

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

Jayane Freires Ferreira¹
Edward Martins Costa²
Ahmad Saeed Khan³
Guilherme Diniz Irffi⁴
Alex Felipe Rodrigues Lima⁵
Felipe Resende Oliveira⁶

RESUMO

Sob a perspectiva da avaliação das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no ambiente escolar, com o intuito de aprimorar a qualidade da educação, este estudo visa quantificar o impacto do Programa Um Computador por Aluno (Prouca) no desempenho escolar. O referido programa consistiu na disponibilização de laptops aos alunos e na capacitação dos professores. Para tal finalidade, utilizou-se dos microdados do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) em conjunto com o Censo Escolar, conduzindo as análises em nível escolar por meio do método de Regressão Descontínua (RDD) do tipo *fuzzy*, considerando a restrição de um número máximo de alunos e professores elegíveis para participar do programa. Nesse caso, foi considerado a quantidade de alunos e professores preditos pela função de Maimonides de Angrist e Lavy (1999) como instrumento para essa quantidade observada. Os resultados revelaram que o Prouca não teve um impacto significativo no desempenho dos estudantes nos testes padronizados de língua portuguesa e matemática. Essas evidências corroboram com a literatura existente que avalia a implementação das TICs nas escolas, especialmente em países em desenvolvimento.

Palavras-chaves: Avaliação de impacto. Desempenho escolar. Prouca. Tecnologia. Regressão descontínua *fuzzy*.

ABSTRACT

From the perspective of evaluating Information and Communication Technologies (ICTs) in the school environment, aiming to enhance the quality of education, this study seeks to quantify the impact of the One Computer per Student Program (Prouca) on school performance. The program involved providing laptops to students and training teachers. For this purpose, microdata from the Basic Education Assessment System (Saeb) was used in conjunction with the School Census, conducting school-level analyses using the Fuzzy Regression Discontinuity Design (RDD) method, considering the restriction of a maximum number of eligible students and teachers to participate in the program. In this case, the number of students and teachers predicted by the Maimonides' Rule function developed by Angrist and Lavy (1999) was used as an instrument for the observed quantity. The results revealed that Prouca did not have significantly impact students in standardized Portuguese language and mathematics tests these findings support the existing literature that evaluates the implementation of ICTs in schools, particularly in developing countries.

Keywords: Impact assessment. School performance. Prouca. Technology. Discontinuous Regression *fuzzy*.

JEL: C32; D04.

Área 12 - Economia Social e Demografia Econômica

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da UFC, PPGER/UFC. Contato: jayfreires2014@gmail.com

² Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da UFC, PPGER/UFC. Contato: edwardcosta@ufc.br

³ Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da UFC, PPGER/UFC. Contato: saeed@ufc.br

⁴ Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia da UFC, CAEN/UFC, e Pesquisador do CEnPE/UFC. Contato: irffi@caen.ufc.br

⁵ Pesquisador em Estatística do IMB/SGG-Estado de Goiás e membro do NuPES/UFMT. Contato: afelipe_7@hotmail.com

⁶ Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia da UFMT e membro do NuPES/UFMT. Contato: felipexresende@gmail.com

1 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, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade do ensino. Nas últimas décadas, o sistema educacional brasileiro tem aumentado os investimentos na área, resultando em uma expansão significativa no 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, houve uma ampliação na frequência de estudantes com idades entre 6 e 14 anos, de 97,6% para 98,2% (MEC, 2012). No entanto, apesar do aumento nos investimentos e no 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, mas é 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 altos índices de pobreza e desigualdade de renda (FIRPO; DE 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, Banerjee e Duflo (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 alunos.

Dentro do 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 com o programa era explorar novas formas de utilização das tecnologias, com foco em melhorias na qualidade educacional, inclusão digital e 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) (BRASIL, 2010).

Dado esse contexto, o presente estudo tem como objetivo contribuir para a literatura por meio da avaliação do impacto do programa Prouca, do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), no desempenho escolar conforme medido pela avaliação do Saeb no ano de 2011. Os dados utilizados provêm de três fontes principais: o Sistema de Avaliação da Educação Básica (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)⁷, mais especificamente a abordagem *fuzzy* RDD, devido ao salto observado na probabilidade de seleção das escolas tratadas.

Além desta seção introdutória, este trabalho inclui uma seção 2 que apresenta uma revisão da literatura relevante para o tema da pesquisa, seguida por uma análise do contexto do programa Prouca. Na seção 3, é enfatizada a estratégia empírica, incluindo uma descrição da base de dados e as formas de tratamento das variáveis e o método de Regressão Descontínua *fuzzy*. A seção 4 apresenta os principais resultados obtidos após a aplicação dos métodos, e, por fim, são apresentadas as considerações finais.

⁷ Tradução: Desenho de Regressão Descontínua

2 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 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 subseção apresenta uma revisão de algumas evidências empíricas internacionais que analisaram programas públicos que ampliaram o acesso a computadores, instalação de conexão à internet e investimento em *software* acadêmico. A segunda subseção delinea o contexto do programa específico em estudo.

2.1 Evidências empíricas internacionais

Iniciando as investigações relacionadas ao tema, Angrist e Lavy (2002) realizaram um estudo para avaliar o impacto de um programa que forneceu computadores e treinamento para professores do ensino fundamental e médio em escolas israelenses. Como principal fonte de dados, utilizaram um teste aplicado aos alunos em junho de 1996, conduzido pelo *National Institute for Testing and Evaluation* (NITE). Metodologicamente, foram utilizadas 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 da 4ª série e 8ª série.

Considerando essa perspectiva, Linden, Banerjee e Duflo (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 quarto ano. A amostra utilizada incluiu 55 escolas que receberam o CAL e 56 escolas no grupo de controle. No entanto, os resultados mostraram efeitos insignificantes no primeiro semestre, mas houve melhorias consideráveis no desempenho geral após os primeiros quatro meses.

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 paralelo ao 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 melhorar as condições de trabalho dos professores, enquanto o segundo fornecia computadores e *softwares* 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 utilizaram 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 intervenção tem sido cada vez mais adotada nos últimos anos, especialmente em países em desenvolvimento. Estudos como o de Melo, Machado e Miranda (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 desses estudos não forneceram evidências conclusivas em relação ao impacto no desempenho escolar nos testes padronizados.

No caso específico do Uruguai, o primeiro país a implementar o programa OLPC em escala nacional, Melo, Machado e Miranda (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 obtidos indicaram que o programa não teve impacto nas notas dos alunos nessas áreas. Os autores sugeriram que 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 treinamento 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 OLS, com base em dados coletados no final do ano 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.

Conforme evidenciado na literatura apresentada, esse tipo de política pública não tenha 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.

2.2 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 *One Laptop Per Child* (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).

Essa proposta⁸ 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 Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) nas escolas por meio da distribuição de *laptops* na rede pública de ensino. Além disso, visava 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 (BRASIL, 2008).

Nesse contexto, a proposta do programa fundamenta-se nas seguintes premissas (BRASIL, 2008):

- a posse do *laptop* é do aluno, para garantir que ele possa levá-lo para casa e poder 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 neste 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 da aplicabilidade dos *laptops* no contexto

⁸ Nicholas Negroponte se dispôs a entregar no período de 12 meses o protótipo funcional do futuro XO caso o governo brasileiro se comprometesse em criar um programa público de distribuição de *laptops* nas escolas brasileiras.

educacional durante o ano de 2007. Logo, essa fase⁹ abrangeu cinco escolas públicas nas cidades de Porto Alegre (RS), Palmas (TO), Brasília (DF) e São Paulo (SP), de modo que, foi escolhida uma escola¹⁰ em cada uma dessas cidades para receberem o *laptop* educacional (BRASIL, 2008).

Desde o início da proposta até a implementação do projeto, o governo brasileiro instituiu o Grupo de Trabalho de Assessoramento Pedagógico (GTUCA), instituído pela Portaria SEED/MEC nº 8, de 19 de novembro de 2007. Esse grupo juntamente 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)¹¹ (BRASIL, 2010).

Em 2010, teve início a Fase 2, denominada de piloto, com a expansão 150 mil *laptops* que foram distribuídos em mais de 300 escolas públicas. Simultaneamente a essa etapa, houve um experimento que se intitulou de UCA-Total, onde seis municípios selecionados, a saber: Barra dos Coqueiros (SE), Caetés (PE), Santa Cecília do Pavão (PR), São João da Ponta (PA), Terrenos (MS) e Tiradentes (MG); tiveram todas as escolas contempladas com um *laptop* para cada aluno e professor. Essa expansão foi formalizada através da Lei nº 12.249, de 11 de janeiro de 2010.

Por intermédio do Decreto nº 7243, de 26 de julho de 2010, o Governo Federal regulamentou o Prouca e o Regime Especial de Aquisição de Computadores para uso Educacional (Recome). Nesse caso, os estados e os municípios puderam adquirir os equipamentos portáteis¹² da empresa selecionada através do pregão eletrônico, de modo que, para incentivar a compra, foi disponibilizado uma linha de crédito¹³ para o financiamento junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e uma série de incentivos fiscais.

Os critérios de elegibilidade das escolas participantes para a Fase 2 foram estabelecidos pelos seguintes órgãos: o Conselho Nacional de Secretários Estaduais de Educação (CONSED), a União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação (UNDIME), a Secretaria de Educação a Distância do Ministério da Educação (SEED/MEC) e a Presidência da República. Posto isso, os critérios são os seguintes:

- O limite máximo de alunos e professores em cada escola será de 500 (quinhentos);
- As escolas deverão possuir, obrigatoriamente, energia elétrica e condições mínimas de utilização dos equipamentos;
- As escolas devem estar, preferencialmente, localizadas próximas aos Tecnologias Educacionais (NTE) ou similares, Instituições de Educação Superior (IES) 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 Secretarias de Educação Estaduais ou Municipais, deveriam aderir ao projeto por meio do envio de ofício ao MEC e assinatura de Termo de Adesão, manifestando compromisso e responsabilidades com o programa;
- A Secretaria de Educação Estadual ou Municipal de cada uma das escolas, também deveriam enviar ao MEC um ofício com a aprovação do diretor, com anuência do corpo docente, em relação a participação no programa (BRASIL, 2010).

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

⁹ 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, onde era compartilhado por dois alunos a cada quatro turnos da escola. Em Pirai, seguiu-se o modelo 1:1, mas o acesso se restringiu à escola. O compartilhamento em Palmas se deu em três turnos (3:1). Já em Brasília, em detrimento do número limitado de equipamentos, foram contempladas apenas três turmas numa escola com mais de mil alunos. Enfim, somente a escola de Porto Alegre que seguiu o paradigma 1:1, com os alunos podendo levar o *laptop* para casa todos os dias.

¹⁰ 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 Pirai (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 nº 1 na zona central de Brasília, no dia 5 de novembro.

¹¹ O SEED foi extinto em 2011, com isso, o programa foi alocado na Secretaria de Educação Básica (SEB).

¹² 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 três horas. Além disso, é equipado para rede sem fio e conexão à internet.

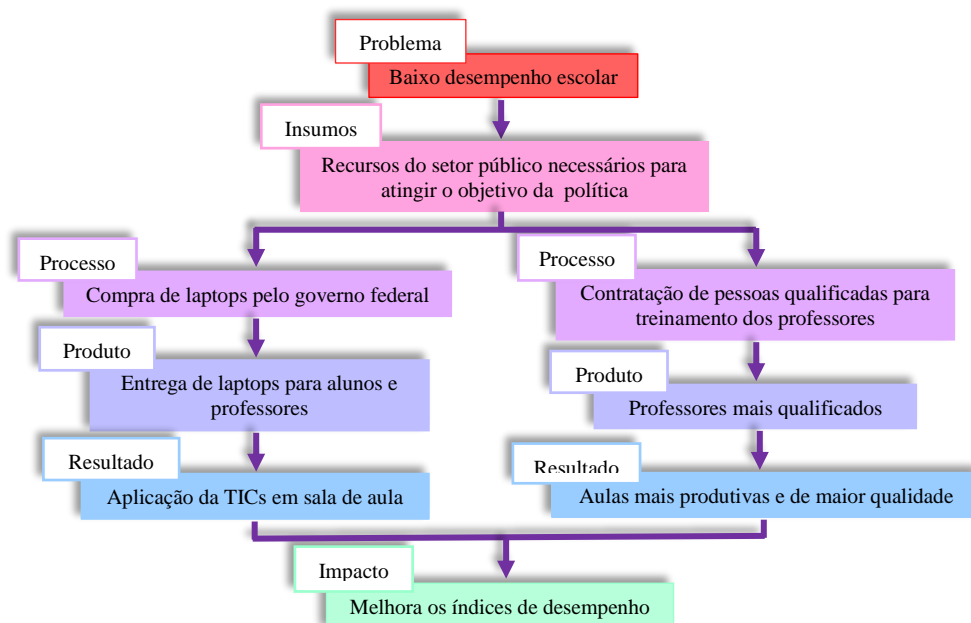
¹³ O Governo Federal ofereceu uma linha de crédito de R\$ 600 milhões junto ao BNDES.

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, apontam 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, também contribuíram para uma análise negativa do programa problemas na organização estrutural dos cursos de capacitação oferecidos, subutilização dos equipamentos e baixa frequência de uso nas escolas.

Ao examinarem o processo de implementação 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 dos anos de 2010 e 2011, Lavinias e Veiga (2013) consideraram como impacto às 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 sendo limitado e os beneficiários não pobres foram mais favorecidos pela intervenção.

Dentre 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 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 J-PAL e Enap (2017)

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 esta 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 que será usada para avaliar o efeito do Prouca sobre o desempenho das escolas nos testes de língua portuguesa e matemática.

3 ESTRATÉGIA EMPÍRICA

Na falta de um experimento aleatório, existem algumas metodologias que tentam recuperar o efeito causal da forma mais próxima possível, o chamado 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 predito como sendo um instrumento para a quantidade realizada, sendo assim, explora-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*.

3.1 Base de dados e descrição das variáveis

As bases de dados utilizadas neste estudo são provenientes dos microdados do Saeb e do Censo Escolar. Essas fontes de dados foram obtidas para as escolas que participaram da prova no período de 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 censitária para a rede pública e amostral para a rede privada. As provas são realizadas para os estudantes do 5º e do 9º ano do ensino fundamental nas disciplinas de língua portuguesa e matemática, em que é feito também uma avaliação amostral para o 3º ano do ensino médio. Logo, o estudo vai recorrer aos resultados das provas correspondente aos anos finais do ensino fundamental (9º ano).

Os dados do Censo Escolar são utilizados para mensurar das variáveis de controle relacionadas às características das escolas, pois é a principal ferramenta de coleta de informações da educação básica e mais importante pesquisa estatística educacional brasileira conduzida anualmente pelo Inep. Através dela, os atores educacionais analisam como está a situação educacional nas escolas e, a partir disso, acompanham a efetividade das políticas públicas. Posto isso, participam do Censo todas as escolas da rede pública e privada do país.

Complementarmente, também serão utilizados os dados direcionados às escolas participantes do Prouca em 2010. Diante disso, o Quadro 1 descreve todas as variáveis que serão usadas no estudo, onde as variáveis dependentes correspondem a proficiência da escola em língua portuguesa e matemática apenas para o 9º ano, justificado por uma das premissas iniciais que tem enfoque em aluno com idade entre 6 e 12 anos. As variáveis independentes 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*, na qual representa a soma do número de alunos e professores da escola.

De acordo com as variáveis apresentadas, devido a análise ser realizada a nível escola, foi necessário fazer algumas manipulações deixando-as em proporções. 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 no ano de 2011. Finalmente, a amostra para o grupo de controle consistiu em 31.435 observações.

Quadro 1 – Descrição das variáveis

Dimensão	Variáveis	Descrição
Running variable		
Alunos mais professores	mat_prof	Quantidade de alunos matriculados nas escolas mais a quantidade de professores
Variáveis dependentes		
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
Variáveis explicativas		

Participação do programa	tratamento	Escola contempladas com o programa. <i>Dummy</i> : 1 se participou, 0 caso contrário
Nível da escola	energia_rede_publica	Possui abastecimento de energia da rede pública? <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
	sala_diretoria	Possui sala da diretoria? <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
	sala_prof	Possui sala dos professores? <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
	lab_inf	Possui laboratório de informática? <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
	lab_cien	Possui laboratório de ciências? <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
	biblioteca	Possui biblioteca? <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
	sala_leit	Possui sala de leitura? <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
	tv	Possui TV? <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
	videocassete	Possui videocassete? <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
	dvd	Possui DVD? <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
	computadores	Possui computadores? <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
	banda_larga	Possui internet banda larga? <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
	alimentacao	Possui alimentação <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
	qd_esportes	Possui quadra de esportes? <i>Dummy</i> : 1 sim, 0 não
num_funcionarios	Número de funcionários	
Nível do aluno	pro_mulheres	Proporção de mulheres na escola
	pro_pretos	Proporção de aluno 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.

3.2 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 a *running variable*, com isso, o resultado consiste em um desenho onde a descontinuidade se transforma em uma variável instrumental (VI) para a condição de tratamento, então, o que ocorre é 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 caso contrário; x_i é a *running variable*; e c_1 corresponde ao ponto de corte da distribuição de x . Desse modo, tem-se:

$$P(D_i = 1|x_i) = \begin{cases} g_0(x_i) & \text{se } x_i \leq c_1 \\ g_1(x_i) & \text{se } x_i > c_1 \end{cases}$$

em que, $g_0(x_i)$ e $g_1(x_i)$ pode ser qualquer coisa, desde e que sejam diferentes (e quanto mais se diferir, melhor) em torno de c_1 . Partindo disso, a relação entre a probabilidade de tratamento e x_i pode ser determinada por:

$$\mathbb{E}(D_i = 1|x_i) = P(D_i = 1|x_i) = g_0(x_i) + [g_1(x_i) - g_0(x_i)]T_i, \quad (1)$$

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

O RDD *fuzzy* pode ser estimado por uma estratégia de Mínimos Quadrado 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 no valor de $\mathbb{E}(D_i = 1|x_i)$. Fundamentalmente, o efeito a ser mensurado pode ser explícito da seguinte forma:

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\mathbb{E}[Y_i | c_1 < x_i < c_1 + \delta] - \mathbb{E}[Y_i | c_1 - \delta < x_i < c_1]}{\mathbb{E}[D_i | c_1 < x_i < c_1 + \delta] - \mathbb{E}[D_i | c_1 - \delta < x_i < c_1]} = \rho.$$

Em tal caso, utilizando T_i como um instrumento *dummy* para D_i numa δ -vizinhança de c_1 , o resultado equivale ao efeito médio do tratamento local. O estimador acima é denominado de Wald, interpretada por Hahn, Todd, e Van der Klaauw (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 aderiram 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 que tenham um número abaixo desse limite tenham uma probabilidade de recebimento do programa superior às escolas acima desse limite.

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

$$\text{alun_prof_pred} = \frac{\text{alunos e professores}}{\text{int}\left(\frac{\text{alunos e professores} - 1}{\text{máximo estabelecido}}\right) + 1} \quad (2)$$

em que alunos_prof_pred é a quantidade de alunos e professores na escola predito pelo máximo estabelecido de acordo com a lei formalizada (máximo de 500); e $\text{int}(x)$ é a parte inteira de um número real.

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

$$Y_{p,m} = \beta_0 + \beta_1 P + \beta_2 \widehat{\text{alun_pro_pred}} + \beta_3 X + \mu \quad (3)$$

onde $Y_{p,m}$ é a proficiência em português e matemática; P se refere ao programa Prouca, que assume valor 1 para as escolas elegíveis e 0 caso contrário; $\widehat{\text{alun_pro_pred}}$ é o número médio de alunos e professores predito pela equação (2), 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 μ é o termo de erro estocástico.

O parâmetro β_1 é o impacto a ser estimado, ele corresponde a 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*, esta escola é do grupo de tratamento, caso contrário, estará no grupo de controle. Partindo disso, será estimado 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, Cattaneo e Titiunik (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 atribuído aleatoriamente em torno do *cutoff*. Para testar essa hipótese, realizou-se os testes de densidade¹⁴ proposto por Cattaneo, Jansson e Ma (2020) para analisar se as escolas podem manipular o número de alunos e professores para ser elegível ao programa.

Além disso, verificar-se-á também, o teste de sensibilidade das estimativas correlatos ao *bandwidth* recomendado por Imbens e Lemieux (2008), fazendo estimações em outros limiares superiores e inferiores para verificar se há significância. Enfim, serão empregados em todas as regressões lineares pesos *kernel* triangulares¹⁵, polinômios de ordem 2 e 3, estimador de variância-covariância *nn*¹⁶ e largura de banda ótima *mserd*¹⁷.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção destina-se em apresentar os dados estatísticos, estimativas do modelo e testes de validade. *A priori*, serão realçados os gráficos do desenho de regressão descontínua para analisar se há uma descontinuidade em torno do *cutoff*, em seguida, serão expostas as principais evidências do efeito do Prouca

¹⁴ São utilizados os pacotes “*rddensity*” e “*rdrobust*”.

¹⁵ Verifica maior peso às observações próximas do *cutoff* e decai linearmente na proporção que as observações se distanciam do limite.

¹⁶ Utilizado para estimar a variância do vizinho mais robusto para heterocedasticidade.

¹⁷ Seletor de largura de banda ideal MSE atribuído por Calonico *et al.* (2019).

nos resultados educacionais e, por fim, os testes de robustez, ao qual compreende os testes de densidade atribuído por Cattaneo, Jansson e Ma (2020), o de falsificação/placebo e o de sensibilidade proposto por Imbens e Lemieux (2008).

4.1 Estatística 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 das escolas que estavam no Censo Escolar com as participantes da avaliação do Saeb, a base para o grupo de tratado equivaleu a 164 escolas e 31.435 para o grupo de controle nos anos finais do ensino fundamental. Apesar da discrepância no número de observações, é possível observar uma semelhança geral entre as médias das variáveis de resposta e das variáveis explicativas.

Em concordância com as evidências iniciais, a Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis que compõem os grupos de tratamento e controle. Para as escolas do grupo de tratamento, as médias do desempenho das escolas no Saeb em português e matemática correspondem a 239,78 e 246,55, respectivamente; enquanto a média das escolas do grupo de controle se situam em torno 236,07 e 243,01, respectivamente. Equiparando os dois grupos, nota-se que as médias das escolas nas duas disciplinas são semelhantes, mas com o grupo de tratado sendo um pouco superior nesse quesito. A média de alunos mais professores é de 693,26, o que reforça a escolha do RDD *fuzzy*.

Tabela 1 – Estatística descritiva das variáveis

Dimensões / Variáveis	Tratado = 164		Controle = 31.435	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Running variable				
Alunos mais professores	693,26	410,09	949,70	580,66
Variáveis dependentes				
Proficiência em língua portuguesa	239,78	23,46	236,07	20,14
Proficiência em matemática	246,55	27,26	243,01	22,40
Variáveis explicativas				
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	0	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	0	1	0
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.

4.2 Desenho de regressão descontínua

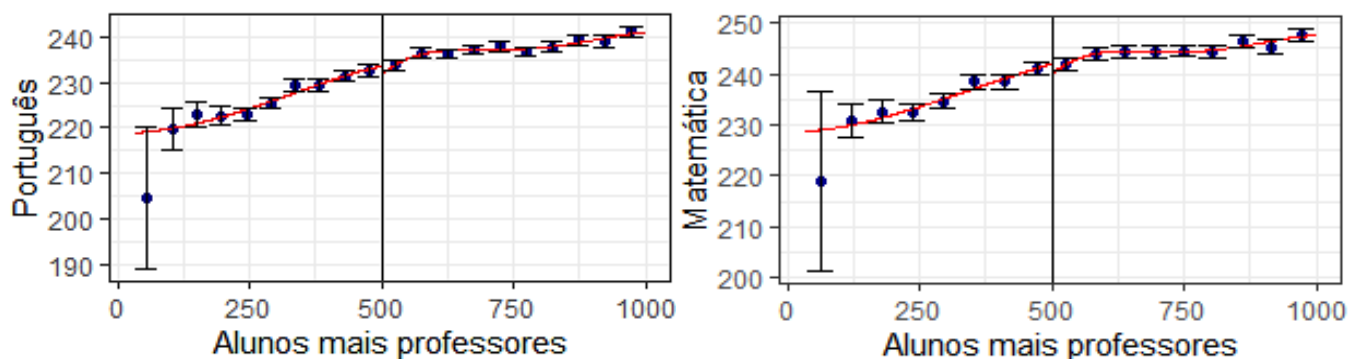
Para analisar uma estrutura de RDD, segundo Calonico, Cattaneo e Titiunik (2015) deve ser plotado gráficos para observar se existe a presença de uma descontinuidade na média condicional de Y em torno do ponto de corte (*cutoff*). Assim, os gráficos a seguir esboçam a relação entre o desempenho das escolas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

No Gráfico 1, estão expostos os intervalos de confiança das médias do desempenho em língua portuguesa e matemática concernentes às escolas pertencentes aos grupos de tratamento e controle, de forma separada. Diante disso, no eixo das abscissas está contido a variável alunos mais professores com ponto de corte igual a 500, onde à esquerda estão as escolas com maiores chances de serem contempladas com o programa (grupo de tratado) e à direita estão as escolas que não receberam o programa (grupo de controle).

Em continuidade, utilizando uma banda ótima, o Gráfico 2 traça a média amostral com os dados agrupados uniformemente espaçados com ajustes polinomiais de ordem dois para as observações do grupo de controle e de tratado. Já o Gráfico 3 apresenta a amostra completa com a dispersão dos dados brutos com espaçamento quantil (QS), em que as linhas tracejadas de vermelho correspondem aos ajustes polinomiais de segunda ordem com as observações do grupo de controle e de tratado.

Fundamentado 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.

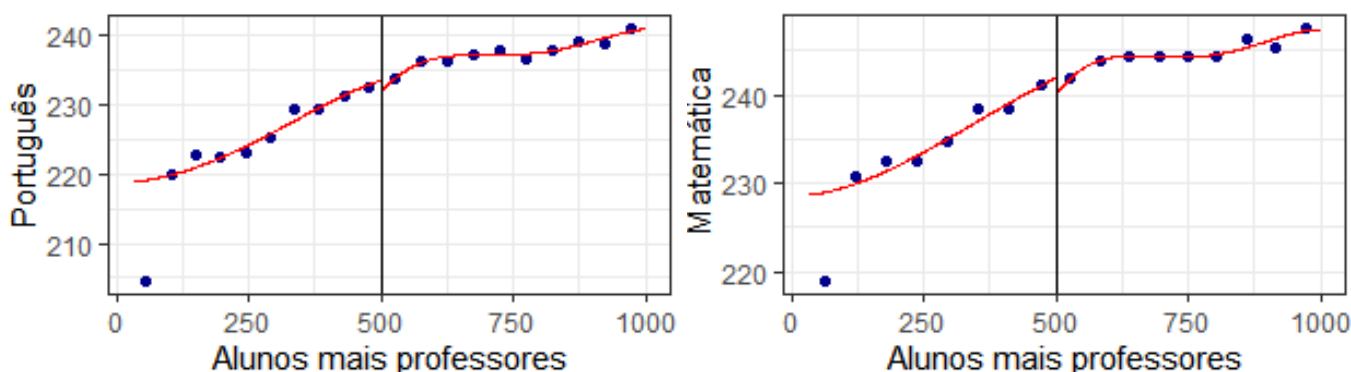
Gráfico 1 – Efeito do Prouca sobre a proficiência em língua portuguesa e matemática



Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo escolar de 2011.

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

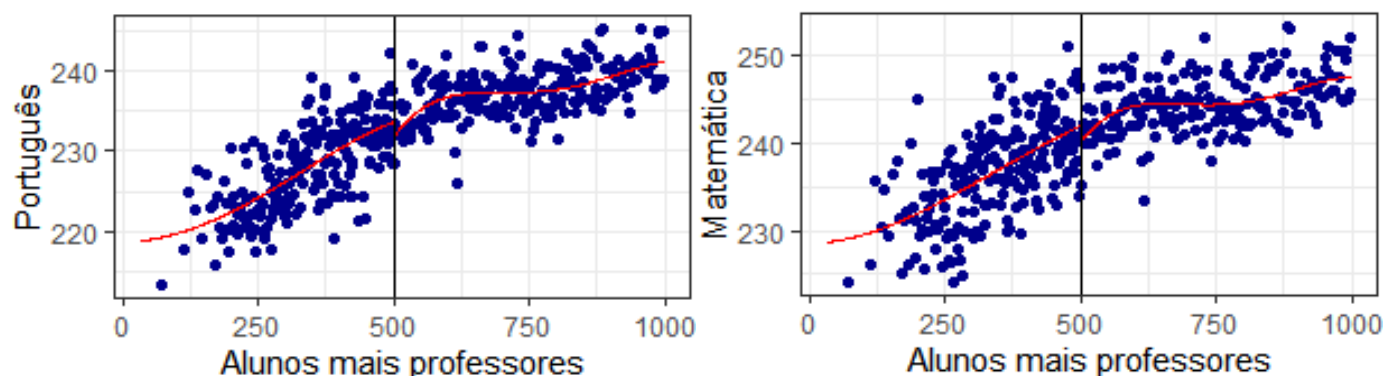
Gráfico 2 – Efeito do Prouca sobre a proficiência em língua portuguesa e matemática usando banda ótima



Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo escolar de 2011.

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

Gráfico 3 – Efeito do Prouca sobre a proficiência em língua portuguesa e matemática com amostra completa



Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo escolar de 2011.

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

4.3 Efeito do Prouca nos resultados educacionais

Com o objetivo de confirmar as evidências encontradas na análise gráfica, exposta na subsecção anterior, o panorama traçado na Tabela 2 apresenta os principais resultados do segundo estágio baseado nas estimações do RDD *fuzzy* que mensura os efeitos locais do Prouca sobre o desempenho escolar nas disciplinas de português e matemática no 9º ano. Porém, como foi percebido na seção 2.1, a literatura sobre o efeito das políticas públicas 1:1 na proficiência dos alunos esboçam impactos nulos, principalmente, nos países em desenvolvimento.

De tal modo, inicialmente foram realizadas estimações sem covariadas e, em seguida, fez-se a inclusão delas para obter resultados mais precisos. Cabe mencionar que, os testes de banda ótima podem ser observados no Apêndice A.1 e A.2. 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 2 – Estimação do efeito do Prouca sobre a proficiência em português e matemática para o segundo estágio sem covariadas.

Português						
<i>Method</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std. Err.</i>	<i>z</i>	<i>P> z </i>	<i>[95% C.I.]</i>	
<i>Conventional</i>	130,234	95,331	0,016	1,366	0,172	[-56,611; 317,078]
<i>Bias-Corrected</i>	107,365	95,331		1,126	0,260	[-79,480; 294,210]
<i>Robust</i>	107,365	107,471		0,999	0,318	[-103,274; 318,004]
Matemática						
<i>Method</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std. Err.</i>	<i>z</i>	<i>P> z </i>	<i>[95% C.I.]</i>	
<i>Conventional</i>	131,423	105,537		1,245	0,213	[-75,425; 338,271]
<i>Bias-Corrected</i>	121,713	105,537		1,153	0,249	[-85,135; 328,561]
<i>Robust</i>	121,713	118,841		1,024	0,306	[-111,212; 354,638]

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo escolar de 2011.

Nota: (1) Foi usada a largura de banda ótima *mserd*, que é um seletor de largura de banda ideal MSE de Calonico *et al.* (2019). (2) Todas as especificações utilizam a função kernel triangular. (3) Polinômios de ordem 2 e 3.

Em continuidade, a Tabela 3 exhibe as estimações 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; MACHADO; MIRANDA, 2014; CRISTIA *et al.*, 2017).

Em síntese, vale destacar que alguns estudos nacionais buscaram captar o impacto do Prouca nos testes padronizados mostram-se inconclusivos quanto à análise de aprendizagem. Alguns trabalhos

mostraram resultados negativos (DWYER *et al.*, 2007; FIRPO; DE PIERI, 2011) e outros não denotaram efeito significativo em algumas abordagens (RESENDE, 2017). Em contrapartida, esses resultados divergem do estudo de Lima, Sachsidá e Carvalho (2018), uma vez que, encontraram impacto positivo na performance dos alunos, mas que, apesar disso, o programa não foi eficaz na percepção de elevar o nível de educação do ensino público.

Tabela 3 – Estimação do efeito do Prouca sobre a proficiência em português e matemática para o segundo estágio com covariadas.

Português					
<i>Method</i>	Coef.	Std. Err.	z	P> z 	[95% C.I.]
<i>Conventional</i>	126.633	185.984	0.681	0.496	[-237.889, 491.155]
<i>Bias-Corrected</i>	130.474	185.984	0.702	0.483	[-234.048, 494.996]
<i>Robust</i>	130.474	195.053	0.669	0.504	[-251.823, 512.771]
Matemática					
<i>Method</i>	Coef.	Std. Err.	z	P> z 	[95% C.I.]
<i>Conventional</i>	122,548	201,172	0,609	0,542	[-271,742; 516,839]
<i>Bias-Corrected</i>	124,051	201,172	0,617	0,537	[-270,239; 518,342]
<i>Robust</i>	124,051	210,929	0,588	0,556	[-289,361; 537,464]

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo escolar de 2011.

Nota: (1) Foi usada a largura de banda ótima *mserd*, que é um seletor de largura de banda ideal MSE de Calonico *et al.* (2019).

(2) Todas as especificações utilizam a função kernel triangular. (3) Polinômios de ordem 2 e 3.

4.4 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.

4.4.1 Teste de densidade

Analisando os resultados dos testes de manipulação de densidade robusto de Cattaneo, Jansson e Ma (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 B.1 do Apêndice). De outra forma, observe pelo Gráfico B.1 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 onde ocorre o *cutoff*.

4.4.2 Teste de falsificação/placebo

Ao considerar o uso de covariáveis em sua pesquisa, Calonico *et al.* (2019) enfatizam que a inclusão dessas variáveis no modelo visa 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 tratado e controle, para que, a partir disso, se possa equiparar esses dois grupos. Isso pode ser validado por meio do teste de falsificação/placebo das covariadas.

Ante isso, a Tabela B.2 do Apêndice traz um delineamento do teste de balanceamento das covariadas selecionadas na amostra. Percebe-se, através dela, que a maior parte das covariadas escolhidas não apresentaram coeficientes estatisticamente significantes (somente a proporção de mulheres, laboratório de informática, laboratório de ciências, número de salas utilizadas, banda larga, biblioteca e internet que foram significantes a um nível de 5%), demonstrando que não há diferença significativa da maioria das variáveis observadas próximo ao ponto de corte. Esse resultado permite comparar os grupos de tratado e controle.

4.4.3 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. Nessa ótica, foi realizado estimações do mesmo modelo para as proficiências de português e matemática utilizando diferentes pontos de corte, isto é, um novo limiar inferior de 460 e superior de 540 com a finalidade de identificar se há significância em pontos fora do *cutoff* (500). Portanto, a Tabela B.3 demonstra esse teste de sensibilidade de *bandwidth* das variáveis resposta.

5 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 no ano de 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 do Saeb no período de 2011, compreendendo somente os alunos do 9º ano que realizaram a prova. A metodologia aplicada foi o método de desenho de regressão descontínua *fuzzy* nas estimações, sendo possível em detrimento 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, dado que, os coeficientes não foram estatisticamente significantes tanto para o modelo sem covariadas quanto para o modelo com covariadas. No que tange a robustez dessas evidências, o teste de densidade mostrou que não houve manipulação da variável de elegibilidade, uma vez que, para receber o 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 a inserção de TIC's no ambiente escolar. A partir do que foi supramencionado inicialmente, surgiram várias políticas públicas em larga escala tencionando a distribuição de *laptops* para as escolas em países em desenvolvimento, porém, as avaliações sobre os efeitos dessas intervenções na melhora qualidade do ensino deixam evidentes um certo padrão de resultados inexistentes, na qual, o Prouca se insere.

Vale destacar que este estudo não faz uma crítica a 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, no 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.

REFERÊNCIAS

ANGRIST, Joshua D.; LAVY, Victor. Using Maimonides' rule to estimate the effect of class size on scholastic achievement. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 114, n. 2, p. 533-575, 1999.

ANGRIST, Joshua; LAVY, Victor. New evidence on classroom computers and pupil learning. **The Economic Journal**, v. 112, n. 482, p. 735-765, 2002.

ANGRIST, Joshua D.; PISCHKE, Jörn-Steffen. **Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion**. Princeton university press, 2009.

BRASIL, Câmara dos Deputados. Um Computador por Aluno: a experiência brasileira. **Coordenação de publicações, série avaliação de políticas públicas**, 2008.

CALONICO, Sebastian; CATTANEO, Matias D.; TITIUNIK, Rocio. Robust nonparametric confidence intervals for regression-discontinuity designs. **Econometrica**, v. 82, n. 6, p. 2295-2326, 2014.

CALONICO, Sebastian; CATTANEO, Matias D.; TITIUNIK, Rocio. Optimal data-driven regression discontinuity plots. **Journal of the American Statistical Association**, v. 110, n. 512, p. 1753-1769, 2015.

CALONICO, Sebastian et al. Regression discontinuity designs using covariates. **Review of Economics and Statistics**, v. 101, n. 3, p. 442-451, 2019.

CATTANEO, Matias D.; JANSSON, Michael; MA, Xinwei. Simple local polynomial density estimators. **Journal of the American Statistical Association**, v. 115, n. 531, p. 1449-1455, 2020.

CRISTIA, Julian et al. Technology and child development: Evidence from the one laptop per child program. **American Economic Journal: Applied Economics**, v. 9, n. 3, p. 295-320, 2017.

DE MELO, Gioia; MACHADO, Alina; MIRANDA, Alfonso. The impact of a one laptop per child program on learning: Evidence from Uruguay. 2014.

DWYER, Tom et al. Desvendando mitos: os computadores e o desempenho no sistema escolar. **Educação & Sociedade**, v. 28, p. 1303-1328, 2007.

FABRIS, Liliana L.; FINCO, Mateus D. Percepção de escolares no uso de laptops educacionais no contexto do projeto uca. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2012.

FIRPO, Sergio Pinheiro; DE PIERI, Renan Gomes. Avaliando os efeitos da introdução de computadores em escolas públicas brasileiras. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 11, p. 153-190, 2012.

GOOLSBEE, Austan; GURYAN, Jonathan. The impact of Internet subsidies in public schools. **The Review of Economics and Statistics**, v. 88, n. 2, p. 336-347, 2006.

HAHN, Jinyong; TODD, Petra; VAN DER KLAUW, Wilbert. Identification and estimation of treatment effects with a regression-discontinuity design. **Econometrica**, v. 69, n. 1, p. 201-209, 2001.

HANUSHEK, Eric A.; WOESSMANN, Ludger. Education and economic growth. **Economics of Education**, v. 60, p. 67, 2010.

IMBENS, Guido W.; LEMIEUX, Thomas. Regression discontinuity designs: A guide to practice. **Journal of Econometrics**, v. 142, n. 2, p. 615-635, 2008.

LAVINAS, Lena; VEIGA, Alinne. Desafios do modelo brasileiro de inclusão digital pela escola. **Cadernos de Pesquisa**, v. 43, n. 149, p. 542-569, 2013.

LEE, David S.; LEMIEUX, Thomas. Regression discontinuity designs in economics. **Journal of economic literature**, v. 48, n. 2, p. 281-355, 2010.

LEUVEN, Edwin et al. The effect of extra funding for disadvantaged pupils on achievement. **The Review of Economics and Statistics**, v. 89, n. 4, p. 721-736, 2007.

LIMA, Alex Felipe Rodrigues; SACHSIDA, Adolfo; CARVALHO, Alexandre Xavier Ywata de. Uma análise econométrica do Programa um Computador por Aluno. 2018.

LINDEN, Leigh; BANERJEE, Abhijit; DUFLO, Esther. Computer-assisted learning: Evidence from a randomized experiment. **Poverty Action Lab Paper**, v. 5, 2003.

MCCRARY, Justin. Manipulation of the running variable in the regression discontinuity design: A density test. **Journal of Econometrics**, v. 142, n. 2, p. 698-714, 2008.

Ministério da Educação (MEC). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad), 2012. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/222-537011943/18106-ensino-publico-tem-indice-maior-de-estudantes-de-graduacao>. Acesso em: 10 de fev de 2023.

Ministério da Educação (MEC). Implantação e desenvolvimento dos projetos-piloto em escolas públicas para o uso pedagógico do laptop educacional conectado, 2010.

RESENDE, Caio Cordeiro de. Ensaios em avaliação de políticas públicas. 2017. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SILVA, Luana Rodrigues de Souza Da. Implementação do Programa Um Computador por Aluno: uma revisão da literatura. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

APÊNDICE A – BANDAS ÓTIMAS PARA AS ESTIMAÇÕES EM PORTUGUÊS E MATEMÁTICA

Tabela A.1 – Banda ótima para a estimação referente a proficiência em português

Seleção de largura da banda	BW est. (h)		BW bias (b) (b)	
	Left of c	Right of c	Left of c	Right of c
mserd	51,122	51,122	71,012	71,012
msetwo	52,361	60,506	72,165	81,951
mseum	59,095	59,095	79,505	79,505
msecomb1	51,122	51,122	71,012	71,012
msecomb2	52,361	59,095	72,165	79,505
cerrd	28,280	28,280	71,012	71,012
certwo	28,966	33,471	72,165	81,951
cersum	32,691	32,691	79,505	79,505
cercomb1	28,280	28,280	71,012	71,012
cercomb2	28,966	32,691	72,165	79,505

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo escolar de 2011.

Nota: (1) Todas as especificações utilizam a função kernel triangular. (2) Ordem dos polinômios é $p = 2$ e $q = 3$. (3) As bandas h e b e a ordem do polinômio foram mensuradas pelo comando `rdselect` no *software* R

Tabela A.2 – Banda ótima para a estimação referente a proficiência em matemática

Seleção de largura da banda	BW est. (h)		BW bias (b) (b)	
	Left of c	Right of c	Left of c	Right of c
mserd	57,903	57,903	77,721	77,721
msetwo	54,671	73,526	75,074	96,056
mseum	61,407	61,407	83,110	83,110
msecomb1	57,903	57,903	77,721	77,721
msecomb2	57,903	61,407	77,721	83,110

cerrd	32,032	32,032	77,721	77,721
certwo	30,244	40,674	75,074	96,056
cersum	33,970	33,970	83,110	83,110
cercomb1	32,032	32,032	77,721	77,721
cercomb2	32,032	33,970	77,721	83,110

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo escolar de 2011.

Nota: (1) Todas as especificações utilizam a função kernel triangular. (2) Ordem dos polinômios é $p = 2$ e $q = 3$. (3) As bandas h e b e a ordem do polinômio foram mensuradas pelo comando *rd bwselect* no *software R*

APÊNDICE B – TESTES DE ROBUSTEZ

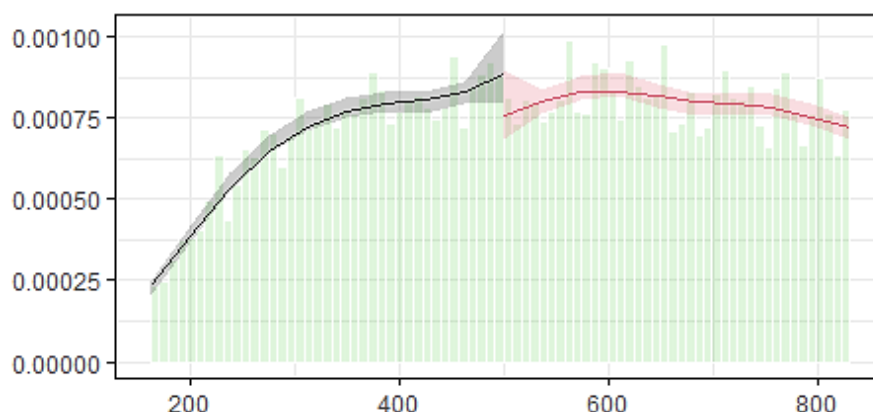
Tabela B.1 – Teste de manipulação sobre a quantidade de alunos e professores

<i>Method</i>	T	P > T
<i>Conventional</i>	-2,4561	0,014
<i>Robust</i>	-1,4992	0,1338

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo escolar de 2011.

Nota: (1) Todas as especificações utilizam a função kernel triangular. (2) Ordem dos polinômios é $p = 2$ e $q = 3$

Gráfico B.1 – 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 de 2011.

Nota: Utiliza a função kernel triangular.

Tabela B.2 – 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
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 de 2011.

Tabela B.3 – Teste de sensibilidade do *bandwidth* para português e matemática

Português						
<i>Method</i>	c = 460			c = 540		
	Coef.	Std. Err.	P> z	Coef.	Std. Err.	P> z
<i>Conventional</i>	1,128	1,499	0,452	0,278	0,568	0,625
<i>Bias-Corrected</i>	1,340	1,499	0,371	56,233	0,568	0,000
<i>Robust</i>	1,340	1,606	0,404	56,233	120,937	0,642
Matemática						
<i>Method</i>	c = 460			c = 540		
	Coef.	Std. Err.	P> z	Coef.	Std. Err.	P> z
<i>Conventional</i>	1,523	1,689	0,367	0,870	0,638	0,173
<i>Bias-Corrected</i>	1,682	1,689	0,319	95,578	0,638	0,000
<i>Robust</i>	1,682	1,811	0,353	95,578	135,727	0,481

Fonte: Elaborado com base nos dados do Saeb e do Censo escolar de 2011.

Nota: Utiliza a função kernel triangular.