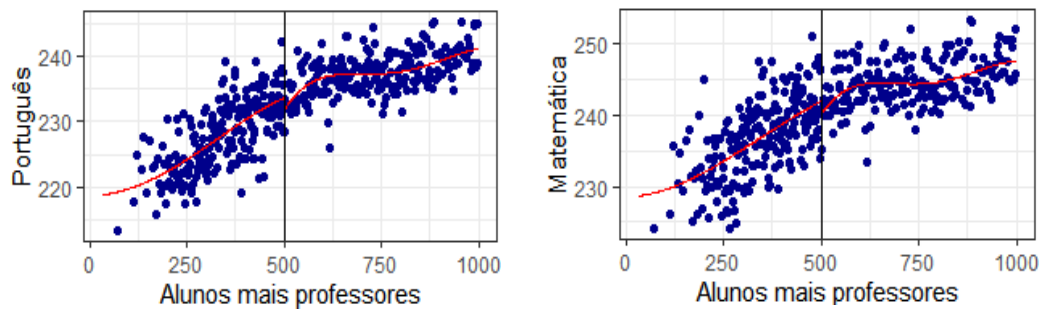
Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo Escolar (Inep, 2011a, 2011b).

Nota: Foi usada a largura de banda ótima *mserd*, que é um seletor de largura de banda ideal MSE de Calonico et al. (2019).

**FIGURA 3****Médias amostrais do desempenho em língua portuguesa e matemática ao longo do ponto de descontinuidade**

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo Escolar (Inep, 2011a, 2011b).

Nota: Foi usada a largura de banda ótima *mserd*, que é um seletor de largura de banda ideal MSE de Calonico et al. (2019). Médias calculadas com os dados uniformemente espaçados e com ajustes polinomiais de ordem dois para ambos os grupos.

**FIGURA 4****Desempenho médio por escola em língua portuguesa e matemática (amostra completa)**

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo Escolar (Inep, 2011a, 2011b).

Nota: Foi usada a largura de banda ótima *mserd*, que é um seletor de largura de banda ideal MSE de Calonico et al. (2019).

**Efeito do Prouca nos resultados educacionais**

Com o objetivo de confirmar as evidências encontradas na análise gráfica, o panorama traçado na Tabela 3 apresenta os principais resultados do segundo estágio baseado nas estimativas do RDD *fuzzy*, que estima os efeitos locais do Prouca sobre o desempenho escolar nas disciplinas de português e matemática no 9º ano. Porém, como foi percebido na seção anterior, a literatura sobre o efeito das políticas públicas 1:1 na proficiência dos alunos esboça impactos nulos, principalmente nos países em desenvolvimento.

Desse modo, inicialmente foram realizadas estimações sem covariadas, e, em seguida, fez-se a inclusão delas para obter resultados mais precisos. No tocante aos resultados encontrados sem a utilização de covariadas, não foram constatados efeitos estatisticamente significativos do programa na qualidade do ensino das escolas tratadas, tanto em português como em matemática.

**TABELA 3****Estimativa do efeito do Prouca sobre a proficiência em português e matemática para o segundo estágio sem covariadas**

PORTUGUÊS					
Método	Coef.	Erro padrão	z	P> z	[95% C.I.]
Convencional	130,234	95,331	1,366	0,172	[-56,611; 317,078]
Viés corrigido	107,365	95,331	1,126	0,260	[-79,480; 294,210]
Robusto	107,365	107,471	0,999	0,318	[-103,274; 318,004]
MATEMÁTICA					
Método	Coef.	Erro padrão	z	P> z	[95% C.I.]
Convencional	131,423	105,537	1,245	0,213	[-75,425; 338,271]
Viés corrigido	121,713	105,537	1,153	0,249	[-85,135; 328,561]
Robusto	121,713	118,841	1,024	0,306	[-111,212; 354,638]

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo Escolar (Inep, 2011a, 2011b).

Nota: Foi usada a largura de banda ótima  $m_{\text{serd}}$ , que é um seletor de largura de banda ideal MSE de Calonico et al. (2019). Todas as especificações utilizam a função kernel triangular. Polinômios de ordem 2 e 3.

Em continuidade, a Tabela 4 exibe as estimativas com a inserção das covariadas. Da mesma forma que a análise anterior, não foram evidenciados efeitos do Prouca na proficiência em português e matemática, pois apresentaram *p-valores* acima de 5%, o que explica a não significância dos coeficientes. Esses resultados vão ao encontro da literatura internacional supracitada no primeiro momento sobre os programas que ofertaram um computador por criança (Angrist & Lavy, 2002; Melo et al., 2014; Cristia et al., 2017).

Em síntese, vale destacar que alguns estudos nacionais que buscaram captar o impacto do Prouca nos testes padronizados mostraram-se inconclusivos quanto à análise de aprendizagem. Alguns trabalhos encontraram resultados negativos (Dwyer et al., 2007; Firpo & Pieri, 2012) e outros não denotaram efeito significativo em algumas abordagens (Resende, 2017). Em contrapartida, esses resultados divergem do estudo de Lima et al. (2018), uma vez que os autores encontraram impacto positivo na *performance* dos alunos, mas, apesar disso, o programa não foi eficaz na percepção de elevar o nível de educação do ensino público.

**TABELA 4****Estimação do efeito do Prouca sobre a proficiência em português e matemática para o segundo estágio com covariadas**

PORTUGUÊS					
Método	Coef.	Erro padrão	z	P> z	[95% C.I.]
Convencional	126.633	185.984	0.681	0.496	[-237.889, 491.155]
Viés corrigido	130.474	185.984	0.702	0.483	[-234.048, 494.996]
Robusto	130.474	195.053	0.669	0.504	[-251.823, 512.771]
MATEMÁTICA					
Método	Coef.	Erro padrão	z	P> z	[95% C.I.]
Convencional	122,548	201,172	0,609	0,542	[-271,742; 516,839]
Viés corrigido	124,051	201,172	0,617	0,537	[-270,239; 518,342]
Robusto	124,051	210,929	0,588	0,556	[-289,361; 537,464]

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo Escolar (Inep, 2011a, 2011b).

Nota: Foi usada a largura de banda ótima  $m_{serd}$ , que é um seletor de largura de banda ideal MSE de Calonico et al. (2019). Todas as especificações utilizam a função kernel triangular. Polinômios de ordem 2 e 3.

Por intermédio dos resultados apresentados, pode-se enfatizar que o programa demonstrou falhas no processo de implementação que comprometeram o produto final. Entre os principais problemas, destaca-se a falta de capacitação dos professores, que, embora tenham participado de capacitações, não se mostraram efetivamente preparados para o uso pedagógico dos recursos tecnológicos, uma vez que não dispunham de uma base de conhecimento adequada em tecnologia educacional. Ademais, a distribuição dos computadores sem o devido acompanhamento, em alguns casos, resultou na ausência de seu uso efetivo em atividades pedagógicas (Lavinhas & Veiga, 2013; Resende, 2017).

De outra forma, durante o período que envolveu a fase de implementação do Prouca, um aspecto fundamental que poderia ser adicionado ao desenho da política, dadas as falhas identificadas, era a questão da infraestrutura de internet de alta velocidade nas escolas. De acordo com um estudo do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), publicado em 2013 (Casa Civil da Presidência da República et al., 2018), várias escolas apresentavam estrutura suficiente para receber os computadores, mas não tinham acesso à internet. Nessa situação, o uso pedagógico das tecnologias ficou restrito somente a atividades básicas, como noções de informática e digitação (Casa Civil da Presidência da República et al., 2018).

Um ponto importante para o insucesso da política foi o fato de que a quantidade de alunos e professores envolvidos chegava ao limite de 500, o que comprometeu o critério de seleção final das escolas beneficiadas. Como foi destacado na estatística descritiva desta pesquisa, a média da soma do número de alunos mais professores

por escola foi de aproximadamente 693, mostrando que houve escolas que receberam computadores mesmo superando o limite estabelecido pela política. No que se refere a essa questão, Resende (2017) evidenciou que aproximadamente 25% das instituições selecionadas tinham menos de 200 alunos, enquanto outras 10%, mais de 600.

Diante do exposto, é imprescindível mencionar que a política foi descontinuada. Então, a avaliação realizada neste estudo teve o intuito de orientar o desenho e a implementação de políticas semelhantes ao Prouca no futuro. A partir dessas considerações, reforça-se a necessidade de um melhor planejamento integrado que contemple não apenas a distribuição de recursos tecnológicos, mas também o processo de capacitação dos educadores. Além disso, é preciso garantir uma entrega e instalação em ambientes com infraestrutura adequada, incluindo um acesso de qualidade à internet, a fim de que as ferramentas tecnológicas possam ser aproveitadas com máxima eficiência. Por fim, alinhar essas questões pode potencializar efeitos positivos nos resultados educacionais dos estudantes.

### Testes de robustez

Objetivando apresentar a robustez dos resultados encontrados neste estudo, esta subseção apresenta os testes de densidade, de falsificação/placebo e análise de sensibilidade.

#### Teste de densidade

Analisando os resultados do teste de manipulação de densidade robusto de Cattaneo et al. (2020), o qual está em linha com o teste de McCrary (2008), pode-se inferir que não existe evidência de manipulação sistemática da variável de elegibilidade, isto é, descarta-se a hipótese de manipulação da quantidade de alunos e professores inseridos na escola (Tabela 5). De outra forma, observa-se na Figura 5 que não há evidência de descontinuidade na variável de elegibilidade, de modo que o intervalo de confiança (parte sombreada sob as linhas) circunda o salto das observações em que ocorre o *cutoff*.

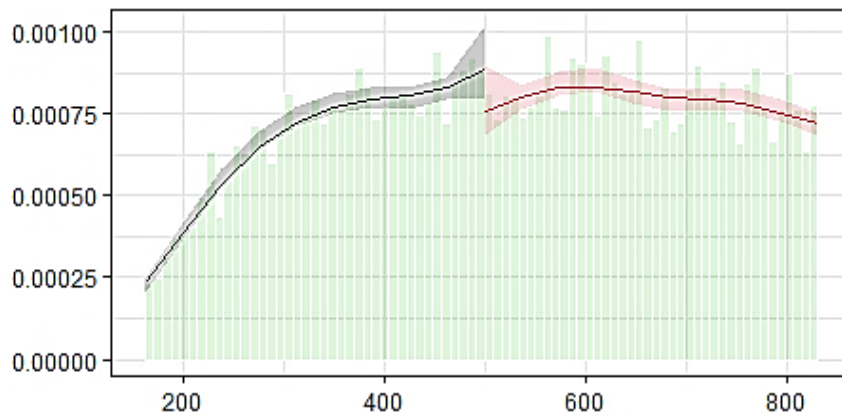
**TABELA 5**

#### Teste de manipulação sobre a quantidade de alunos e professores

MÉTODO	T	P >  T
Convencional	-2,4561	0,014
Robusto	-1,4992	0,1338

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo Escolar (Inep, 2011a, 2011b).

Nota: Todas as especificações utilizam a função kernel triangular. Ordem dos polinômios é  $p = 2$  e  $q = 3$ .

**FIGURA 5****Teste de manipulação sobre a densidade da descontinuidade da quantidade de alunos e professores**

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo Escolar (Inep, 2011a, 2011b).

Nota: Utiliza a função kernel triangular.

**Teste de falsificação/placebo**

Ao considerar o uso de covariadas (variáveis independentes) em sua pesquisa, Calonico et al. (2019) enfatizam que a inclusão dessas variáveis no modelo visa a aumentar a precisão das estimativas de regressão descontínua do efeito do tratamento. Então, os autores exigem que o tratamento não tenha impacto sobre as covariadas no ponto de corte. Nesse sentido, seguindo essa exigência, efetuou-se o teste de balanceamento de todas as covariadas para garantir a randomização dos grupos de tratamento e controle, para que, a partir disso, se pudesse equiparar esses dois grupos. Isso pode ser validado por meio do teste de falsificação/placebo das covariadas. Ante isso, a Tabela 6 traz um delineamento do teste de balanceamento das covariadas selecionadas na amostra.

**Tabela 6****Teste de falsificação/placebo, balanceamento das covariadas**

VARIÁVEIS	EFEITO DO RDD ROBUSTO	P-VALOR
Proporção de mulheres	0,0051	0,0039
Proporção de alunos pretos	0,0013	0,5040
Proporção de professores com ensino superior	0,0148	0,0979
Laboratório de informática	0,0343	0,0144
Laboratório de ciências	0,0608	0,0007
Videocassete	0,0058	0,7796
Número de salas utilizadas	1,6495	0,0000
Sala de leitura	0,0334	0,1006

(continua)

(continuação)

VARIÁVEIS	EFEITO DO RDD ROBUSTO	P-VALOR
Energia da rede pública	0,0020	0,4077
Sala da diretoria	0,0176	0,0687
DVD	0,0192	0,2465
Internet banda larga	0,0530	0,0153
Quadra de esportes	-0,0019	0,5206
Sala dos professores	0,0192	0,2465
Biblioteca	0,0530	0,0153
TV	-0,0019	0,5206
Computadores	0,0178	0,2647
Internet	0,0868	0,0000
Número de funcionários	-0,0022	0,5405

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo Escolar (Inep, 2011a, 2011b).

Percebe-se que a maior parte das covariadas escolhidas não apresentou coeficientes estatisticamente significantes, com exceção da proporção de mulheres, laboratório de informática, laboratório de ciências, número de salas utilizadas, banda larga, biblioteca e internet, com um nível de 5%. Isso demonstra que não há diferença significativa da maioria das variáveis observadas próximas ao ponto de corte, o que permite comparar os grupos de tratamento e controle.

### Teste de sensibilidade

Como proposto por Imbens e Lemieux (2008), o teste de sensibilidade das estimativas, no que se refere ao *bandwidth*, realiza estimações em pontos abaixo e acima do limiar. Assim, a escolha do *bandwidth* 460 e 540 e a consideração de polinômios de grau 2 e 3 são essenciais para gerar um equilíbrio entre viés e variância do estimador, conforme evidenciado pela literatura metodológica sobre estimação local. A Tabela 7 demonstra esse teste das variáveis respostas.

**TABELA 7**  
**Teste de sensibilidade do *bandwidth* para português e matemática**

PORTUGUÊS						
Método	c = 460			c = 540		
	Coef.	Erro padrão	P> z	Coef.	Erro padrão	P> z
Convencional	1,128	1,499	0,452	0,278	0,568	0,625
Viés corrigido	1,340	1,499	0,371	56,233	0,568	0,000
Robusto	1,340	1,606	0,404	56,233	120,937	0,642
MATEMÁTICA						
Método	c = 460			c = 540		
	Coef.	Erro padrão	P> z	Coef.	Erro padrão	P> z
Convencional	1,523	1,689	0,367	0,870	0,638	0,173
Viés corrigido	1,682	1,689	0,319	95,578	0,638	0,000
Robusto	1,682	1,811	0,353	95,578	135,727	0,481

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo Escolar (Inep, 2011a, 2011b).

Nota: Utiliza a função kernel triangular.

Com a finalidade de identificar se há significância em pontos fora do *cutoff* (500), foram realizadas estimações do mesmo modelo para as proficiências de português e matemática utilizando diferentes pontos de corte, isto é, novos limiares inferiores a 460 e superiores a 540. Como é perceptível, a partir da Tabela 6, não há significância dos coeficientes em outros pontos de corte.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos no Brasil, as políticas educacionais ganharam ênfase em razão do baixo desempenho que o país vem apresentando em testes padronizados. Um dos esforços para a melhoria da qualidade educacional foi a implementação do Programa Um Computador por Aluno, em 2010, cujo intuito era a inserção de tecnologia nas escolas através da entrega de *laptops* para alunos e professores, propagando, dessa forma, a inclusão digital. Como foi exposto anteriormente, foram entregues cerca de 150 mil *laptops* para mais de 300 escolas em todo o país.

Em função disso, este trabalho buscou traçar uma abordagem diferente para avaliar o impacto do Prouca no desempenho escolar, usando como variável resposta a proficiência em língua portuguesa e matemática. A fonte de dados utilizada foi o Saeb de 2011, compreendendo somente os alunos do 9º ano que realizaram a prova. A metodologia aplicada nas estimações foi o método de desenho de regressão descontínua *fuzzy*, sendo possível por causa da existência de uma restrição descrita na lei para a elegibilidade do programa e a ausência de manipulação correlato a *running variable*.

Os resultados apresentaram ausência de efeito do programa sobre as notas em português e matemática. No que tange à robustez dessas evidências, o teste de densidade mostrou que não houve manipulação da variável de elegibilidade, uma vez que, para participar do programa, era necessário ter um número de alunos e professores de no máximo 500, o que tornaria mais difícil essa manipulação.

Diante disso, as evidências encontradas nesta pesquisa se mostram coerentes com a literatura, no que concerne à inserção de TICs no ambiente escolar. A partir do que foi supramencionado, surgiram várias políticas públicas em larga escala, tendo em vista a distribuição de *laptops* para as escolas em países em desenvolvimento; porém as avaliações sobre os efeitos dessas intervenções na melhora da qualidade do ensino evidenciam um certo padrão de resultados inexistentes, nas quais o Prouca se insere.

Vale destacar que este estudo não faz uma crítica à introdução de tecnologias nas escolas; pelo contrário, alinhar a tecnologia com boas práticas pedagógicas pode vir a contribuir para a melhoria da qualidade educacional e, por conseguinte, do desempenho escolar dos alunos. Todavia, caso a implementação siga os passos do Prouca, *a posteriori* poderá não gerar impactos significativos no avanço da qualidade educacional do Brasil.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) pelo investimento financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

## REFERÊNCIAS

- Angrist, J. D., & Lavy, V. (1999). Using Maimonides' rule to estimate the effect of class size on scholastic achievement. *The Quarterly Journal of Economics*, 114(2), 533-575. <https://doi.org/10.1162/003355399556061>
- Angrist, J. D., & Pischke, J.-S. (2009). *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. Princeton University Press.
- Angrist, J., & Lavy, V. (2002). New evidence on classroom computers and pupil learning. *The Economic Journal*, 112(482), 735-765. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00068>
- Calonico, S., Cattaneo, M. D., Farrell, M. H., & Titiunik, R. (2019). Regression discontinuity designs using covariates. *The Review of Economics and Statistics*, 101(3), 442-451. [https://doi.org/10.1162/rest\\_a\\_00760](https://doi.org/10.1162/rest_a_00760)
- Calonico, S., Cattaneo, M. D., & Titiunik, R. (2014). Robust nonparametric confidence intervals for regression-discontinuity designs. *Econometrica*, 82(6), 2295-2326. <https://doi.org/10.3982/ECTA11757>
- Calonico, S., Cattaneo, M. D., & Titiunik, R. (2015). Optimal data-driven regression discontinuity plots. *Journal of the American Statistical Association*, 110(512), 1753-1769. <https://doi.org/10.1080/01621459.2015.1017578>

- Casa Civil da Presidência da República, Ministério da Fazenda, Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União. (2018). *Avaliação de políticas públicas: Guia prático de análise ex post* (Vol. 2). Casa Civil da Presidência da República. <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/downloads/guiaexpost.pdf/view>
- Cattaneo, M. D., Jansson, M., & Ma, X. (2020). Simple local polynomial density estimators. *Journal of the American Statistical Association*, 115(531), 1449-1455. <https://doi.org/10.1080/01621459.2019.1635480>
- Cristia, J., Ibararán, P., Cueto, S., Santiago, A., & Severín, E. (2017). Technology and child development: Evidence from the one laptop per child program. *American Economic Journal: Applied Economics*, 9(3), 295-320. <https://doi.org/10.1257/app.20150385>
- Decreto n. 7.243, de 26 de julho de 2010. (2010). Regulamenta o Programa Um Computador por Aluno – PROUCA e o Regime Especial de Aquisição de Computadores para uso Educacional – RECOMPE. Brasília, DF. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7243.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7243.htm)
- Dwyer, T., Wainer, J., Dutra, R. S., Covic, A., Magalhães, V. B., Ferreira, L. R. R., Pimenta, V. A., & Claudio, K. (2007). Desvendando mitos: Os computadores e o desempenho no sistema escolar. *Educação & Sociedade*, 28(101), 1303-1328. <https://doi.org/10.1590/S0101-73302007000400003>
- Ensino público tem índice maior de estudantes de graduação. (2012, 21 setembro). *Ministério da Educação*. <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/222-537011943/18106-ensino-publico-tem-indice-maior-de-estudantes-de-graduacao>
- Fabris, L. L., & Finco, M. D. (2012, 26-30 novembro). Percepção de escolares no uso de laptops educacionais no contexto do projeto UCA. In *Anais do 23º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)* (pp. 1-9). SBIE. <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/sbie/article/view/1755>
- Firpo, S. P., & Pieri, R. G. de. (2012). Avaliando os efeitos da introdução de computadores em escolas públicas brasileiras. *Revista Brasileira de Inovação*, 11, 153-190. <https://doi.org/10.20396/rbi.v11i0.8649040>
- Goolsbee, A., & Guryan, J. (2006). The impact of internet subsidies in public schools. *The Review of Economics and Statistics*, 88(2), 336-347. <https://doi.org/10.1162/rest.88.2.336>
- Hahn, J., Todd, P., & Van der Klaauw, W. (2001). Identification and estimation of treatment effects with a regression-discontinuity design. *Econometrica*, 69(1), 201-209. <https://www.jstor.org/stable/2692190>
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2010). Education and economic growth. In P. Peterson, E. Baker, & B. McGaw (Eds.), *International Encyclopedia of Education* (Vol. 2, pp. 245-252). Elsevier.
- Imbens, G. W., & Lemieux, T. (2008). Regression discontinuity designs: A guide to practice. *Journal of Econometrics*, 142(2), 615-635. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.001>
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). (2011a). Censo Escolar – Microdados do Censo Escolar da Educação Básica 2011. *Inep*. Recuperado em 2 de fevereiro de 2025, de <https://www.gov.br/inep/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/microdados/censo-escolar>
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). (2011b). Saeb – Microdados do Saeb 2011. *Inep*. Recuperado em 2 de fevereiro de 2025, de <https://www.gov.br/inep/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/microdados/saeb>

- Lavinias, L., & Veiga, A. (2013). Desafios do modelo brasileiro de inclusão digital pela escola. *Cadernos de Pesquisa*, 43(149), 542-569. <https://doi.org/10.1590/S0100-15742013000200009>
- Lee, D. S., & Lemieux, T. (2010). Regression discontinuity designs in economics. *Journal of Economic Literature*, 48(2), 281-355. <https://doi.org/10.1257/jel.48.2.281>
- Lei n. 12.249, de 11 de junho de 2010. (2010). Institui o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento de Infraestrutura da Indústria Petrolífera nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste – REPENEC; cria o Programa Um Computador por Aluno – PROUCA e institui o Regime Especial de Aquisição de Computadores para Uso Educacional – RECOMPE; prorroga benefícios fiscais; constitui fonte de recursos adicional aos agentes financeiros do Fundo da Marinha Mercante – FMM para financiamentos de projetos aprovados pelo Conselho Diretor do Fundo da Marinha Mercante – CDFMM; institui o Regime Especial para a Indústria Aeronáutica Brasileira – RETAERO; dispõe sobre a Letra Financeira e o Certificado de Operações Estruturadas; ajusta o Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV; altera as Leis n. 8.248, de 23 de outubro de 1991, 8.387, de 30 de dezembro de 1991, 11.196, de 21 de novembro de 2005, 10.865, de 30 de abril de 2004, 11.484, de 31 de maio de 2007, 11.488, de 15 de junho de 2007, 9.718, de 27 de novembro de 1998, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, 11.948, de 16 de junho de 2009, 11.977, de 7 de julho de 2009, 11.326, de 24 de julho de 2006, 11.941, de 27 de maio de 2009, 5.615, de 13 de outubro de 1970, 9.126, de 10 de novembro de 1995, 11.110, de 25 de abril de 2005, 7.940, de 20 de dezembro de 1989, 9.469, de 10 de julho de 1997, 12.029, de 15 de setembro de 2009, 12.189, de 12 de janeiro de 2010, 11.442, de 5 de janeiro de 2007, 11.775, de 17 de setembro de 2008, os Decretos-Leis n. 9.295, de 27 de maio de 1946, 1.040, de 21 de outubro de 1969, e a Medida Provisória n. 2.158-35, de 24 de agosto de 2001; revoga as Leis n. 7.944, de 20 de dezembro de 1989, 10.829, de 23 de dezembro de 2003, o Decreto-Lei n. 423, de 21 de janeiro de 1969; revoga dispositivos das Leis n. 8.003, de 14 de março de 1990, 8.981, de 20 de janeiro de 1995, 5.025, de 10 de junho de 1966, 6.704, de 26 de outubro de 1979, 9.503, de 23 de setembro de 1997; e dá outras providências. Brasília, DF. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12249.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12249.htm)
- Leuven, E., Lindahl, M., Oosterbeek, H., & Webbink, D. (2007). The effect of extra funding for disadvantaged pupils on achievement. *The Review of Economics and Statistics*, 89(4), 721-736. <https://doi.org/10.1162/rest.89.4.721>
- Lima, A. F. R., Sachside, A., & Carvalho, A. X. Y. de. (2018). *Uma análise econométrica do Programa Um Computador por Aluno* [Texto para discussão, 2363]. Ipea. <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/d84b15ce-78ff-47ae-94ee-9f9428ba74f5/content>
- Linden, L., Banerjee, A., & Duflo, E. (2003). *Computer-assisted learning: Evidence from a randomized experiment* [Poverty Action Lab Paper, 5]. Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab (J-PAL). [https://www.povertyactionlab.org/sites/default/files/research-paper/5\\_Duflo\\_Computer-Assisted\\_Learning.pdf](https://www.povertyactionlab.org/sites/default/files/research-paper/5_Duflo_Computer-Assisted_Learning.pdf)
- Lustosa, P. H., Gomes, A. V. A., Lopes, C. A., Queiroz, A. P. de, Filho, & Camelo, A. L. (2008). *Um computador por aluno: A experiência brasileira* (Série Avaliação de Políticas Públicas, 1). Câmara dos Deputados; Coordenação de Publicações.
- McCrary, J. (2008). Manipulation of the running variable in the regression discontinuity design: A density test. *Journal of Econometrics*, 142(2), 698-714. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.005>

- Melo, G. de, Machado, A., & Miranda, A. (2014). *The impact of a one laptop per child program on learning: Evidence from Uruguay* [Discussion Paper Series, 8489]. IZA. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2505351>
- Ministério da Educação (MEC). (2010). *Implantação e desenvolvimento dos projetos-piloto em escolas públicas para o uso pedagógico do laptop educacional conectado* [Termo de referência]. Secretaria de Educação a Distância.
- Portaria SEED/MEC n. 8, de 19 de março de 2007. (2007). *Diário Oficial da União*, (55), Seção 2, p. 9. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=2&pagina=9&data=21/03/2007>
- Resende, C. C. de. (2017). *Ensaio em avaliação de políticas públicas* [Tese de doutorado, Universidade de Brasília]. Repositório UnB. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/31633>
- Silva, L. R. de S. da. (2014). *Implementação do Programa Um Computador por Aluno: Uma revisão da literatura* [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas]. Repositório da Produção Científica e Intelectual da Unicamp. <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/934481>

**NOTA:** As contribuições de cada autor para o desenvolvimento do artigo foram as seguintes: Jayane Freires Ferreira – redação do manuscrito original; curadoria de dados. Edward Martins Costa – desenvolvimento, implementação e teste de *software*; administração do projeto. Ahmad Saeed Khan – redação: revisão e aprovação da versão final do trabalho. Guilherme Irffi – redação: revisão e aprovação da versão final do trabalho. Alex Felipe Rodrigues Lima – disponibilização de ferramentas; *design* da apresentação de dados. Felipe Resende Oliveira – curadoria de dados; redação: revisão e aprovação da versão final do trabalho.