

UMA ANÁLISE DOS RESULTADOS EDUCACIONAIS DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS¹

Pedro Jorge Holanda Alves²

Gustavo Saraiva Frio³

O gasto educacional brasileiro cresceu bastante desde a criação do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (Fundeb). Há, no entanto, poucas evidências sobre a eficiência dos gastos municipais em educação. A partir do exposto, este artigo objetiva testar a eficiência do gasto em educação dos municípios brasileiros utilizando painel de dados de 2011, 2013, 2015 e 2017, empregando o método da fronteira estocástica variante e invariante no tempo para os anos iniciais e anos finais do ensino fundamental, sendo a variável dependente a nota do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb). Os resultados mostram que os gastos defasados em quatro anos têm associação positiva com o Ideb, assim como a porcentagem de professores com ensino superior, professores que checam tarefas, pais que checam tarefas e mães com ensino superior. No sentido contrário, a taxa de distorção idade/série e a porcentagem de meninos reduzem a eficiência; a porcentagem de pessoas na zona rural também reduz. Ao que consta, este é o primeiro estudo que testa a eficiência em um painel de municípios de todo o Brasil, trazendo achados importantes para balizar políticas de eficiência no gasto público em educação.

Palavras-chave: educação; municípios brasileiros; eficiência; gasto por aluno.

AN ANALYSIS OF THE EDUCATIONAL RESULTS OF BRAZILIAN MUNICIPALITIES

The Brazilian educational expense has grown considerably since the creation of the Fund for the Maintenance and Development of Basic Education and the Valorization of Education Professionals (Fundeb). There is, however, a few evidences about the efficiency of municipalexpense on education. Based on what was stated above, this article aims to test the efficiency of education expenses for Brazilian municipalities using data panel of 2011, 2013, 2015 and 2017, with the method of the Stochastic Frontier variant and time-invariant for the initial yearsand final years of Elementary School, wherein the dependent variable is the grade of the Basic Education Development Index (Ideb). The results shows that the spending lagged in four years has a positive association with Ideb, as well as the percentage of teachers with higher education, teachers who check tasks, parents who check tasks and mothers with higher education. Conversely, the age-grade distortion rate and the percentage of boys reduce efficiency – the percentage of people in the countryside also reduces. It appears that this is the first study testingefficiency in a panel of municipalities across Brazil, which brings important findings to guide efficiency policies in public spending on education.

Keywords: education; Brazilian municipalities; efficiency; spending per student.

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ppp61art10>

2. Doutorado em economia pela Universidade Católica de Brasília (UCB). E-mail: <pedrojorge_holanda@hotmail.com>. Orcid: <<https://orcid.org/0000-0001-9340-030X>>.

3. Escritório de Desenvolvimento Regional da Universidade Católica de Pelotas (EDR/UCPel). Doutor em economia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). E-mail: <gustavo.frio@gmail.com>. Orcid: <<https://orcid.org/0000-0001-6453-312X>>.

UN ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EDUCATIVOS DE LOS MUNICIPIOS BRASILEÑOS

El gasto educativo brasileño ha crecido considerablemente desde la creación del Fondo para el Mantenimiento y Desarrollo de la Educación Básica y la Valorización de los Profesionales de la Educación (Fundeb). Sin embargo, hay poca evidencia sobre la eficiencia del gasto municipal en educación. Con base en lo anterior, este artículo tiene como objetivo probar la eficiencia del gasto en educación para los municipios brasileños utilizando el panel de datos de 2011, 2013, 2015 y 2017, utilizando el método de la variante de la frontera estocástica y el tiempo invariante para los años iniciales y los años finales. Escuela primaria, en la que la variable dependiente es la calificación del Índice de desarrollo de la educación básica (Ideb). Los resultados muestran que el gasto rezagado en cuatro años tiene una asociación positiva con el Ideb, así como el porcentaje de docentes con educación superior, docentes que verifican tareas, padres que verifican tareas y madres con educación superior. Por el contrario, la tasa dedistorsión por edad y grado y el porcentaje de niños reducen la eficiencia – también se reduce el porcentaje de personas en el campo. Resulta que este es el primer estudio que prueba la eficiencia en un panel de municipios de Brasil, lo que aporta importantes hallazgos para orientarlas políticas de eficiencia en el gasto público en educación.

Palabras clave: educación; municipios brasileños; eficiencia; gasto por alumno.

JEL: H52; H51; H11.

1 INTRODUÇÃO

A literatura empírica busca, cada vez mais, mecanismos para se avaliar a qualidade das políticas públicas de educação e, portanto, serem alcançados melhores benefícios para a sociedade. Apesar do grande sucesso dos programas de transferência de renda para o aumento das matrículas e a frequência das crianças nas escolas, é possível constatar que ainda há limitações sobre como os efeitos do investimento público afetam a qualidade da educação pública (Monteiro, 2015; Muralidharan e Prakash, 2017; Barrera-Osorio *et al.*, 2017). Mesmo que a escola tenha aumento no número de matrículas, são necessárias também políticas voltadas para a melhoria do desempenho dos alunos, de forma que a complementação dos fatores de frequência e qualidade escolar garantam crescimento econômico de longo prazo e aumento do bem-estar social (Hanushek, 2016; Blanden, 2020; Lergetporer, Werner e Woessmann, 2020).

Por esse motivo, a eficiência na educação é cada vez mais importante. Farrell (1957) afirma que a eficiência é a forma mensurável de determinar o máximo de produção obtida por meio de um conjunto de insumos. A partir desse trabalho e de outros, a literatura busca melhores formas de se mensurar a eficiência. Para o nosso caso, a literatura define que, ao se afirmar que o sistema é ineficiente, se quer dizer que existe a possibilidade de aumentar os resultados educacionais em um determinado nível de gastos com uma menor quantidade de recursos.

Como mostram Witte e López-Torres (2017), a literatura sobre os determinantes do desempenho escolar é bem explorada, de forma que alguns assuntos relacionados a tamanho da turma, horas-aula escolares, qualificação de docentes e *background* familiar já apresentam grandes achados na literatura. Contudo, devido à heterogeneidade dos países, tanto no que concerne à característica federativa quanto à diversidade territorial e cultural, não se sabe claramente como o incremento do investimento público afeta o desempenho educacional. É possível que o crescimento da oferta de bens e serviços educacionais sem preparo e organização gere resultados ineficientes.

Para que essa análise seja bem-sucedida, Beuren e Macêdo (2014) defendem uma maior discussão sobre os gastos públicos em educação, e que sejam discutidos os melhores meios pelos quais o setor público pode alcançar patamares mais altos de eficiência. Sabemos que melhorias na educação geram melhores desempenhos dos alunos, aumentando a sua capacidade cognitiva. Segundo a literatura, essas mudanças na capacidade cognitiva criam mudança comportamental do aluno em relação a costumes cotidianos, o que ocasionaria externalidades positivas. Ademais, a literatura aponta que essas mudanças na capacidade cognitiva geram melhorias de capital humano e, como consequência, ganhos de crescimento econômico (Hanushek e Woessmann, 2020a; 2020b).

No Brasil, fatores como a complexidade do modelo federativo e as lacunas referentes à regulamentação das normas de cooperação na gestão pública tornam a tarefa de atingir melhores resultados educacionais bastante desafiadora. De acordo com dados do Fundo Monetário Internacional (FMI), o país apresentou, em 2017, a 9ª colocação entre os países com maior produto interno bruto (PIB), e, no mesmo ano, a 78ª colocação entre aqueles com maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e a 67ª posição quanto ao PIB *per capita*. Os resultados ainda parecem mais preocupantes na educação, tendo o Brasil apresentado uma das notas mais baixas do Programa de Avaliação Internacional de Estudantes (Pisa) de 2018: de 79 países, o Brasil ficou entre a 58ª e a 60ª posição na prova de leitura, entre a 66ª e a 68ª em ciências, e entre a 72ª e a 74ª em matemática.⁴

Por esse motivo, é preciso dotar de maior planejamento as áreas educacionais, de forma que haja maior eficiência. Mas quais são os fatores associados à eficiência educacional dos municípios brasileiros? Esse questionamento serve como motivação para contribuição na literatura sobre a qualidade educacional e acerca de como o Brasil pode atingir maiores níveis de eficiência. Por isso, nosso objetivo neste trabalho é analisar os resultados educacionais obtidos pelos municípios brasileiros nos anos de 2011, 2013, 2015 e 2017, utilizando o método de fronteira estocástica.

4. Os intervalos de posição são devidos à margem de erros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), órgão que realiza a prova.

No Brasil, alguns autores já fizeram trabalhos semelhantes empregando o método da análise envoltória de dados (Gonçalves e França, 2013). No entanto, apesar da flexibilidade do método em não depender de um componente de erro em suas estimativas, é possível que seu resultado apresente viés, caso não seja especificado corretamente. De acordo com Katharakisa e Katostaras (2013), como o setor de saúde é uma área que tem impacto direto na política, é preciso que a análise seja feita de forma cautelosa. Assim como a saúde, a educação acaba sendo também uma área que tem impactos diretos na política, tanto por fatores de descentralização como no que concerne a decisões de política pública.

O uso do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) como variável de desempenho escolar também permite que a escolha de apenas um *output* seja suficiente para nossa análise (Fernandes, 2007;⁵ Souza *et al.*, 2019; Travitzki, 2020). Além disso, o método de fronteira estocástica também se torna vantajoso, por permitir visualizar como as variáveis inseridas se comportam no desempenho escolar. Diante do exposto, este trabalho avança na literatura sobre eficiência, porque faz uma análise longitudinal de dados sobre eficiência considerando os municípios brasileiros. Nesta análise, foi considerado o gasto por aluno em nível e defasado em dois e quatro anos, uma vez que alguns gastos, como aqueles em estrutura, demoram para maturar e ficar disponíveis para os alunos (Domiciano e Almeida, 2015).

Os resultados encontrados mostram que as variáveis já exploradas pela literatura tiveram o sinal esperado, com exceção da média de alunos por turma, que teve sinal positivo e significativo para os anos iniciais. Card e Krueger (1992a; 1992b; 1996; 1998) afirmam que este resultado, contudo, não é totalmente contrário à literatura, sendo possível que exista uma relação positiva entre recursos educacionais (geralmente gastos educacionais ou tamanhos de turma ou proporção aluno/professor) e desempenho dos alunos. No sentido do gasto por aluno defasado, encontramos que o aumento do gasto público por aluno quatro anos antes aumentam as notas do Ideb.

Além desta introdução, este trabalho contém mais cinco seções. A próxima seção faz um breve apanhado da literatura, e a terceira seção retrata aspectos metodológicos da fronteira estocástica. Na quarta seção, serão apresentados os resultados econométricos. A última seção traz as considerações finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A literatura internacional tem grande foco em estudos acerca da economia da educação e das diversas implicações que a educação pode trazer para a economia e a vida social em geral. É possível perceber que a educação possui dois grandes canais de impacto: alguns autores discutem os impactos da educação nos ganhos de capital

5. Disponível em: <<https://bit.ly/3xUFY00>>.

humano no longo prazo (Mincer, 1958; Schultz, 1961; Becker, Murphy e Tamura, 1990), enquanto outros retratam a importância da educação nas externalidades positivas, uma vez que melhor educação afetará diretamente o comportamento do indivíduo (McMahon, 1987; 2010; Hall, 2006; Gunderson e Oreopolous, 2020). Witte e López-Torres (2017) e Johnes, Portela e Thanassoulis (2017) destacam a vasta literatura que discute a educação em diversos aspectos, ressaltando alguns fatores que podem ser seguidos, de forma a serem encontrados os melhores resultados para a eficiência.

Salas-Velasco (2020) avalia o desempenho dos alunos de 15 anos de idade na Espanha que fizeram a prova de matemática do Pisa em 2003 e 2012. A técnica empregada foi o método de fronteira estocástica para dados em painel variante no tempo. Utilizando escolas que tiveram alunos que participaram das provas nos dois anos, o autor mediu a ineficiência técnica variável no tempo, elaborando três modelos-padrão de fronteira estocástica. Seus resultados mostram que a ineficiência escolar não foi causada por fatores imediatos, como dificuldade na contratação de professores, mas por fatores persistentes: por exemplo, escolas com melhor clima disciplinar tendem a ser menos ineficientes no desempenho da prova. Além disso, também encontra que a motivação dos alunos de cada escola interfere nos resultados de aprendizagem.

Para o caso de 33 províncias da Indonésia, Akbar (2018) investiga os fatores associados à eficiência dos alunos do ensino médio. Para isso, foi empregado o método DEA (*data envelopment analysis*, ou análise envoltória dos dados) e a fronteira estocástica para o ano de 2012. Usando o DEA, o autor encontra que a eficiência técnica médio ensino médio na região estudada é de aproximadamente 89%, enquanto a fronteira estocástica identifica que números mais altos de professores com o primeiro grau completo e a proporção mais alta de professor para aluno afetam significativamente a pontuação média dos alunos na região. Contudo, o autor não encontra significância de que a despesa média da escola e a sua proximidade em relação aos alunos afetem a eficiência no ensino secundário.

Aparicio, Cordero e Ortiz (2019) utilizaram dados de estudantes e escolas dos Estados Unidos que participaram do Pisa de 2015 para mostrar que os dados agregados do Pisa das escolas podem gerar medidas de eficiência enviesada, quando comparados com as informações fornecidas por todos os alunos da mesma escola. Em suas estimações, os autores partiram de uma análise envoltória de dados difusos, para poder lidar com aspectos relacionados à imprecisão em algumas variáveis, como o *status* socioeconômico dos alunos ou as pontuações dos testes.

Em nível nacional, o artigo de Gonçalves e França (2013) analisa a eficiência municipal a partir do método DEA em três estágios, com dados do sistema Finanças do Brasil (Finbra), do Censo Escolar, da Prova Brasil e da Secretaria do

Tesouro Nacional (STN). Os autores encontram maiores médias de eficiência nos municípios do Norte e do Nordeste, e menores no Sul e no Centro-Oeste. O tamanho da população aumenta a eficiência dos municípios menos eficientes – indicando economias de escala –, e o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério (Fundef) aumenta a eficiência da maior parte dos municípios (Gonçalves e França, 2013).

Araújo Junior *et al.* (2016) analisam a eficiência de escolas da região Nordeste utilizando o modelo DEA associado a um modelo Tobit. Os autores separam a análise do ensino fundamental em anos iniciais e anos finais, e encontram que o saneamento inadequado aumenta a ineficiência, assim como o responsável ser analfabeto (quando esta variável é considerada para os anos iniciais). Os autores também encontram que escolas urbanas possuem maior eficiência e o número de matrículas reduz a ineficiência, havendo economia de escala.

Moreira (2017) teve como objetivo estimar a eficiência econômica da educação fundamental municipal, utilizando um modelo de fronteira estocástica de regressão. Destacando a importância da eficiência na gestão descentralizada, lançou mão dos dados da Prova Brasil dos anos de 2007, 2009, 2011 e 2013, para avaliação educacional dos municípios. A conclusão foi que o aumento de eficiência pode reduzir o custo no intervalo de 3% a 30% (dependendo do grau de eficiência). Ademais, maior eficiência faz com que escolas de melhor estrutura gerem alunos com melhores resultados. Consequentemente, municípios mais bem estruturados serão mais eficientes, o que sugere que os municípios menos eficientes se inspirem nas práticas adotadas nos mais eficientes.

Schettini (2018) avalia a eficiência dos gastos educacionais municipais do Brasil, utilizando o método DEA em dois estágios. O autor encontra economias de escala no número de alunos – ou seja, quanto mais alunos, mais eficiente é o município. A taxa de desemprego, a taxa de analfabetismo e a desigualdade (medida pelo índice de Gini) aumentam a ineficiência, assim como a porcentagem de alunos que trabalham e a mortalidade infantil. A expectativa de vida aumenta a ineficiência, ao contrário do que era esperado (Schettini, 2018).

Também com o método DEA em três estágios, Franca, Frio e Caruso (2019) estimam a eficiência municipal em educação no estado do Rio Grande do Sul. Os dados provêm do Finbra, do Atlas do Desenvolvimento Humano, do Censo Escolar e da Prova Brasil. Os autores encontram uma taxa de 15% dos municípios considerados eficientes. Uma maior proporção de autodeclarados negros e pardos mostra correlação positiva com a eficiência, assim como o indicador de nível socioeconômico dos alunos. O terceiro estágio mostra que municípios com maior densidade demográfica têm maior eficiência, se fazem parte do grupo dos menos eficientes, e menor eficiência, se fazem parte dos mais eficientes. A correlação entre os níveis de eficiência e eficácia (medida pelas notas em língua portuguesa e matemática) é menor que 25%.

No intuito de avaliar o efeito de gastos municipais sobre a qualidade da educação, Kroth e Gonçalves (2020) utilizam dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Prova Brasil (elaborada pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – Inep) e da STN, aplicando o método de painel com variáveis instrumentais (GMM – *generalized method of moments*, ou método de momentos generalizados). Os principais resultados mostram que os gastos na área social (saúde, cultura e assistência social) melhoraram os resultados educacionais, através de melhorias nas condições de ensino e de condições dos pais manterem os filhos nas escolas, os gastos em educação também elevam as notas. Os autores ainda salientam que os gastos ainda são insuficientes para que possam garantir retornos educacionais com qualidade (Kroth e Gonçalves, 2020).

Alves *et al.* (2019) utilizam o modelo de fronteira estocástica para estimar a eficiência das 27 Unidades da Federação (UFs) brasileiras ao proverem educação de ensino médio e anos finais do ensino fundamental. Os autores recorrem a dados da Prova Brasil e do IBGE de dois em dois anos, entre 2007 e 2017. Os resultados (invariantes no tempo) para a segunda etapa do ensino fundamental mostram que mais alunos por turma, reprovação e abandono reduzem a eficiência, e que gastos defasados a aumentam. Para o ensino médio, os autores encontram que o modelo variante no tempo se ajusta melhor, e que mais professores com ensino superior, mais matrículas e maior expectativa de vida aumentam a eficiência das UFs na provisão de educação. Por sua vez, maior taxa de distorção idade/série, mais abandono e mais alunos por turma aumentam a ineficiência.

Outros textos da literatura buscam adotar estratégias capazes de avaliar o impacto causal, isolando efeitos exógenos de políticas públicas e avaliando seus respectivos efeitos em termos de resultado educacional. Para o Brasil, focalizando uma reforma de 1998 relacionada ao financiamento do Fundef, Menezes-Filho e Pazello (2007) buscam avaliar o impacto desta política no desempenho dos alunos. Um dos efeitos do programa é o aumento do salário dos professores, que, consequentemente, pode se refletir no progresso escolar. Os resultados indicam que o aumento do salário dos professores, causado pela reforma, teve efeitos positivos na proficiência dos alunos.

Utilizando dados sobre o aumento de receita em municípios que tiveram ganhos de produção de petróleo nos municípios da região costeira do Rio de Janeiro, Monteiro (2015) avalia como esse aumento de receitas afeta a educação em geral. O resultado do estudo mostra que esses municípios beneficiados pelo petróleo tiveram aumentos no número de matrículas, assim como aumento no salário dos professores. Contudo, não é possível verificar que esses efeitos tenham sido convertidos em melhores resultados no desempenho escolar. Cruz e Rocha

(2018) avaliam como o Fundef/Fundeb⁶ impacta sobre a taxa de distorção idade/série e frequência escolar no Brasil, encontrando evidências de que os municípios com proporção de matrículas na rede municipal igual à mediana têm aumento na frequência escolar e redução da distorção idade/série após um aumento de R\$ 100 *per capita* desses fundos.

3 METODOLOGIA

3.1 Análise da fronteira estocástica

O método de fronteira estocástica (ou SFA, *stochastic frontier analysis*) é um método paramétrico utilizado na literatura com o intuito de mensurar a eficiência relativa de unidades produtivas, a partir da representação da fronteira do conjunto de possibilidade de produção (CPP). Uma função de produção, pela teoria, representa o valor eficiente de um *output* dado um conjunto de *inputs*. A literatura sobre o SFA já tem 40 anos (Førsund, Lovell e Schmidt, 1980; Lovell e Schmidt, 1988; Schmidt, 1985; Bauer, 1990; Greene, 1993). Como a representação da fronteira é não linear, podemos representar o modelo de máxima verossimilhança da seguinte forma:

$$Y_{it} = \exp^{x_{it}\beta + v_{it} - u_{it}}, \quad (1)$$

em que Y_{it} é produto do i -ésimo município no período t e β são os vetores ($k \times 1$) de insumos X a serem estimados. Complementando as estimações, temos que v_{it} é o componente idiossincrático independentemente distribuído $N(0; \sigma^2_v)$ e representa o desvio-padrão do componente de choque aleatório. Por sua vez, u_{it} representa os desvios em relação aos componentes de eficiência. Este último termo é normalmente distribuído $N^u(\mu, \sigma^2)$.

Assim, podemos afirmar que o termo de erro é composto pela captação dos aspectos relacionados à ineficiência técnica e aos resíduos estatísticos. Seguindo Battese e Coelli (1995), podemos especificar o termo de erro da seguinte forma:

$$\epsilon_{it} = v_{it} - u_{it} = v_{it} - \delta Z_{it} + w_{it}, \quad (2)$$

em que w_{it} representa uma variável aleatória com média zero e variância constante; Z_{it} representa um vetor ($p \times 1$) de variáveis que afetam a ineficiência; e δ representa um vetor ($1 \times p$) de estimação dos parâmetros. Podemos simplificar a representação de u_{it} , exposta na equação (2), e apresentar a eficiência técnica (ET) como:

$$\epsilon^{-u_i} = ET_{it} = \frac{E[y_{it}|x_{it}, u_i]}{E[y_{it}|x_{it}, u_i = 0]} = \frac{y_i}{y_i^{**}} \quad (3)$$

6. Fundeb – Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação.

Em outras palavras, podemos entender que a eficiência técnica é o resultado da razão entre a produção observada e a estimada. Na literatura, encontramos diversas formas de mensurar a eficiência utilizando tipos de distribuições diferentes para os resultados da eficiência técnica, podendo ela ser representada por uma distribuição normal, quase normal, normal truncada (Stevenson, 1980), gama (Greene, 2003) e exponencial (Meeusen e Broeck, 1977). Contudo, devido à pequena diferença na escala da distribuição nos impactos, as distribuições mais usadas são a normal e a quase normal.

Por fim, além dos modelos de estimação, a modelagem de eficiência considera duas formas funcionais. Uma representada pela função Cobb-Douglas – equação (4) – e a outra no modelo da função translog – equação (5) –, como é descrito a seguir.

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln X_{it} + v_{it} - u_{it} \quad (4)$$

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln X_{nit} + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{n_j=1}^N \beta_{nj} \ln(X_{it}) * \ln(X_{it}) + v_{it} - u_{it} . \quad (5)$$

Ambas as equações demonstram o efeito da variação de X_{it} na variável dependente Y_{it} . A diferença entre as duas funções se concentra na complexidade das estimativas, uma vez que a função translog requer uma quantidade maior de interações e variáveis. Mesmo que a complexidade dos dados e a realidade exposta consigam indicar alguma de uma das funções, estatisticamente podemos definir o melhor modelo como sendo aquele em que o valor da máxima verossimilhança mais se aproximar do verossímil. Em outras palavras, a forma estrutural será definida pelo resultado do teste da razão de máxima verossimilhança (*likelihood-ratio test*) ou pelo teste de Wald. Pela tabela de Kodde e Palm (1986), podemos afirmar que, se $LR > KT$ (teste de Kuhn-Tucker), podemos rejeitar a hipótese nula h_0 de que, pela estatística do teste LR, o modelo de máxima verossimilhança é o Cobb-Douglas.

3.2 Estratégia empírica

Dentro do escopo de um modelo de fronteira estocástica, é possível que as análises sejam aplicadas utilizando-se modelos variantes e invariantes no tempo, pois a eficiência pode se alterar ao longo do tempo. O modelo variante no tempo estima o η , que, uma vez significativo, indica que o componente de ineficiência varia ao longo do tempo (Mendes, 2015). Para as nossas estimativas econométricas, empregamos os modelos em painel invariantes e variantes no tempo, com o objetivo de comparar os resultados entre ambos e identificar a aplicação que gere o melhor ajuste. Como apresentamos na seção anterior, existem diversas distribuições que podem ser aplicadas. Seguindo a aplicação de Stevenson (1980), definimos que esses modelos são comumente apresentados a partir de um estimador de máxima verossimilhança com distribuição normal truncada. De acordo com Witte e

López-Torres (2017), a literatura sobre eficiência e economia da educação diz que, para se quantificar adequadamente a eficiência, são necessárias variáveis relacionadas ao ambiente do aluno, boas *proxies* para medir as habilidades dos estudantes, e variáveis que mensurem que representem bem a qualidade dos professores e os insumos escolares. Assim,

$$LnY_{it} = \alpha_0 + \sum_{n=1}^3 \theta_n LnGasto_{it} + \sum_{n=1}^8 \beta_n LnX_{it} + \sum_{n=1}^2 \gamma_n LnZ_{it} + v_{it} - u_{it} \quad (6)$$

em que LnY_{it} representa o Ideb para os anos iniciais e anos finais, e o θ_n representa o gasto real em três escalas temporais: em nível, e defasadas em dois e quatro anos. As variáveis representadas por X_{it} são as variáveis educacionais consideradas pela literatura como importantes na definição do desempenho educacional e γ_n são as variáveis socioeconômicas.

A escolha do Ideb como nossa variável dependente se dá por ser um indicador cujo objetivo é medir a qualidade do aprendizado e estabelecer metas para a melhoria do ensino. O índice é calculado a partir de dois componentes: componentes de rendimento escolar (aprovação); e as médias de desempenho na Prova Brasil.⁷ Apesar de o indicador ter alguns limites de mensuração, a literatura o reconhece como um bom indicador de qualidade educacional (Franco, Alves e Bonamino, 2007; Klauck *et al.*, 2012; Lira, 2017; Teixeira, 2017). Há de se salientar, porém, que o Ideb possui algumas limitações quando analisado isoladamente, pois é necessário entender o contexto econômico e social em que a escola está inserida (Alves e Soares, 2013).

4 RESULTADOS

O modelo utilizado é o descrito na equação (6) para estimarmos nossos modelos de fronteiras estocásticas variantes e invariantes no tempo para os anos finais e iniciais, em 2011, 2013, 2015 e 2017. Antes disso, apresentaremos uma seção prévia da estatística descritiva, mostrando os resultados geográficos do Ideb, e um gráfico apresentando a relação dos resultados do Ideb e o gasto público no ensino fundamental defasado em quatro anos. O segundo tópico da seção tem como objetivo apresentar os resultados da equação (6) para o Brasil. Por fim, serão apresentados os resultados geográficos dos municípios pelo resultado da eficiência e o *ranking* dos municípios mais eficientes.

7. Como a Prova Brasil só é realizada de dois em dois anos, o Ideb também só é divulgado com essa periodicidade.

4.1 Estatísticas descritivas

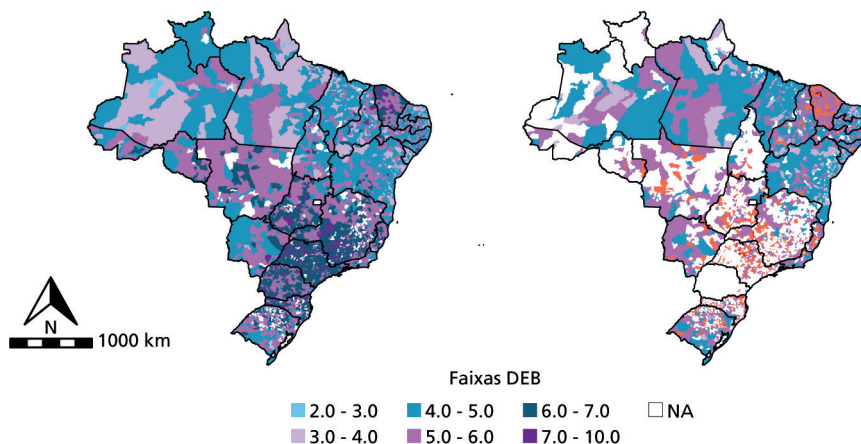
Para nossas estimações, utilizamos dados alternados entre anos do Inep para informações relacionadas ao Ideb, nosso indicador de desempenho educacional, e para demais informações escolares sobre estrutura, corpo docente, características da turma e do alunado. Os dados financeiros dos municípios foram retiradas do Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (Siconfi), da STN. Por sua vez, as demais variáveis de controle foram retiradas do IBGE.

MAPA 1

Distribuição espacial dos valores do Ideb: nota média do Ideb dos municípios brasileiros (2017)

1A – Anos iniciais do ensino fundamental

1B – Anos finais do ensino fundamental



Elaboração dos autores.
Obs.: NA – não se aplica.

No mapa 1, é possível verificar a distribuição geográfica dos resultados do Ideb municipal para os anos iniciais e os anos finais em 2017. Nos anos iniciais, é possível verificar que os municípios com maior nota do Ideb se localizavam principalmente no estado de São Paulo, vindo em seguida Minas Gerais, Goiás e Ceará. Diferentemente desses estados, a maioria apresenta notas menores, na faixa entre 4.0 e 6.0. Por seu turno, nos anos finais, o destaque se dá ao grande número de municípios que não possuem nota do Ideb.

Na tabela 1, apresentamos os valores da estatística descritiva da nossa base de dados para os anos de 2011, 2013, 2015 e 2017. Percebe-se que, na média, os resultados do Ideb são maiores para os anos iniciais. De acordo com a meta 7 do Plano Nacional de Educação (PNE), os municípios devem fornecer educação básica de qualidade, de modo a serem atingidas, em 2021, as seguintes médias

nacionais para o Ideb: 6,0 e 5,5, nos anos iniciais e finais do ensino fundamental, respectivamente. Os resultados médios mostram que, na média, entre 2011 e 2017, os municípios ainda não estão próximos à meta estabelecida.

Em relação à porcentagem de brancos, ambos os grupos são parecidos, assim como a porcentagem de alunos cujos pais ajudam nas tarefas, que recebem livros da escola, e o número de horas de aula diária. Há mais meninos nos anos iniciais, proporcionalmente, que nos anos finais. Em termos de distorção idade/série, há maior percentual de alunos em situação de distorção nos anos finais (35,55%) em relação aos anos iniciais (15,4%). Proporcionalmente, os anos finais possuem mais professores com ensino superior e mais professores que checam os deveres de casa. Outras variáveis também utilizadas estão descritas na segunda parte da tabela 1. Por se tratar de variáveis em nível de escolas ou municipais, tais como o total de matrículas e o PIB *per capita* (em R\$ 1 mil), estão descritas na segunda parte da tabela 1.

TABELA 1
Estatísticas descritivas

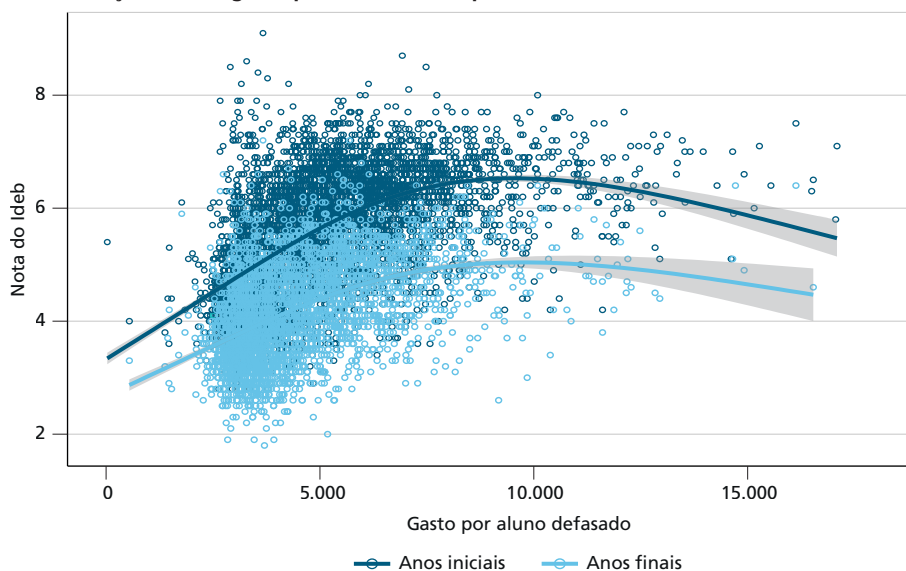
Variáveis da escola	Anos iniciais		Anos finais	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Ideb	5,13	1,07	3,92	0,86
Mãe ensino superior (%)	22,72	8,46	28,34	10,47
Branco (%)	37,54	18,51	36,37	20,85
Menino (%)	51,32	6,18	47,61	7,13
Distorção idade/série (%)	15,40	10,82	35,55	14,78
Professor checa tarefa de casa (%)	81,60	11,10	87,13	9,12
Recebeu livro (%)	53,12	35,52	53,12	35,52
Pais ajudam tarefas (%)	95,00	3,98	94,61	3,12
Horas-aula diárias	4,40	0,71	4,46	0,73
Alunos por turma	19,64	4,29	23,21	6,32
Docentes com ensino superior (%)	72,05	24,11	76,49	22,86
	Média		Desvio-padrão	
Indicador de estrutura	1,00		3,43	
Total matrículas	4.150,11		15.943,24	
PIB <i>per capita</i> (R\$ 1 mil)	21,68		23,74	
Gasto educação por aluno (R\$)	5.756,38		3.740,95	
Distância capital	239,29		153,50	
Rural	0,25		0,24	

Elaboração dos autores.

Obs.: A descrição e a fonte das variáveis desta tabela encontram-se no quadro A.1 (apêndice A deste artigo).

O objetivo é analisar como as características escolares afetam o desempenho estudantil nos municípios brasileiros entre 2011, 2013, 2015 e 2017, com enfoque no gasto público defasado. No gráfico 1, podemos observar a relação entre o gasto público defasado em quatro anos e o resultado do Ideb no ano de 2017. O gráfico mostra que há uma relação não linear entre o gasto público em educação por aluno e o desempenho no Ideb. Tanto para anos iniciais quanto para anos finais, parece haver um valor ótimo de gasto por aluno. Assim, gastos acima do ponto ótimo geram resultados ineficientes.

GRÁFICO 1

Relação entre o gasto público defasado por aluno e a nota do Ideb

Elaboração dos autores.

4.2 Análise empírica

Conforme já especificado, nossa análise é voltada para os municípios brasileiros que fornecem educação nos anos iniciais e finais do ensino fundamental, para o período de 2011, 2013, 2015 e 2017, utilizando os modelos variante e invariante no tempo de fronteira estocástica, em que a variável dependente do modelo é o Ideb. Pela significância do η e pelo teste da razão da máxima verossimilhança (tabela A.2, apêndice A deste capítulo), o melhor modelo a ser especificado é o modelo variante no tempo, que será o modelo trabalhado nas próximas etapas. Ademais, testamos a especificação do modelo, e os resultados da tabela A.1 (apêndice A deste capítulo) mostram que o modelo mais apropriado é o de Cobb-Douglas. Em relação às variáveis, observamos que as relacionadas às famílias e as sociodemográficas afetam o rendimento dos alunos no Ideb, indicando que municípios que têm maior percentual

de famílias em que os pais ajudam com as tarefas de casa e mães que possuem ensino superior têm associação positiva com os maiores rendimentos no Ideb, assim como locais com maior renda *per capita* e mais distantes das capitais estaduais.

Os resultados encontrados na tabela 2 mostram que maior proporção de professores com ensino superior melhoram as notas dos alunos. Não só a qualificação dos docentes, mas também o empenho dos professores parece estar diretamente relacionado ao desempenho no Ideb, já que os resultados indicam que os professores checarem as tarefas de casa se correlaciona positivamente com os resultados. Estes resultados seguem em linha com a literatura, indicando que professores com maior qualificação tendem a melhorar o desempenho dos alunos (Goddard, Hoy e Hoy, 2000; Rockoff, 2004; Kane e Staiger, 2008; Ronfeldt, Loeb e Wyckoff, 2013).

Quando tratamos de insumos escolares, observa-se que o aumento de horas-aulas é positivamente correlacionado com o desempenho dos alunos nos anos iniciais. Por sua vez, a média de alunos por turma apresentou resultados diferentes: mais alunos por turma nos anos iniciais está correlacionado a melhores resultados, enquanto, nos anos finais, a mais alunos se relacionam piores resultados. Por fim, o indicador de estrutura escolar não é significativo.

As variáveis sobre as características dos alunos indicam que os de cor branca tendem a ter desempenhos superiores em comparação com alunos de outras raças, enquanto os alunos do sexo masculino têm desempenho menor em comparação ao sexo feminino. Em relação ao número de matrículas escolares, os resultados não apresentam significância estatística nos modelos variantes no tempo, enquanto o percentual de escolas na zona rural foi significativo, indicando que uma maior proporção de escolas na zona rural diminui o desempenho nos anos iniciais. Municípios mais ricos (maior PIB *per capita*) registram melhores resultados.

Por fim, é possível ver, na tabela 2, que a variável de gasto por aluno defasada em quatro anos gera um aumento no desempenho escolar tanto para os anos iniciais quanto para os anos finais, mas que um gasto corrente e defasado em dois anos não possui efeito sobre a nota do Ideb dos municípios. De acordo com os resultados de Becker e Kassouf (2017), os gastos em educação precisam de tempo para terem efeitos observados – no caso do estudo citado, sobre a criminalidade. Monteiro (2015) não encontra efeitos do gasto sobre as notas, ao considerar municípios que aumentaram os gastos devido aos *royalties* do petróleo. De acordo com Moraes, Dias e Mariano (2017), o gasto público em educação tem capacidade de aumentar a nota no Ideb, porém até certo nível, após o que os resultados não são mais explicados pelo gasto por aluno, tornando o investimento adicional inócuo. Vasconcelos *et al.* (2021) encontram que a relação entre gasto e resultados educacionais era negativa em 2007, mas positiva em 2017, o que indica que o gasto por si só não é suficiente, pois os gestores precisam ser eficientes com os gastos para lograr êxito.

TABELA 2
Resultados

	Anos	Iniciais	Anos	Finais
	TI	TVD	TI	TVD
Mãe ensino superior	0,23341*** (0,0126)	0,20665*** (0,0124)	0,11983*** (0,0197)	0,10114*** (0,0197)
Branco	0,06030*** (0,0082)	0,05892*** (0,0081)	0,16642*** (0,0169)	0,17514*** (0,0170)
Meninos	-0,06010*** (0,0130)	-0,06148*** (0,0127)	-0,03243 (0,0227)	-0,04139* (0,0225)
Professor checa tarefas	0,20116*** (0,0095)	0,18805*** (0,0093)	0,25801*** (0,0204)	0,26616*** (0,0201)
Recebeu livro	0,02805*** (0,0030)	-0,00314 (0,0033)	0,05938*** (0,0053)	0,03090*** (0,0059)
Pais ajudam com tarefas	0,55750*** (0,0265)	0,53077*** (0,0259)	0,09539* (0,0512)	0,10021** (0,0507)
Distorção idade/série	-0,00546*** (0,0002)	-0,00485*** (0,0002)	-0,00683*** (0,0002)	-0,00680*** (0,0002)
Horas-aula diárias	0,00598*** (0,0014)	0,00580*** (0,0014)	0,00135 (0,0024)	0,00087 (0,0024)
Alunos por turma	0,00183*** (0,0004)	0,00189*** (0,0004)	-0,00131*** (0,0004)	-0,00108** (0,0004)
Docentes com ensino superior (%)	0,00065*** (0,0001)	0,00059*** (0,0001)	0,00026** (0,0001)	0,00025** (0,0001)
PSE	0,00129 (0,0018)	0,00496*** (0,0018)	0,00185 (0,0025)	0,00369 (0,0025)
LN Matrículas	0,00840*** (0,0023)	-0,00131 (0,0024)	0,01221*** (0,0038)	0,00560 (0,0039)
LN PIB <i>per capita</i>	0,01461*** (0,0026)	0,02033*** (0,0027)	0,01439*** (0,0042)	0,01950*** (0,0042)
LN Gasto	-0,00441 (0,0049)	-0,00027 (0,0048)	-0,01943** (0,0096)	-0,00926 (0,0095)
LN Gasto t-2	0,01802*** (0,0046)	0,00535 (0,0045)	0,00247 (0,0090)	-0,00892 (0,0090)
LN Gasto t-4	0,05114*** (0,0038)	0,02561*** (0,0039)	0,07825*** (0,0073)	0,04866*** (0,0078)
LN Distância	0,00572*** (0,0019)	0,00702*** (0,0019)	0,00288 (0,0029)	0,00384 (0,0029)
Zona rural	-0,01041 (0,0078)	-0,01708** (0,0080)	0,00421 (0,0129)	0,00287 (0,0130)

(Continua)

(Continuação)

	Anos	Iniciais	Anos	Finais
	TI	TVD	TI	TVD
Constante	0,61565 (2,7697)	1,41141*** (0,4086)	1,13718 (5,0843)	1,26542*** (0,1338)
$\ln \sigma^2$	-4,52258*** (0,0144)	-4,53346*** (0,0194)	-4,04767*** (0,0178)	-4,09160*** (0,0190)
γ	-0,41672*** (0,0433)	-0,25941*** (0,0526)	-0,65140*** (0,0610)	-0,70262*** (0,0654)
μ	0,43191 (2,7689)	0,81634** (0,3970)	0,51890 (5,0830)	0,34115*** (0,0583)
η		0,01254** (0,0058)		0,02590*** (0,0047)
Observações	13.579	13.579	7.818	7.818

Elaboração dos autores.
Obs.: A descrição e a fonte das variáveis desta tabela encontram-se no quadro A.1 (apêndice A deste artigo).

Outro ponto a ser destacado é a significância dos estimadores da fronteira para nosso modelo. De acordo com o que foi exposto na metodologia, o termo de erro de ineficiência u_{it} tem média μ maior que zero e variância σ^2 constante (Coelli *et al.*, 2005; Kumbhakar e Lovell, 2000). O valor estimado de η apresenta um valor positivo e significativo, mostrando que a variação no tempo é crescente.

A partir do estimador μ obtido pelas estimativas de fronteira estocástica variante no tempo, é possível verificar o comportamento deste termo de forma espacial (apresentação de mapa) e os efeitos temporais. Também observamos, no mapa 2, que os municípios que apresentaram os menores níveis de eficiência técnica situam-se na região Nordeste do Brasil, enquanto aqueles com as notas maiores estão na região Sudeste. Contudo, mesmo que a maioria dos municípios do Nordeste tenham apresentado sinal menor em comparação com as demais regiões, também é possível verificar que a maioria dos pontos de maiores escores de eficiência estão na região Nordeste, apresentando certa disparidade regional.

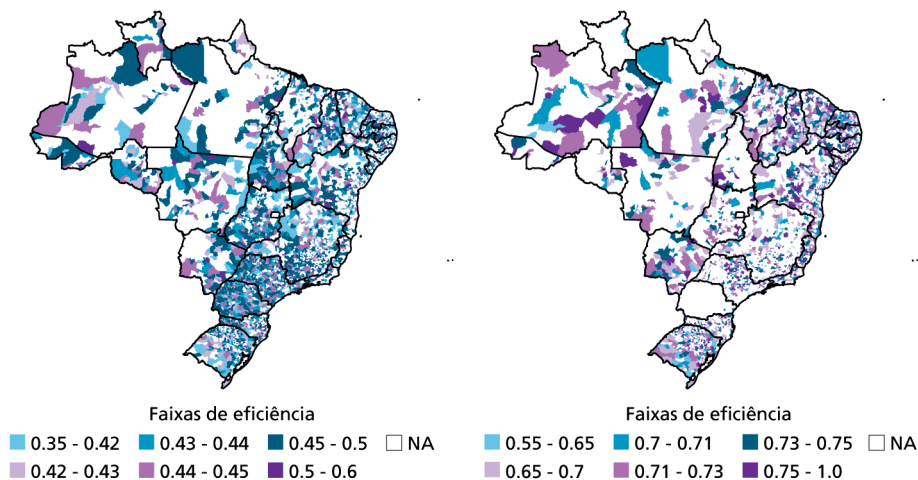
Por seu turno, no que concerne aos resultados do Ideb para os anos finais do ensino fundamental, a primeira observação a se fazer é a grande quantidade de dados faltantes, o que sugere serem os estados os ofertantes d esse nível educacional. A partir do que mostra a figura 1, a maioria dos municípios dos anos finais estão situados no escore de eficiência entre 0,65 e 0,75. O Nordeste é a região que possui menos dados faltantes para a segunda etapa do ensino fundamental municipal.

FIGURA 1

Distribuição espacial dos valores da eficiência: nível de eficiência dos municípios brasileiros (2017)

1A – Anos iniciais do ensino fundamental

1B – Anos finais do ensino fundamental



Elaboração dos autores.

Comparando-se os dois resultados da fronteira, também observamos que grande parte dos municípios do Sudeste que possuem bons resultados nos anos iniciais são aqueles que não forneceram anos finais, enquanto no Nordeste aqueles municípios que tinham escores melhores não conseguem repetir a eficiência para os anos finais. Os resultados indicam que, quando o município não tem responsabilidade em gerir os anos finais, ele é capaz de gerir melhor os recursos e atingir maiores níveis de eficiência.

Entre todos esse municípios apresentados da figura 1, destacamos aqueles que tiveram maior resultado de eficiência no ano de 2017. De acordo com o valor do η nas nossas estimativas da tabela 2, seguimos nossos resultados utilizando o modelo variante no tempo. Na tabela 3, podemos observar que os municípios de Cocal dos Alves (PI) e Domingos de Mourão (PI) foram os mais eficientes nos anos iniciais, em 2017. De acordo relatório do Ipea, elaborado por Corbucci e Matijascic (2019), municípios como Domingos Mourão tiveram, nos últimos anos, experiências exitosas, mostrando que, mesmo sob condições de pobreza e outras limitações socioeconômicas, é possível romper o círculo vicioso da pobreza a partir de políticas escolares. Além disso, também vale destacar que, em 2013, a Secretaria da Educação daquele município iniciou uma parceria com o Instituto Ayrton Senna para adotar melhores práticas educacionais.⁸

8. Disponível em: <<https://bit.ly/3b3B5tl>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

TABELA 3

Ranking dos cinco municípios com maiores e menores escores de eficiência, nos anos iniciais e finais (2017)

Anos iniciais		Mais eficientes	
		Anos finais	
Município	Resultado	Município	Resultado
Cocal dos Alves (PI)	0,589	Cocal dos Alves (PI)	0,951
Domingos Mourão (PI)	0,568	Vila Nova do Piauí (PI)	0,930
Jequiá da Praia (AL)	0,566	Domingos Mourão (PI)	0,890
Buriti dos Montes (PI)	0,545	Licínio de Almeida (BA)	0,875
Licínio de Almeida (BA)	0,541	Novo Horizonte (SP)	0,849
		Menos eficientes	
Miguel Leão (PI)	0,351	Oliveira de Fátima (TO)	0,554
Campo Belo do Sul (SC)	0,363	Coronel Ezequiel (RN)	0,584
Simão Pereira (MG)	0,365	Jaguarão (RS)	0,589
São José do Povo (MT)	0,366	Teixeiras (MG)	0,593
Coronel Bicaco (RS)	0,370	Esmeralda (RS)	0,599

Elaboração dos autores.

O terceiro colocado deste *ranking*, o município de Jequiá da Praia, é a cidade do estado de Alagoas que tem a maior nota do Ideb nos anos iniciais desde 2009. De acordo como observatório QEdU, de seis escolas do município que fizeram a Prova Brasil, cinco atingiram a metade Ideb, e três delas tiveram nota maior que 9 no resultado do indicador.⁹ Outro município bastante destacado pela mídia e pela literatura é Sobral (CE), que obteve a 11ª colocação entre os municípios mais eficientes do Brasil para os anos iniciais (Gramani, 2017).

Apesar de os mesmos municípios não aparecerem com as maiores notas nos anos finais, devido a dados faltantes ou por não conseguirem repetir o mesmo sucesso para o segundo nível do ensino fundamental, nos anos finais também aparece entre os municípios mais eficientes Cocal dos Alves (PI), que teve um resultado elevado no *ranking* de eficiência e também apresenta sucesso no desempenho dos alunos, tanto nos anos finais como no ensino médio. Por outro lado, municípios como Miguel Leão (PI), Campo Belo do Sul (SC), Simão Pereira (MG), para os anos iniciais, e Oliveira de Fátima (TO), Coronel Ezequiel (RN) e Jaguarão (RS), para os anos finais, são alguns exemplos de municípios de baixo IDH que não tiveram êxito nas suas políticas de eficiência do gasto no desempenho educacional.

A tabela 4 apresenta os municípios com maiores ganhos de eficiência, ao longo do tempo, e os municípios com menores ganhos. Grande parte dos municípios

9. Disponível em: <<https://bit.ly/3zFs0l1>>. Acesso em: 11 jul. 2020.

com menores escores de eficiência são os que mais cresceram entre 2011 e 2017. Este resultado pode apontar para duas interpretações: por um lado, municípios com maiores índices de eficiência teriam ganhos de escala menores ao longo do tempo, enquanto municípios menos eficientes teriam capacidade de crescer mais rapidamente; por outro, também pode indicar que os municípios mais eficientes já alcançaram nível satisfatório no Ideb, tendo maior dificuldade de avançar, enquanto os municípios considerados ineficientes precisam superar barreiras econômicas e estruturais para alcançarem resultados considerados satisfatórios.

TABELA 4
Crescimento da eficiência (2011-2017)
(Em %)

Maiores ganhos de eficiência			
Anos iniciais		Anos finais	
Município	Resultado	Município	Resultado
Simão Pereira (MG)	8,18	Coronel Ezequiel (RN)	9,45
São José do Povo (MT)	8,16	Esmeralda (RS)	8,96
Bonfim do Piauí (PI)	8,04	Dom Pedrito (RS)	8,86
Lambari D'Oeste (MT)	7,96	Paulo Lopes (SC)	8,79
Brejo do Piauí (PI)	7,91	Santa Cruz (RN)	8,68
Menores ganhos de eficiência			
Cocal dos Alves (PI)	4,23	Cocal dos Alves (PI)	0,84
Domingos Mourão (PI)	4,52	Vila Nova do Piauí (PI)	1,22
Jequiá da Praia (AL)	4,54	Licínio de Almeida (BA)	2,26
Buriti dos Montes (PI)	4,85	Novo Horizonte (SP)	2,78
Licínio de Almeida (BA)	4,92	Santa do Deserto (MG)	2,87

Elaboração dos autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por décadas, a literatura vem explorando e buscando descobrir os principais fatores associados à eficiência dos gastos públicos e aos resultados em educação. Como contribuição para a literatura, nosso trabalho utiliza o método de fronteira estocástica na análise dos fatores associados à eficiência nos municípios brasileiros nos anos de 2011, 2013, 2015 e 2017, em relação ao ensino fundamental, separando os dados dos anos iniciais e finais.

Apesar de esse tema já ter sido bastante explorado, ainda não se definiu bem como os gastos públicos por aluno afetam seu desempenho. Os resultados variam, dependendo de situação e país, uma vez que o gasto público se subordina a fatores relacionados à estrutura federativa de cada nação, à forma como os gastos são

realizados e ao nível de desenvolvimento em que o país se encontra. Os resultados gerais mostram que fatores relacionados à escolaridade da mãe, à ajuda dos pais no dever de casa, ao recebimento de livro escolar e a professores que checam tarefas apresentaram correlação com o melhor desempenho dos alunos, indicando que o estímulo por parte da família (como também a escolaridade de seus responsáveis) e dos professores é importante para o progresso escolar dos alunos. Em relação às características dos alunos, os resultados indicam que alunos de cor branca e do sexo feminino tendem a ter melhores desempenhos.

Por sua vez, a média de alunos por turma apresentou um sinal positivo nos anos iniciais, o que seria contrário à maioria da literatura, mas que não é consenso, dado que uma turma pequena demais também tende a diminuir o rendimento escolar. As variáveis socioeconômicas, como o PIB, a distância do município até a capital e o percentual de escolas na zona rural também foram significativas. Por fim, temos que a variável de gasto defasado em quatro anos, por aluno, apresentou sinal positivo e significativo em nossas estimativas, indicando que o investimento em educação por aluno gera aumento no desempenho escolar depois de algum tempo.

No geral, nossas estimativas sugerem algumas conjecturas, a saber: o crescimento dos gastos públicos municipais em educação por aluno está associado a melhorias no desempenho educacional, sendo positivo e estatisticamente significativo; e o papel da infraestrutura não parece afetar o desempenho educacional, enquanto a qualificação dos professores, média de horas e tamanho da turma (este para os anos iniciais) apresentam efeitos positivos e significativos. Esses resultados podem ajudar a orientar a aplicação de recursos; os resultados descritos na figura 3 sugerem que, mesmo que os escores de eficiência estejam mais concentrados na região Sudeste, os *outliers* estão na região Norte e Nordeste; e o *ranking* apresentado na tabela 3 traz alguns possíveis exemplos a serem seguidos, e como outros municípios podem adotar suas medidas educacionais. Apesar de apresentar os municípios mais eficientes, não foi nosso objetivo de pesquisa explorar os determinantes de seus sucessos.

Este tema é extremamente importante, uma vez que a educação serve de base para o desenvolvimento social e econômico regional de longo prazo. A principal fonte de financiamento educacional dos municípios mais pobres, o Fundeb, passará por uma série de alterações constitucionais (por meio da Emenda Constitucional – EC nº 108, de 2020), e isso requer constante monitoramento do gasto e da eficiência dessa fonte de financiamento, visto que a complementação da União para o Fundeb evoluirá de 10% para 23%. Por este motivo, recomenda-se que novas pesquisas sejam realizadas sobre o assunto, de forma a se fornecerem novas evidências de como melhorar a eficiência e a eficácia do gasto. Avaliar os efeitos do gasto público, lançando mão de análises causais sobre programas educacionais, pode contribuir para o avanço da literatura acerca da eficiência educacional.

REFERÊNCIAS

- AKBAR, R. Evaluating the efficiency of Indonesia's secondary school education. **Jurnal Pendidikan Indonesia**, v. 7, n. 1, p. 1-9, Apr. 2018.
- ALVES, M. T. G.; SOARES, J. A. F. Contexto escolar e indicadores educacionais: condições desiguais para a efetivação de uma política de avaliação educacional. **Educação e Pesquisa**, v. 39, n. 1, p. 177-194, Mar. 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/3MUJIUL>>.
- ALVES, P. J. H. *et al.* Uma análise dos resultados educacionais dos estados brasileiros. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS, 17., 2019, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Aber, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3MSLJAH>>.
- APARICIO, J.; CORDERO, J. M.; ORTIZ, L. Measuring efficiency in education: the influence of imprecision and variability in data on DEA estimates. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 68, p. 100698, Dec. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3mPGXcx>>.
- ARAÚJO JUNIOR, J. N. *et al.* Eficiência técnica das escolas públicas dos estados do Nordeste: uma abordagem em dois estágios. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 47, n. 3, p. 61-73, jul.-set. 2016.
- BARRERA-OSORIO, F. *et al.* Delivering education to the underserved through a public-private partnership program in Pakistan. Washington: The World Bank, Aug. 2017. (Policy Research Working Paper, n. 8177). Disponível em: <<https://bit.ly/3QmQdSW>>.
- BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. **Empirical Economics**, v. 20, n. 2, p. 325-332, Jun. 1995. Disponível em: <<https://bit.ly/39sZ8Sk>>.
- BAUER, P. W. Recent developments in the econometric estimation of frontiers. **Journal of Econometrics**, v. 46, n. 1-2, p. 39-56, Oct.-Nov. 1990. Disponível em: <<https://bit.ly/3mV8cSU>>.
- BECKER, G. S.; MURPHY, K. M.; TAMURA, R. Human capital, fertility, and economic growth. **Journal of Political Economy**, v. 98, n. 5, p. 12-37, Oct. 1990. Disponível em: <<https://bit.ly/3mV8sBm>>.
- BECKER, K. L. A.; KASSOUF, A. L. A. Uma análise do efeito dos gastos públicos em educação sobre a criminalidade no Brasil. **Economia e Sociedade**, v. 26, n. 1, p. 215-242, abr. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3xUqcmI>>.
- BEUREN, I. M.; MACÊDO, F. F. R. R. Artigos sobre gasto público e educação publicados emperiódicos internacionais. **Revista Administração em Diálogo-RAD**, v. 16, n. 3, p. 1-27, set.-dez. 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/3b4p1s7>>.

BLANDEN, J. Education and inequality. *In*: BRADLEY, S.; GREEN, C. (Ed.). **The economics of education: a comprehensive overview**. Amsterdam: Elsevier, 2020. p. 119-131. Disponível em: <<https://bit.ly/3MS3vnt>>.

CARD, D.; KRUEGER, A. B. Does school quality matter? Returns to education and the characteristics of public schools in the United States. **Journal of Political Economy**, v. 100, n. 1, p. 1-40, Feb. 1992a. Disponível em: <<https://bit.ly/3tzzKBm>>.

_____. School quality and black-white relative earnings: a direct assessment. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 107, n. 1, p. 151-200, Feb. 1992b. Disponível em: <<https://bit.ly/3mNYRwb>>.

_____. School resources and student outcomes: an overview of the literature and new evidence from North and South Carolina. **Journal of Economic Perspectives**, v. 10, n. 4, p. 31-50, 1996. Disponível em: <<https://bit.ly/3xAQOYW>>.

_____. School resources and student outcomes. **The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science**, v. 559, n. 1, p. 39-53, Sept. 1998. Disponível em: <<https://bit.ly/3zEX5p2>>.

COELLI, T. J. *et al.* (Ed.). **An introduction to efficiency and productivity analysis**. New York: Springer-Verlag, 2005. Disponível em: <<https://bit.ly/3xtwXe6>>.

CORBUCCI, P. R.; MATIJASCIC, M. Relatório de pesquisa de campo – secretarias municipais de educação do Piauí: Domingos Mourão, Parnaíba e Teresina. Brasília: Ipea, 2019.

CRUZ, G.; ROCHA, R. Efeitos do Fundeb sobre frequência escolar, fluxo escolar e trabalho infantil: uma análise com base nos Censos de 2000 e 2010. **Estudos Econômicos**, v. 48, n. 1, p. 39-75, jan.-mar. 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/3tyHp2v>>.

DOMICIANO, F. L.; ALMEIDA, A. T. C. Gastos públicos municipais e os resultados do Ideb: Evidências para os municípios paraibanos. **Revista Economia e Desenvolvimento**, v. 14, n. 1, p. 44-64, 2015.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957. Disponível em: <<https://bit.ly/3MTvymA>>.

FØRSUND, F. R.; LOVELL, C. K.; SCHMIDT, P. A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement. **Journal of Econometrics**, v. 13, n. 1, p. 5-25, May 1980. Disponível em: <<https://bit.ly/3HodKP0>>.

FRANCA, M. T. A.; FRIO, G. S.; CARUSO, D. F. Eficiência na provisão educacional no Rio Grande do Sul: uma análise municipal em três estágios. **Revista Meta: Avaliação**, v. 11, n. 31, p. 97-123, jan.-abr. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3OyBVgD>>.

FRANCO, C.; ALVES, F.; BONAMINO, A. Qualidade do ensino fundamental: políticas, suas possibilidades, seus limites. **Educação & Sociedade**, v. 28, n. 100, p. 989-1014, out. 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/3mMluBo>>.

GODDARD, R. D.; HOY, W. K.; HOY, A. W. Collective teacher efficacy: its meaning, measure, and impact on student achievement. **American Educational Research Journal**, v. 37, n. 2, p. 479-507, Jan. 2000. Disponível em: <<https://bit.ly/39qxhlH>>.

GONÇALVES, F. O.; FRANÇA, M. T. A. Eficiência na provisão de educação pública municipal: uma análise em três estágios dos municípios brasileiros. **Estudos Econômicos**, v. 43, n. 2, p. 271-299, jul. 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/3y2y4TD>>.

GRAMANI, M. C. Análise dos determinantes de eficiência educacional do estado do Ceará. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 25, n. 95, p. 507-526, abr. 2017.

GREENE, W. H. **Frontier production functions**. New York: New York University, 1993. (New York University, Leonard N. Stern School of Business, Department of Economics Working Papers, n. 93-20). Disponível em: <<https://bit.ly/3zIDpR0>>.

_____. Simulated likelihood estimation of the normal-gamma stochastic frontier function. **Journal of Productivity Analysis**, v. 19, n. 2-3, p. 179-190, 2003. Disponível em: <<https://bit.ly/3aQMofl>>.

GUNDERSON, M.; OREOPOLOUS, P. Returns to education in developed countries. In: BRADLEY, S.; GREEN, C. (Ed.). **The economics of education: a comprehensive overview**. Amsterdam: Elsevier, 2020. p. 39-51. Disponível em: <<https://bit.ly/3QlsJxD>>.

HALL, J. C. Positive externalities and government involvement in education. **Journal of Private Enterprise**, v. 22, n. 2, p. 165-175, 2006.

HANUSHEK, E. A. Will more higher education improve economic growth? **Oxford Review of Economic Policy**, v. 32, n. 4, p. 538-552, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/3tCH9zT>>.

HANUSHEK, E. A.; WOESSMANN, L. Education, knowledge capital, and economic growth. In: BRADLEY, S.; GREEN, C. (Ed.). **The economics of education: a comprehensive overview**. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2020a. p. 171-182. Disponível em: <<https://bit.ly/3xrzh5m>>.

_____. A quantitative look at the economic impact of the European Union's educational goals. **Education Economics**, v. 28, n. 3, p. 2254-224, Jan. 2020b. Disponível em: <<https://bit.ly/3NQIrz8>>.

JOHNES, J.; PORTELA, M.; THANASSOULIS, E. Efficiency in education. **Journal of the Operational Research Society**, v. 68, n. 4, p. 331-338, Dec. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3xynLo>>.

KANE, T.; STAIGER, D. **Estimating teacher impacts on student achievement: an experimentalevaluation**. Cambridge: NBER, Dec. 2008. (NBER Working Paper Series, n. 14607). Disponível em: <<https://bit.ly/3mNqJRd>>.

KATHARAKISA, G.; KATOSTARAS, T. SFA vs. DEA for measuring healthcare efficiency: a systematic review. **International Journal of Statistics in Medical Research**, v. 2, n. 2, p. 152-166, Jan. 2013.

KLAUCK, G. A. C. *et al.* **Indicadores de qualidade de ensino: estudo em escola destaque no Ideb. 2012.** 185 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/3HxN8eT>>.

KODDE, D. A.; PALM, F. C. Wald criteria for jointly testing equality and inequality restrictions. **Econometrica**, v. 54, n. 5, p. 1243-1248, Sept. 1986. Disponível em: <<https://bit.ly/3MSPICS>>.

KROTH, D. C.; GONÇALVES, F. O. O impacto dos gastos públicos municipais sobre a qualidade da educação: uma análise de variáveis instrumentais entre 2007 e 2011. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 53, p. 328-355, jul.-dez. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3MUp72A>>.

KUMBHAKAR, S. C.; LOVELL, C. A. K. (Ed.). **Stochastic frontier analysis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. Disponível em: <<https://bit.ly/3Od4aRG>>.

LERGETPORER, P.; WERNER, K.; WOESSMANN, L. Educational inequality and public policy preferences: evidence from representative survey experiments. **Journal of Public Economics**, v. 188, p. 104226, Aug. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3aRFj7u>>.

LIRA, M. C. M. **O impacto do IDEB na qualidade da educação básica pública no Brasil: uma avaliação a partir do processo de Markov.** 2017. 123 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3MYx1Im>>.

LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. A comparison of alternative approaches to the measurement of productive efficiency. *In*: DOGRAMACI, A.; FÄRE, R. (Ed.). **Applications of modern production theory: efficiency and productivity**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1988. p. 3-32. Disponível em: <<https://bit.ly/3tDSQGe>>.

MCMAHON, W. Externalities in education. *In*: PSACHAROPOULOS, G. (Ed.). **Economics of education**. Amsterdam: Elsevier, 1987. p.133-137. Disponível em: <<https://bit.ly/3NX8nJl>>.

_____. The external benefits of education. *In*: PETERSON, P.; BAKER, E.; MCGAW, B. (Ed.). **International encyclopedia of education**. Amsterdam: Elsevier, 2010. p. 260-271.

MEEUSEN, W.; BROECK, J. D. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. **International Economic Review**, v. 18, n. 2, p. 435-444, Jun. 1977. Disponível em: <<https://bit.ly/3Hon8CI>>.

MENDES, G. M. **Efeitos dos ganhos de produtividade total dos fatores da agropecuária sobre os preços agrícolas no Brasil: 1970-2006**. 2015. 100 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3tC8Et0>>.

MENEZES-FILHO, N.; PAZELLO, E. Do teachers' wages matter for proficiency? evidence from a funding reform in brazil. **Economics of Education Review**, v. 26, n. 6, p. 660-672, Dec. 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/3Od3CLy>>.

MINCER, J. Investment in human capital and personal income distribution. **Journal of Political Economy**, v. 66, n. 4, p. 281-302, Aug. 1958. Disponível em: <<https://bit.ly/3aQT46n>>.

MONTEIRO, J. Gasto público em educação e desempenho escolar. **Revista Brasileira de Economia**, v. 69, n. 4, p. 467-488, out.-dez. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3NXHXYb>>.

MORAES, J.; DIAS, B. F. B.; MARIANO, S. R. H. Qualidade da educação nas escolas públicas no brasil: uma análise da relação investimento por aluno e desempenho nas avaliações nacionais. **Contextus: Revista Contemporânea de Economia e Gestão**, v. 15, n. 3, p. 34-65, set.-dez. 2017.

MOREIRA, A. R. B. **Eficiência do gasto da educação fundamental municipal**. Rio de Janeiro: Ipea, jun. 2017. (Texto para Discussão, n. 2308). Disponível em: <<https://bit.ly/3OefLzU>>.

MURALIDHARAN, K.; PRAKASH, N. Cycling to school: increasing secondary school enrollment for girls in India. **American Economic Journal: Applied Economics**, v. 9, n. 3, p. 321-350, Jul. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3zFxXyh>>.

ROCKOFF, J. E. The impact of individual teachers on student achievement: evidence from panel data. **American Economic Review**, v. 94, n. 2, p. 247-252, May 2004. Disponível em: <<https://bit.ly/39oSqgk>>.

RONFELDT, M.; LOEB, S.; WYCKOFF, J. How teacher turnover harms student achievement. **American Educational Research Journal**, v. 50, n. 1, p. 4-36, Feb. 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/3b7oXlh>>.

SALAS-VELASCO, M. Assessing the performance of Spanish secondary education institutions: distinguishing between transient and persistent inefficiency, separated from heterogeneity. **The Manchester School**, v. 88, n. 4, p. 531-555, Jul. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3xSsOBA>>.

SCHETTINI, B. P. Avaliação da eficiência técnica dos municípios brasileiros na educação pública. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 48, n. 1, p. 37-69, abr. 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/3xUnyxF>>.

SCHMIDT, P. Frontier production functions. **Econometric Reviews**, v. 4, n. 2, p. 289-328, 1985. Disponível em: <<https://bit.ly/3MVvxPc>>.

SCHULTZ, T. W. Investment in human capital. **The American Economic Review**, v. 51, n. 1, p. 1-17, Mar. 1961.

SOUZA, T. M. *et al.* O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb): uma década de monitoramento da qualidade da educação. **Revista Com Censo: Estudos Educacionais do Distrito Federal**, v. 6, n. 2, p. 57-62, maio 2019.

STEVENSON, R. E. Likelihood functions for generalized stochastic frontier estimation. **Journal of Econometrics**, v. 13, n. 1, p. 57-66, May 1980. Disponível em: <<https://bit.ly/3mQcStn>>.

TEIXEIRA, I. P. C. **O impacto das despesas com educação, na rede estadual de ensino médio, no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – Ideb, no período de 2006 a 2015**. 2017. 84 f. (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3MW1Hdj>>.

TRAVITZKI, R. Qual é o grau de incerteza do Ideb e por que isso importa? **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 28, n. 107, p. 500-520, jun. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3mOzKt8>>.

VASCONCELOS, J. C. *et al.* Infraestrutura escolar e investimentos públicos em educação no Brasil: a importância para o desempenho educacional. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 29, n. 113, p. 874-898, oct.-dez. 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3zGCAIu>>.

WITTE, K. D.; LÓPEZ-TORRES, L. Efficiency in education: a review of literature and a way forward. **Journal of the Operational Research Society**, v. 68, n. 4, p. 339-363, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/39wEgth>>.

APÊNDICE A

TABELA A.1

Teste de razão de verossimilhança para as formas funcionais

Teste de hipótese	Anos iniciais	Anos finais
H0: Cobb-Douglas	Lr: 0,21	Lr: 0,58
H1: Translog	P=0,6505	P=0,4451

Elaboração dos autores.

TABELA A.2

Teste razão de verossimilhança para as especificações temporais

Teste de hipótese	Anos iniciais	Anos finais
H0: invariante no tempo	Lr: 372,76	Lr: 103,32
H1: variante no tempo	P = 0,00	P = 0,00

Elaboração dos autores.

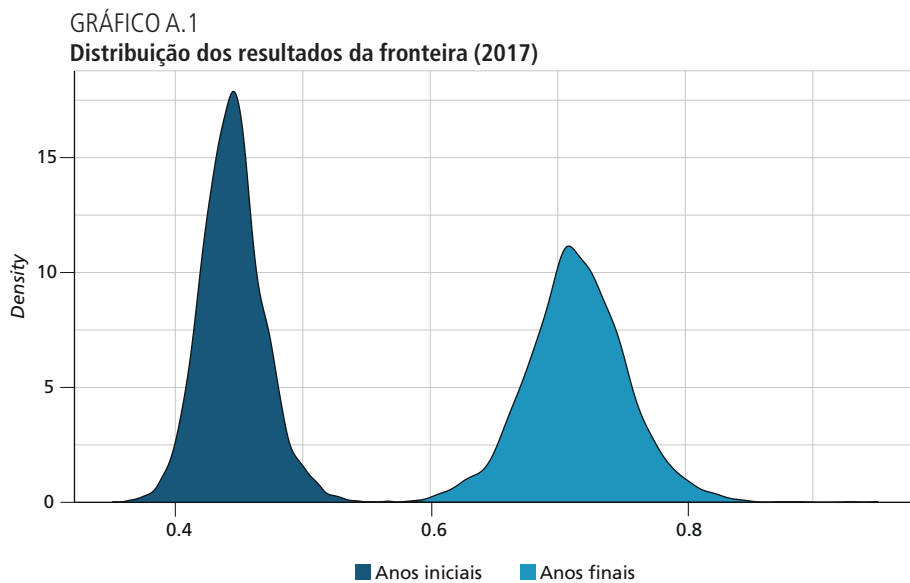
QUADRO A.1

Descrição e fonte das variáveis

Variável	Descrição	Fonte
Horas aula diária	Horas de aula por dia, em média	Inep
Alunos por turma	Média de alunos em cada turma	Inep
% Docentes com ensino superior	Porcentagem dos docentes que têm ensino superior	Inep
Indicador de Estrutura	Média ponderada dos indicadores de estrutura escolar	Inep
LN Matrículas	LN do número total de matrículas	Inep
LN PIB <i>per capita</i>	LN do produto interno bruto municipal <i>per capita</i> (em milhares)	IBGE
LN Gasto	LN do gasto por aluno	Siconfi ¹ /STN
LN Fundeb	LN do gasto por aluno com recursos do Fundeb	Siconfi/STN
LN Distância	LN da distância do município para a capital	IBGE
Zona rural	Porcentagem de alunos da zona rural	Inep
Taxa de distorção idade/série	Percentual de alunos que estão matriculados na escola com a idade fora do ideal para a série em que estudam	Inep
Mãe ensino superior	Porcentagem de alunos cuja mãe tem ensino superior	Prova Brasil
Meninos	Porcentagem de meninos	Prova Brasil
Branços	Porcentagem de alunos declarados brancos	Prova Brasil
Professor checa tarefas	Porcentagem de alunos cujos deveres de casa os professores checam	Prova Brasil
Pais ajudam com tarefas	Porcentagem de alunos que os pais auxiliam com o dever de casa	Prova Brasil
Recebeu livro	Porcentagem de alunos que receberam livros da escola	Prova Brasil

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Siconfi – Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro.



Elaboração dos autores.

Data da submissão em: 11 ago. 2020.

Primeira decisão editorial em: 16 nov. 2020.

Última versão recebida em: 8 fev. 2021.

Aprovação final em: 18 fev. 2021.