



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E
CONTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - CAEN

MAURICIO CABRERA BACA

ENSAIOS SOBRE O ENSINO FUNDAMENTAL NO BRASIL

FORTALEZA

2024

MAURICIO CABRERA BACA

ENSAIOS SOBRE O ENSINO FUNDAMENTAL NO BRASIL

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Economia – CAEN da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Economia. Área de Concentração: Crescimento Econômico.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Tatiwa Ferreira

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B115e Baca, Mauricio Cabrera.

Ensaaios sobre o ensino fundamental no Brasil / Mauricio Cabrera Baca. – 2024.
165 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Programa de Pós-Graduação em Economia, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Roberto Tatiwa Ferreira.

1. Ensino Público Fundamental Municipal. 2. Variações Climáticas. 3. Lei nº 14.023/2007. 4. Equilíbrio Geral. 5. Bem-estar. I. Título.

CDD 330

MAURICIO CABRERA BACA

ENSAIOS SOBRE O ENSINO FUNDAMENTAL NO BRASIL

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Economia – CAEN da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Economia. Área de Concentração: Crescimento Econômico.

Data da aprovação ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Tatiwa Ferreira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC/CAEN)

Prof. Dr. Ricardo Antônio de Castro Pereira
Universidade Federal do Ceará (UFC/CAEN)

Prof. Dr. Ricardo Brito Soares
Universidade Federal do Ceará (UFC/CAEN)

Prof. Dr. Felipe de Sousa Bastos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rodolfo Herald da Costa Campos
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

A minha família, pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Dios, pela fé e amor.

À minha família, em especial, à minha mãe Rita, pelo exemplo de superação, pelo esforço em nos conceder a melhor educação possível e por me ajudar a alcançar meus objetivos.

À minha irmã Adriana, pela parceria eterna!

À toda minha família Baca. Em especial, a minha vó Vitória, meus tios Elsa, Monica, Rochi, José, Renzo e Arturo e meus primos Jorge, Meli e Caro. A minha família de Arequipa, tia Zeni e minhas primas Eli, Pia, Laura, Angie e Karla, por todos os ensinamentos na minha infância e adolescência que levo até hoje comigo.

À minha esposa Leilyanne, pelo amor, pela parceria, pelos conselhos e pela paciência. São mais de 8 anos me apoiando de forma incondicional em toda minha jornada acadêmica e pessoal.

À mãe Ana e à Dona Maria, pelo amor e conselhos para o meu desenvolvimento espiritual, minha eterna gratidão.

Ao professor Roberto Tatiwa Ferreira, pelo conhecimento, competência e sua orientação foi essencial para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Ao meu amigo Kleber Freitas, que não desistiu de mim.

Aos importantes amigos a Clécio Brito, Davi Albuquerque, Assuero Monteiro, Pedro Veloso, Fernando Mansilla, Luís Carlos, Welington Gomes e Felipe Bastos. Agradeço também aos colegas do ambiente de trabalho, a Antônio Luna, Luana Araujo, Darcyla Lima, Kamila Ferreira, Leticia Feitosa, Edmilson Moreira. A Jean Brasileiro, Alexandre Adolfo, Luis Eduardo Fontenelle e Danilo Serpa, agradeço pelos ensinamentos na vida profissional e em especial pelos momentos que antecederam minha defesa de tese. A Flávio Ataliba, Cláudio Ferreira Lima, Francisco Rabelo, Nicolino Trompiere e Alexandre Cavalcante pelos ensinamentos na vida profissional. Um agradecimento em especial aos amigos Filipe Távora, Diogo Brarros, Igor Macêdo, Antônio Araujo e Daniel Cidrão que me convidaram para os rachas: RaXa de Terça, Tiozeiros Racha dos Bebos e Amigos Fut & Beer. Esses momentos de descontração, fora e dentro das quatro linhas, fizeram a diferença no meu dia a dia.

No Brasil, minha história acadêmica começou com meu amigo Júlio Zucca. Graças a ele que tive a convicção que poderia conquistar uma jornada profissional e acadêmica. Meu grande abraço e agradecimento.

Ao grupo seletivo de professores do Curso de Pós-Graduação em Economia da UFC e todo seu quadro de funcionários e servidores por todo o suporte e orientação.

RESUMO

A presente tese tem como objetivos estimar a eficiência dos gastos públicos, analisar possíveis efeitos climáticos seja na dispersão dessa eficiência, ou agindo como um determinante do desempenho escolar do ensino fundamental municipal entre os anos 2011 a 2021 e, por fim, propor um modelo de equilíbrio geral para definir qual a melhor estratégia de financiamento educacional e eficiência que a gestão pública municipal deve tomar a fim de melhorar a qualidade de vida de seus habitantes. No primeiro capítulo, o objetivo é investigar se há ineficiência na educação fundamental da rede pública municipal no Brasil. Para tanto, a partir de dados de um painel balanceado de 3.159 municípios brasileiros para os anos 2011, 2013, 2015, 2017, 2019, 2021, estima-se a ineficiência técnica educacional dos municípios brasileiros para o 5º ano do ensino fundamental, por meio da estimação de um modelo de fronteira estocástica a partir do estimador de máxima verossimilhança marginal simulada proposto por Belotti e Ilardi (2017). Os resultados demonstram que: há ineficiência na educação fundamental pública municipal; em cada estado, as capitais predominam como o município mais eficiente; e os municípios eficientes em transformar os insumos educacionais em desempenho em matemática também são eficientes em obter o máximo resultado em português para dado nível de insumos educacionais. No segundo capítulo, o objetivo é verificar se variações climáticas podem ser incluídas como um fator importante no desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental no Brasil. Vale a pena destacar, que para diminuir os efeitos da heterogeneidade nestes municípios, utiliza-se uma metodologia de clusterização em relação às características climáticas das cinco regiões brasileiras. Desta maneira, para cada região, os municípios foram agrupados utilizando a técnica de classificação não hierárquica de partição k-mean clustering. Em seguida, para cada clusters das regiões brasileiras são estimados modelos de efeitos fixos para dados em painel com desvios padrões robustos é estimado. Dentre os principais resultados, encontram-se evidências de que as variações climáticas impactam significativamente no desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental. Como esses impactos são positivos em alguns grupos e negativos em outros, mesmo em municípios pertencentes a clusters diferentes, mas próximos do ponto de vista geográfico, as evidências podem indicar que há municípios mais adaptados para lidar com as variações climáticas do que outros. Por fim, o terceiro tem como objetivo analisar o impacto da Lei 14.023/07 sobre o ponto de vista de agentes públicos municipais que visam maximizar o bem-estar da população de cada localidade. Em outras palavras, busca-se definir qual a melhor estratégia de financiamento educacional e eficiência que a gestão pública municipal deve tomar a fim de melhorar a qualidade de vida de seus habitantes. Para atingir o objetivo proposto, utiliza-se um modelo dinâmico de equilíbrio geral com duas regiões para analisar como as mudanças nas regras de distribuição do ICMS a partir de 2007 afetaram o sistema educacional no estado do Ceará. O modelo é calibrado de forma que as regiões representem o município de Sobral e o conjunto dos demais municípios cearenses. Os resultados encontrados indicam que há um único equilíbrio de Nash, definido pelas estratégias dominantes para as duas gestões, onde ambas incrementam tanto a despesa quanto a eficiência na educação municipal. Ganhos significativos de bem-estar são observados para as populações das duas regiões, com maior intensidade para a região formada pelo conjunto de municípios com exceção de Sobral. Efeitos positivos significativos também são observados para o produto, consumo, arrecadação e no montante de transferências recebidos pelos municípios. Tais resultados são diretamente associados aos incrementos no capital humano nas duas regiões, motivados pela combinação melhores respostas das gestões municipais ao jogo estabelecido pelo Governo Estadual.

Palavras-chave: Ensino Público Fundamental Municipal, Variações Climáticas, Lei nº 14.023/2007, Equilíbrio Geral, Bem-estar e Painel de Dados.

ABSTRACT

This thesis aims to estimate the efficiency of public expenditures, analyze potential climatic effects on the dispersion of such efficiency or as a determinant of municipal elementary school performance between 2011 and 2021, and, finally, propose a general equilibrium model to define the best educational financing and efficiency strategy that municipal public management should adopt to improve the quality of life of its inhabitants.

In the first chapter, the objective is to investigate whether inefficiencies exist in municipal public elementary education in Brazil. Using balanced panel data from 3,159 Brazilian municipalities for the years 2011, 2013, 2015, 2017, 2019, and 2021, the study estimates the technical inefficiency in education for fifth-grade students in elementary school through the estimation of a stochastic frontier model based on the simulated marginal maximum likelihood estimator proposed by Belotti and Iardi (2017). The results show that: municipal public elementary education is inefficient; in each state, capital cities tend to be the most efficient municipalities; and municipalities that efficiently transform educational inputs into math performance also efficiently achieve the best possible results in Portuguese for a given level of educational inputs.

In the second chapter, the objective is to verify whether climatic variations can be considered an important factor in fifth-grade elementary school performance in Brazil. To reduce the effects of heterogeneity across municipalities, a clustering methodology based on the climatic characteristics of Brazil's five regions is applied. For each region, municipalities are grouped using the k-means clustering technique. Subsequently, fixed-effects panel data models with robust standard errors are estimated for each cluster in Brazil's regions. The main findings provide evidence that climatic variations significantly affect fifth-grade elementary school performance. These impacts are positive for some groups and negative for others, even among municipalities in geographically close but distinct clusters. This evidence suggests that some municipalities are better adapted to handle climatic variations than others.

Finally, the third chapter aims to analyze the impact of Law 14,023/07 from the perspective of municipal public agents seeking to maximize the well-being of their local populations. In other words, it seeks to define the best educational financing and efficiency strategy that municipal public management should adopt to improve the quality of life of its inhabitants. To achieve this goal, a dynamic general equilibrium model with two regions is used to analyze how changes in ICMS (a value-added tax) distribution rules from 2007 affected the educational system in the state of Ceará. The model is calibrated so that the regions represent the municipality of Sobral and the set of all other municipalities in Ceará. The results indicate the existence of a single Nash equilibrium, defined by the dominant strategies for both administrations, in which both increase expenditures and efficiency in municipal education. Significant welfare gains are observed for the populations of both regions, with greater intensity in the region composed of all municipalities except Sobral. Positive effects are also observed in terms of production, consumption, tax revenue, and the amount of transfers received by municipalities. These results are directly associated with increases in human capital in both regions, driven by improved responses from municipal administrations to the game established by the State Government.

Keywords: Municipal Public Elementary Education, Climatic Variations, Law N° 14.023/2007, General Equilibrium, Welfare, and Panel Data.

LISTA DE FIGURAS, QUADROS, GRÁFICOS E TABELAS

Figura 1.1 – Distribuição das notas médias de matemática do 5º ano das escolas públicas da rede municipal	37
Figura 1.2 – Distribuição das notas médias de português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal	38
Figura 1.3 – Níveis de proficiência média de matemática do 5º ano das escolas públicas da rede municipal no Brasil.....	39
Figura 1.4 – Níveis de proficiência média de português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal no Brasil.....	40
Figura 1.5 – Posição dos estados em relação à média nacional de gastos municipais em ensino fundamental, de número de docentes e de número de turmas nas escolas públicas da rede municipal	47
Figura 1.6 – Correlação da eficiência em matemática e português – Nordeste.....	55
Figura 1.7 – Correlação da eficiência em matemática e português – Norte.....	60
Figura 1.8 – Correlação da eficiência em matemática e português – Sul.....	62
Figura 1.9 – Correlação da eficiência em matemática e português – Centro-Oeste.....	64
Figura 1.10 – Correlação da eficiência em matemática e português – Sudeste.....	66
Figura 2.1 – <i>Clusters -Norte</i>	99
Figura 2.2 – <i>Clusters -Nordeste</i>	100
Figura 2.3 – <i>Clusters -Sudeste</i>	101
Figura 2.4 – <i>Clusters -Sul</i>	102
Figura 2.5 – <i>Clusters Centro Oeste</i>	103
Figura 2.6 – Níveis de proficiência de matemática do 5º ano das escolas públicas da rede municipal no Brasil -2011 e 2019.....	105
Figura 2.7 – Níveis de proficiência de matemática do 5º ano das escolas públicas da rede municipal no Brasil -2011 e 2021.....	106
Figura 2.8 – Níveis de proficiência de português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal no Brasil -2011 e 2021.....	107
Figura 2.9 – Níveis de proficiência de português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal no Brasil -2011 e 2021.....	108

Tabela 1.1 – Escala de proficiência de português e matemática – 5º ano.....	33
Tabela 1.2 – Estatísticas descritivas das notas médias de matemática e português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal.....	39
Tabela 1.3 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Norte (1/3)	42
Tabela 1.4 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Norte (2/3)	42
Tabela 1.5 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Norte (3/3)	43
Tabela 1.6 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (1/3).....	43
Tabela 1.7 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (2/3).....	44
Tabela 1.8 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (3/3).....	44
Tabela 1.9 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (1/2)	45
Tabela 1.10 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (2/2).....	45
Tabela 1.11 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Sul	46
Tabela 1.12 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Centro-Oeste.....	46
Tabela 1.13 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Nordeste (1/3)	52
Tabela 1.14 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Nordeste (2/3)	53
Tabela 1.15 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Nordeste (3/3)	54
Tabela 1.16 – Índices de eficiência do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Nordeste	55
Tabela 1.17 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Norte (1/2)	57

Tabela 1.18 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Norte (2/2)	58
Tabela 1.19 – Índices de eficiência do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Norte	59
Tabela 1.20 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Sul.....	61
Tabela 1.21 – Índices de eficiência do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Sul	62
Tabela 1.22 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Centro-Oeste	63
Tabela 1.23 – Índices de eficiência do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Centro-Oeste	64
Tabela 1.24 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Sudeste	65
Tabela 1.25 – Índices de eficiência do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Sudeste	66
Tabela 1.26 – Top 3 municípios mais eficientes e menos eficientes por estado	67
Tabela 2.1 – Escala de proficiência de português e matemática – 5º ano	88
Tabela 2.2 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Norte (1/2)	110
Tabela 2.3 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Norte (2/2)	110
Tabela 2.4 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Norte (1/3)	111
Tabela 2.5 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Norte (2/3)	111
Tabela 2.6 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Norte (3/3)	112
Tabela 2.7 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (1/3)	112
Tabela 2.8 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (2/3)	113
Tabela 2.9 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (3/3)	113
Tabela 2.10 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (1/3)	114

Tabela 2.11 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (2/3).....	114
Tabela 2.12 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (3/3).....	115
Tabela 2.13 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (1/3).....	115
Tabela 2.14 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (2/3).....	116
Tabela 2.15 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (3/3).....	116
Tabela 2.16 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (1/3).....	117
Tabela 2.17 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (2/3).....	117
Tabela 2.18 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (3/3).....	118
Tabela 2.19 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Sul (1/3).....	118
Tabela 2.20 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Sul (2/3).....	119
Tabela 2.21 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Sul (3/3).....	119
Tabela 2.22 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Sul (1/3).....	120
Tabela 2.23 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Sul (2/3).....	120
Tabela 2.24 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Sul (3/3).....	121
Tabela 2.25 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Centro Oeste (1/3).....	121
Tabela 2.26 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Centro Oeste (2/3).....	122
Tabela 2.27 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Centro Oeste (3/3).....	122

Tabela 2.28 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Centro-Oeste (1/3)	123
Tabela 2.29 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Centro Oeste (2/3)	123
Tabela 2.30 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Centro-Oeste (3/3)	124
Tabela 2.31– Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Português - Norte.....	128
Tabela 2.32 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Matemática - Norte.....	128
Tabela 2.33 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Português - Nordeste	129
Tabela 2.34 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos – Matemática - Nordeste.....	129
Tabela 2.35 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Português - Sudeste	130
Tabela 2.36 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Matemática - Sudeste.....	130
Tabela 2.37 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Português - Sul	131
Tabela 2.38– Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Matemática - Sul.....	131
Tabela 2.39 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Português - Centro Oeste.....	132
Tabela 2.40 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Matemática - Centro Oeste.....	132
Tabela 1 - Resultados de bem-estar simulados.....	152

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
APRESENTAÇÃO	17
1. EFICIÊNCIA DO ENSINO PÚBLICO FUNDAMENTAL MUNICIPAL NO BRASIL 19	
1.1 INTRODUÇÃO	20
1.2 REFERENCIAL TEÓRICO	23
1.2.1 Produtividade e Eficiência	23
1.2.2 Medindo Eficiência	24
1.2.3 Literatura Internacional sobre Eficiência e Educação	25
1.2.4 Literatura Nacional sobre Eficiência e Determinantes do Desempenho Escolar	27
1.3 METODOLOGIA.....	30
1.3.1 Exercício Empírico	30
1.3.2 Base de dados	33
1.4 RESULTADOS	35
1.4.1 Análise Descritiva	35
1.4.2 Resultados	48
1.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
2. EFEITOS CLIMÁTICOS NO DESEMPENHO ESCOLAR EM MATEMÁTICA E PORTUGUÊS DO 5º DO ENSINO FUNDAMENTAL MUNICIPAL	
71	
2.1 INTRODUÇÃO	72
2.2 REFERENCIAL TEÓRICO	75
2.2.1 <i>Cluster K-Means Clustering</i>	76
2.2.2 Função de Produção Educacional: Fatores Determinantes nas Notas	79
2.2.3 Impactos Climáticos na Saúde e na Educação	82
2.3 METODOLOGIA.....	84
2.3.1 Análise de <i>cluster</i>	85
2.3.2 Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos.....	86
2.3.3 Base de dados	87
2.4 RESULTADOS	89

2.4.1	Análise Descritiva	89
2.4.2	Resultados das Estimativas.....	125
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	133
3.	EFEITOS DA LEI 14.023/07 SOBRE O BEM-ESTAR NA ECONOMIA CEARENSE	134
3.1	INTRODUÇÃO	135
3.2	REVISÃO DE LITERATURA.....	137
3.2.1	Literatura Internacional	137
3.2.2	Literatura Nacional	138
3.3	MODELO	139
3.3.1	Famílias	140
3.3.2	Capital Humano.....	141
3.3.3	Produção.....	142
3.3.4	Setor Público	143
3.3.5	Medida de bem-estar	145
3.4	Calibração	146
3.5	SIMULAÇÕES	150
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	153
	CONCLUSÕES GERAIS	155
	REFERÊNCIAS	157

APRESENTAÇÃO

A presente tese tem como objetivos estimar a eficiência dos gastos públicos, analisar possíveis efeitos climáticos seja na dispersão dessa eficiência, ou agindo como um determinante do desempenho escolar do ensino fundamental municipal entre os anos 2011 a 2021 e, por fim, propor um modelo de equilíbrio geral para definir qual a melhor estratégia de financiamento educacional e eficiência que a gestão pública municipal deve tomar a fim de melhorar a qualidade de vida de seus habitantes.

No primeiro capítulo, o objetivo é investigar se há ineficiência na educação fundamental da rede pública municipal no Brasil. Para tanto, a partir de dados de um painel balanceado de 3.159 municípios brasileiros para os anos 2011, 2013, 2015, 2017, 2019, 2021, estima-se a ineficiência técnica educacional dos municípios brasileiros para o 5º ano do ensino fundamental, por meio da estimação de um modelo de fronteira estocástica a partir do estimador de máxima verossimilhança marginal simulada proposto por Belotti e Ilardi (2017). Os resultados demonstram que: há ineficiência na educação fundamental pública municipal; em cada estado, as capitais predominam como o município mais eficiente; e os municípios eficientes em transformar os insumos educacionais em desempenho em matemática também são eficientes em obter o máximo resultado em português para dado nível de insumos educacionais. Essas evidências apontam, portanto, que é imprescindível que as políticas públicas educacionais priorizem a avaliação periódica da alocação dos insumos educacionais a fim de identificar e mitigar os fatores determinantes da ineficiência, permitindo um melhor uso dos recursos públicos em educação.

No segundo capítulo, o objetivo é verificar se variações climáticas podem ser incluídas como um fator importante no desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental no Brasil. Vale a pena destacar que, para diminuir os efeitos da heterogeneidade nestes municípios, utiliza-se uma metodologia de clusterização em relação às características climáticas das cinco regiões brasileiras. Desta maneira, para cada região, os municípios foram agrupados utilizando a técnica de classificação não hierárquica de partição *k-mean clustering*. Em seguida, para cada cluster das regiões brasileiras, são estimados modelos de efeitos fixos para dados em painel com desvios padrões robustos. Dentre os principais resultados, encontram-se evidências de que as variações climáticas impactam significativamente no desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental. Como esses impactos são positivos em alguns grupos e negativos em outros, mesmo em municípios pertencentes a clusters diferentes, mas próximos do ponto de

vista geográfico, as evidências podem indicar que há municípios mais adaptados para lidar com as variações climáticas do que outros.

Por fim, o terceiro capítulo tem como objetivo analisar o impacto da Lei 14.023/07 sob o ponto de vista de agentes públicos municipais que visam maximizar o bem-estar da população de cada localidade. Em outras palavras, busca-se definir qual a melhor estratégia de financiamento educacional e eficiência que a gestão pública municipal deve tomar a fim de melhorar a qualidade de vida de seus habitantes. Para atingir o objetivo proposto, utiliza-se um modelo dinâmico de equilíbrio geral com duas regiões para analisar como as mudanças nas regras de distribuição do ICMS a partir de 2007 afetaram o sistema educacional no estado do Ceará. O modelo é calibrado de forma que as regiões representem o município de Sobral e o conjunto dos demais municípios cearenses. Os resultados encontrados indicam que há um único equilíbrio de Nash, definido pelas estratégias dominantes para as duas gestões, onde ambas incrementam tanto a despesa quanto a eficiência na educação municipal. Ganhos significativos de bem-estar são observados para as populações das duas regiões, com maior intensidade para a região formada pelo conjunto de municípios com exceção de Sobral. Efeitos positivos significativos também são observados para o produto, consumo, arrecadação e no montante de transferências recebidas pelos municípios. Tais resultados são diretamente associados aos incrementos no capital humano nas duas regiões, motivados pela combinação de melhores respostas das gestões municipais ao jogo estabelecido pelo Governo Estadual.

1. EFICIÊNCIA DO ENSINO PÚBLICO FUNDAMENTAL MUNICIPAL NO BRASIL

RESUMO

Este capítulo da tese investiga se há ineficiência na educação fundamental da rede pública municipal no Brasil. Para tanto, o exercício empírico consiste em estimar a ineficiência técnica educacional dos municípios brasileiros para o 5º ano do ensino fundamental, por meio de um modelo de fronteira estocástica a partir do estimador de máxima verossimilhança marginal simulada proposto por Belotti e Ilardi (2017), usando dados de um painel balanceado de 3.159 municípios brasileiros para o período de 2011 a 2021. Os resultados indicam que: (1) existe ineficiência na educação fundamental pública municipal; (2) em cada estado, as capitais predominam como o município mais eficiente; e (3) os municípios eficientes em transformar os insumos educacionais em desempenho em matemática também são eficientes em obter o máximo resultado em português a partir de dado nível de insumos educacionais.

Palavras-chave: Ensino Fundamental, Eficiência, Gasto Público.

ABSTRACT

This chapter of the thesis investigates whether there is inefficiency in elementary municipal public education in Brazil. To this end, the empirical exercise consists of estimating the educational technical inefficiency of Brazilian municipalities for the 5th year of elementary education through a stochastic frontier model based on the simulated marginal maximum likelihood estimator proposed by Belotti and Ilardi (2017), using data from a balanced panel of 3,159 Brazilian municipalities for the period from 2011 to 2021. The results indicate that: (1) there is inefficiency in municipal public elementary education; (2) in each state, the capitals predominantly stand out as the most efficient municipalities; and (3) municipalities that are efficient in transforming educational inputs into mathematics performance are also efficient in achieving the maximum performance in Portuguese from a given level of educational inputs.

Keywords: Elementary Education, Efficiency, Public Spending

1.1 INTRODUÇÃO

Na literatura de economia da educação, o capital humano é destacado como um importante promotor do crescimento econômico, pois o aprimoramento das habilidades individuais beneficia tanto os indivíduos quanto a sociedade, aumentando os ganhos pessoais e a capacidade nacional de produção. Nesse sentido, priorizar o investimento em educação é uma estratégia essencial para os países aumentarem e aprimorarem seus estoques de capital humano.

A valorização do capital humano favorece uma distribuição de renda mais equitativa, o aumento da produtividade e da competitividade e especialização profissional. Além disso, o investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) é crucial para o avanço tecnológico. Essas medidas favorecem a redução da criminalidade (Lochner; Moretti, 2004), a mitigação da desigualdade social (Grossman, 2006) e o fortalecimento da participação cívica (Glaeser, 2006). Dessa maneira, contribuem para a melhoria da qualidade de vida da população e promovem o progresso econômico e tecnológico do país.

Os investimentos em capital humano, através da educação, saúde e habitação, são fundamentais para aumentar a produtividade dos países tecnologicamente avançados. Além de promover o crescimento econômico, esses investimentos também contribuem significativamente para o aumento dos rendimentos reais dos trabalhadores e para os benefícios sociais da população (Schultz, 1961). Na mesma linha, Becker (1962) ressalta que o investimento em educação gera (1) ganhos privados, tais como aumento da produtividade individual, dos salários e das oportunidades de trabalho; (2) ganhos sociais, devido a maior produtividade na economia e à inovação; e (3) externalidades positivas, relacionadas a cidadãos mais conscientes, que cuidam melhor da saúde e que respeitam as leis.

Nesse contexto, o Banco Mundial¹ e a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO²) têm, de forma consistente, enfatizado a educação como um dos principais determinantes dos aspectos sociais e econômicos dos países e regiões. Ao longo dos anos, essas instituições têm realizado estudos nos quais se evidencia que níveis elevados de escolaridade desempenham um papel crucial no fomento ao crescimento econômico e ao avanço do desenvolvimento humano.

Além disso, o Banco Mundial e a UNESCO apontam que os países classificados como desenvolvidos têm alocado investimentos significativos no setor educacional e,

¹ BANCO MUNDIAL. World Development Indicators. 2006, 2008.

² UNESCO. Institute for Statistics. 2009; UNESCO. Education for all. EFA Global Monitoring Report. (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010).

consequentemente, têm obtido resultados econômicos e sociais positivos expressivos em nível mundial. Essas instituições destacam a Coreia do Sul, a Espanha e o Japão como exemplos de países comprometidos com a educação e, como resultado, esses países apresentam altos níveis no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Nessa linha, os países considerados emergentes, como Índia, China e África do Sul, têm adotado políticas públicas que priorizam investimentos contínuos em educação, objetivando reduzir os índices de analfabetismo, combater a desigualdade social e elevar os padrões de qualidade do ensino.

No Brasil, o sistema educacional público é estruturado de acordo com a Constituição Federal de 1988 e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB/1996). De acordo com essas diretrizes, a educação básica é composta por pré-escola, ensino fundamental e ensino médio. Conforme a LDB (Art. 11, inciso V), é incumbência dos municípios “oferecer a educação infantil em creches e pré-escolas, e, com prioridade, o ensino fundamental”. Na mesma linha, a Constituição Federal (Art. 211, § 2º) estabelece que “Os Municípios atuarão prioritariamente no ensino fundamental e na educação infantil.”.

Em termos de financiamento do ensino público no Brasil, a Constituição Federal (Art. 212) prevê que “A União aplicará, anualmente, nunca menos de dezoito, e os Estados, o Distrito Federal e os Municípios vinte e cinco por cento, no mínimo, da receita resultante de impostos, compreendida a proveniente de transferências, na manutenção e desenvolvimento do ensino.”.

Em relação à qualidade dos investimentos públicos em educação no Brasil, Monteiro (2015) e Garcia-Barrera (2017) destacam que, embora os programas de transferência de renda tenham sido bem-sucedidos em aumentar as matrículas e a frequência escolar das crianças, ainda existem limitações sobre o entendimento da relação entre o investimento público e a qualidade da educação.

Considerando que os recursos são escassos e que há concorrência por recursos governamentais, é imprescindível que a educação pública seja ofertada de maneira eficiente. A eficiência se manifesta quando os resultados educacionais, como os desempenhos em avaliações ou o valor agregado, são alcançados com a menor quantidade de recursos possível, seja em termos financeiros ou considerando a capacidade intrínseca dos estudantes (Johnes; Portela; Thanassoulis, 2017).

De acordo com Queiroz, Sampaio e Sampaio (2020), a eficiência dinâmica no âmbito do ensino primário no Brasil é substancialmente influenciada por fatores socioeconômicos e de infraestrutura, de modo que as escolas situadas em regiões com condições socioeconômicas mais favoráveis e com infraestrutura de maior qualidade tendem a apresentar

desempenhos superiores. Adicionalmente, o estudo revela que a eficiência educacional é afetada por variáveis como a qualificação dos professores, o acesso a recursos didáticos e a excelência das instalações escolares.

Nessa mesma linha, Witte e López-Torres (2017) destacam que a literatura sobre os determinantes do desempenho escolar é amplamente discutida, abrangendo estudo dos efeitos do tamanho da turma, horas de aula, qualificação dos docentes e *background* familiar. Devido à heterogeneidade dos países em termos de estrutura federativa e diversidade territorial e cultural, entretanto, ainda não é possível compreender completamente os efeitos do aumento do investimento público sobre o desempenho educacional. Isso porque mais recursos que possibilitem a expansão da oferta de bens e serviços educacionais sem uma adequada gestão escolar pode produzir ineficiências, de modo que o máximo resultado educacional a partir de um conjunto de insumos não seja obtido, conforme a medida de eficiência em Farrell (1957).

No Brasil, a complexidade do modelo federativo e as lacunas na regulamentação das normas de cooperação na gestão pública tornam a tarefa de alcançar melhores resultados educacionais ainda mais difícil. Em 2021, de acordo com os dados do Fundo Monetário Internacional (FMI), o país ocupou a 12ª posição entre as maiores economias em termos de Produto Interno Bruto (PIB), mas apenas a 80ª no PIB *per capita* e a 78ª posição no Índice de Desenvolvimento Humano³ (IDH). No que diz respeito à educação, a situação é ainda mais preocupante, pois na última avaliação do Programa de Avaliação Internacional de Estudantes (PISA) de 2022, o Brasil ficou entre a 44ª e a 57ª posição em leitura (com pontuação média de 410, que é 13,9% abaixo da média dos países da OCDE), entre a 53ª e a 64ª em ciências (com uma pontuação igual a 403, que representa um resultado 16,9% menor que à média da OCDE), e entre a 62ª e a 69ª em matemática (com média de 379 pontos, que é 19,7% inferior à média da OCDE), dentre um total de 81 países avaliados⁴.

Do exposto acima, verifica-se que a educação desempenha um papel relevante no desenvolvimento social e econômico de um país, que o setor de educação absorve um montante significativo de recursos públicos no Brasil, mas o País apresenta resultados educacionais preocupantes, o que sugere a presença de ineficiência. Sendo assim, é imprescindível avaliar a eficiência dos investimentos públicos em educação e investigar os fatores determinantes do desempenho escolar.

³ Relatório de Desenvolvimento Humano das Nações Unidas

⁴ Devido à margem de erro, os países podem ser classificados num intervalo de posições do *ranking*. Fonte: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/acoes-internacionais/divulgados-os-resultados-do-pisa-2022>

Nesse contexto, o objetivo deste capítulo da tese é investigar se há ineficiência na educação fundamental pública municipal. Para tanto, a partir de dados de um painel balanceado de 3.159 municípios brasileiros para os anos 2011, 2013, 2015, 2017, 2019, 2021, estima-se a ineficiência técnica educacional dos municípios brasileiros para o 5º ano do ensino fundamental, por meio da estimação de um modelo de fronteira estocástica a partir do estimador de máxima verossimilhança marginal simulada proposto por Belotti e Ilardi (2017).

É importante ressaltar que, na literatura nacional, há vários estudos que analisam o desempenho e a eficiência educacional (Rodrigues *et al.*, 2020; Raposo; Gonçalves, 2020; Matavelli; Menezes Filho, 2020; Santana; Netto Júnior, 2015; Tabosa; Castelar, 2022; Araújo Junior *et al.*, 2016; Schettini, 2018; Franca *et al.*, 2019), entretanto, a maioria dos estudos utiliza dados de *cross-section* e a metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA). Este estudo agrega conhecimento a essa literatura ao investigar a eficiência do ensino público fundamental municipal a partir de uma base de dados mais ampla e em painel, com abrangência nacional, por meio de uma técnica moderna de fronteira de produção educacional estocástica.

Este capítulo está organizado em quatro seções, além desta introdução. A próxima seção apresenta uma breve revisão da literatura. A Seção 3 descreve a metodologia utilizada. Na Seção 4, são apresentados os resultados das estimativas realizadas. Por fim, a última seção apresenta as considerações finais

1.2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico sobre produtividade, eficiência e os métodos para medi-la, bem como a literatura internacional e nacional sobre eficiência e educação, e a eficiência dos gastos públicos no ensino básico, é essencial para a formulação de políticas educacionais eficazes, a alocação eficiente de recursos e a melhoria contínua do sistema educacional.

1.2.1 Produtividade e Eficiência

Os estudos fundamentados nos modelos de produção mais amplamente utilizados consideram uma tecnologia que gera um único produto, tipicamente descrita por uma função de produção, $f(x)$. No entanto, as propriedades do conjunto de produção, conforme validadas pela teoria econômica, aplicam-se diretamente a essa função de produção.

Dessa forma, é possível definir a função de produção ou fronteira de produção como aquela que descreve a relação técnica entre os insumos e os produtos de um processo produtivo,

definindo a produção máxima alcançável a partir de um dado vetor de insumos. Os trabalhos sobre produtividade e eficiência em economia começaram com o estudo de Farrell (1957), que se concentrou na medição da eficiência de acordo com o uso dos insumos. Assim, é possível examinar as fontes de crescimento da produtividade ao longo do tempo e as diferenças de produtividade entre países e regiões.

De acordo com Tupy e Yamaguchi (1998), o crescimento da produtividade pode ser definido como a variação líquida na produção devido a mudanças na eficiência e mudanças tecnológicas. A primeira é a variação da produção observada em relação à sua fronteira, enquanto a segunda representa o deslocamento da fronteira de produção. Já Rivera e Constantin (2007) afirmam que nem todos os produtores são tecnicamente eficientes, ou seja, nem todos os produtores são capazes de usar a quantidade mínima de insumos necessária para produzir a quantidade desejada de produção, dada a tecnologia disponível.

Carvalho (2003) destaca que muitos pesquisadores usam números-índices para analisar o crescimento da produtividade sem diferenciar as causas das mudanças, como aumento de insumos, melhorias na eficiência técnica ou avanços tecnológicos. O autor também enfatiza que a eficiência e a produtividade são medidas de desempenho que avaliam as unidades produtivas, sendo influenciadas pelo estado da tecnologia e pelo grau de eficiência em seu uso. A tecnologia define a relação entre insumos e produtos, enquanto a eficiência reflete desperdícios e má alocação de recursos.

Farrell (1957) afirma que as pesquisas sobre eficiência e produtividade se tornaram de suma importância, pois são os principais passos em um processo que pode gerar economias substanciais de recursos públicos. Assim, a relação entre a quantidade produzida e a quantidade utilizada de insumos pode ser usada como uma medida de desempenho. Valores mais altos dessa relação estão associados a melhores desempenhos. Por outro lado, Grosskopf (1993) defende que a abordagem de fronteira para medir a produtividade incorpora explicitamente a ineficiência e calcula as mudanças na eficiência.

1.2.2 Medindo Eficiência

Dentre os métodos mais frequentes para avaliar a eficiência das unidades de produção, destacam-se dois na maioria dos estudos sobre produtividade e eficiência. O primeiro é a abordagem estatística (ou econométrica) tal como a *Stochastic Frontier Approach* (SFA), baseada nos modelos de Aigner *et al.* (1977), e o segundo é a abordagem matemática

(determinística) tal como a *Data Envelopment Analysis* (DEA), baseada em Farrell (1957) e Charnes, Cooper e Rhodes (1978).

Sengupta e Nanda (1999) afirmam que a abordagem econométrica, ao empregar uma forma funcional específica para a função, como a Cobb-Douglas, é paramétrica, ou seja, a estimativa da eficiência da tecnologia de produção é realizada por meio de parâmetros, testados com base em padrões. No entanto, há algumas desvantagens no uso dessa abordagem. O erro de má especificação pode ocorrer, muitas vezes causado pela forma funcional da função de produção.

Por outro lado, a Análise Envoltória de Dados (DEA) usa técnicas de programação linear para computar a fronteira de eficiência. Dessa forma, essa abordagem pode prevenir os erros de especificação. Entretanto, conforme Geva-May (2001), as limitações do modelo DEA incluem a ausência de fornecimento de estimativas ou testes de significância para os parâmetros e a definição da fronteira apenas para amostras reduzidas. Adicionalmente, outros elementos podem afetar os resultados obtidos pela abordagem DEA, como a heterogeneidade das unidades de produção e o pressuposto do DEA de que todos os desvios em direção à fronteira são tratados como ineficiência.

É importante destacar que os métodos não paramétricos são muito sensíveis à presença de *outliers* e, apesar de não exigirem a suposição de uma fronteira de produção teórica, requerem a imposição prévia de hipóteses sobre a tecnologia de produção, tais como: convexidade, retornos de escala constantes ou variáveis, livre descarte. Caso essas hipóteses sejam muito fracas, as ineficiências podem ser sistematicamente subestimadas em pequenas amostras, gerando estimativas inconsistentes. Os métodos paramétricos, por sua vez, constroem a fronteira eficiente a partir de uma análise teórica, não são sensíveis a *outliers*, porque impõem suposições sobre a distribuição do erro, mas lidam com um termo de erro que abrange dois componentes com distribuições distintas: a ineficiência e o erro aleatório, sendo necessário supor que esses componentes não são correlacionados (Lewin; Lovell, 1990 *apud* Barra; Zotti, 2016).

1.2.3 Literatura Internacional sobre Eficiência e Educação

A literatura internacional sobre eficiência e educação explora a relação entre os gastos educacionais e os resultados acadêmicos, buscando identificar práticas que promovam um uso mais eficaz dos recursos disponíveis. Nesse sentido, Glewwe *et al.* (2011) oferecem uma revisão abrangente da literatura sobre os recursos escolares e os resultados educacionais

em países em desenvolvimento, cobrindo o período de 1990 a 2010. Os autores examinam a relação entre *inputs* educacionais, como tamanho de classe, qualificação de professores e financiamento escolar, e *outputs* de aprendizagem, como notas e taxas de conclusão. Também consideram o impacto de fatores contextuais, como nível de desenvolvimento econômico e governança escolar, nos resultados educacionais.

Akbar (2018) investiga os fatores associados à eficiência dos alunos do ensino médio para o caso de 33 províncias da Indonésia. Para isso, emprega o método DEA e a fronteira estocástica para o ano de 2012. Usando o DEA, o autor encontra que a eficiência técnica média do 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 por aluno afetam significativamente a pontuação média dos alunos na região.

Nessa perspectiva, o estudo de Psacharopoulos e Patrinos (2018) destaca o investimento em educação como uma estratégia fundamental para o desenvolvimento econômico e social, reforçando a necessidade de políticas bem planejadas e executadas para maximizar os benefícios educacionais. O estudo é uma revisão da literatura internacional sobre os retornos do investimento em educação e conclui que, apesar das variações regionais, o investimento em educação produz altos retornos econômicos e sociais, sugerindo que políticas que aumentem a eficiência dos gastos educacionais são altamente benéficas.

Em seu estudo para a Espanha, Salas-Velasco (2020) avaliou o desempenho de estudantes de 15 anos que realizaram a avaliação de matemática do PISA em 2003 e 2012. A partir de modelos de fronteira estocástica aplicada a dados em painel, o estudo mediu a variação da ineficiência técnica ao longo do tempo, e concluiu que a ineficiência escolar não é causada por fatores imediatos, como a dificuldade na contratação de professores, mas sim por fatores persistentes. Dentre esses, o autor destaca que escolas com uma melhor disciplina tendem a ser menos ineficientes no desempenho dos estudantes na avaliação.

Filmer *et al.* (2020) apresentam a "Learning-Adjusted Years of Schooling" (LAYS) como uma nova medida macro de educação, que visa capturar não apenas a quantidade de anos de escolaridade, mas também a qualidade da educação recebida, refletindo o aprendizado efetivo. Isso é importante porque medidas tradicionais de anos de escolaridade podem não representar adequadamente o conhecimento e as habilidades adquiridos. A LAYS incorpora indicadores de aprendizado em sua avaliação, oferecendo uma medida mais precisa do impacto das políticas educacionais no aprendizado dos estudantes.

A partir de um painel de escolas públicas de Nova York para os anos de 2014 a 2016, Horrace, Rothbart e Yang (2022) estimam um modelo de fronteira estocástica de efeito fixo verdadeiro proposto por Greene (2005) e encontram evidências de presença de ineficiência persistente e transitória na produção do ensino fundamental da cidade de Nova York. Além disso, o estudo demonstra que as características dos estudantes são mais relevantes para prever o desempenho em língua inglesa, enquanto as características dos professores explicam melhor o desempenho em Matemática, e que a ineficiência escolar é geograficamente dispersa na cidade de Nova York.

1.2.4 Literatura Nacional sobre Eficiência e Determinantes do Desempenho Escolar

Moreira (2017) estimou a eficiência econômica do ensino fundamental municipal por meio de um modelo de fronteira estocástica, enfatizando a relevância da eficiência na gestão descentralizada. Utilizando dados da Prova Brasil dos anos de 2007, 2009, 2011 e 2013 para a avaliação educacional dos municípios, o estudo concluiu que o aumento da eficiência poderia reduzir os custos de 3% a 30%, dependendo do nível de eficiência. Além disso, a maior eficiência permite que escolas com melhor estrutura produzam alunos com desempenhos superiores. Portanto, municípios com melhor estrutura tendem a ser mais eficientes, indicando que municípios menos eficientes podem se beneficiar ao adotar práticas semelhantes às dos mais eficientes.

Alves e Ferrão (2019) empregam o modelo de fronteira estocástica para estimar a eficiência das 27 Unidades da Federação (UFs) no contexto da educação do ensino médio e dos anos finais do ensino fundamental. Os autores utilizam dados bianuais da Prova Brasil e do IBGE, abrangendo o período de 2007 a 2017. Os resultados para a segunda etapa do ensino fundamental indicam que um maior número de alunos por turma, taxas de reprovação e abandono escolar diminuem a eficiência e elevam os gastos. Quanto ao ensino médio, os autores constatam que um maior número de professores com formação superior, um aumento nas matrículas e uma expectativa de vida mais elevada contribuem para a eficiência das unidades da federação. Em contrapartida, uma maior taxa de distorção idade/série, níveis mais altos de abandono escolar e um maior número de alunos por turma aumentam a ineficiência.

Araújo Junior *et al.* (2016) investigam a eficiência de escolas na região Nordeste por meio do modelo DEA combinado com um modelo Tobit. Os autores dividem a análise do ensino fundamental em anos iniciais e anos finais, encontram evidências de que a falta de saneamento adequado aumenta a ineficiência, assim como a alfabetização do responsável pelo

aluno nos anos iniciais. Adicionalmente, os autores constatarem que as escolas urbanas apresentam maior eficiência e que um maior número de matrículas reduz a ineficiência, sugerindo a existência de economia de escala.

Schettini (2018) avalia a eficiência dos gastos educacionais municipais no Brasil utilizando o método DEA em dois estágios. O autor identifica economias de escala relacionadas ao número de alunos, indicando que quanto maior o número de alunos, mais eficiente é o município. A taxa de desemprego, a taxa de analfabetismo, a desigualdade medida pelo índice de Gini, a porcentagem de alunos que trabalham e a mortalidade infantil contribuem para a ineficiência. Surpreendentemente, a expectativa de vida também aumenta a ineficiência, o que contradiz as expectativas iniciais.

Também utilizando o método DEA em três estágios, Franca *et al.* (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 que 15% dos municípios são 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 português e matemática) é menor que 25%.

Outros estudos 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 resultados educacionais. Para o Brasil, Menezes-Filho e Pazello (2007) avaliam o impacto da reforma de 1998 relacionada ao financiamento do Fundef sobre o desempenho dos alunos. Os resultados indicam que o aumento do salário dos professores, causado pela reforma, teve efeitos positivos na proficiência dos alunos.

Em seu estudo, Monteiro (2015) examina o impacto do aumento de receita em municípios que experimentaram ganhos na produção de petróleo na região costeira do Rio de Janeiro sobre o setor educacional. Os dados analisados revelam que esses municípios beneficiados pela produção de petróleo apresentaram aumentos no número de matrículas e nos salários dos professores. No entanto, não foi possível confirmar que esses aumentos tenham resultado em melhorias no desempenho escolar.

Posteriormente, Cruz e Rocha (2018) avaliam a influência do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (Fundef/Fundeb) sobre a taxa de distorção idade-série e a frequência escolar no Brasil. Os

autores encontram evidências de que municípios com uma proporção de matrículas na rede municipal igual à mediana nacional experimentam aumentos na frequência escolar e reduções na distorção idade-série após um aumento de R\$ 100 per capita nesses fundos.

Com o objetivo de avaliar o efeito dos 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 (*Generalized Method of Moments* (GMM) ou Método de Momentos Generalizados). Os principais resultados mostram que os gastos na área social (saúde, cultura e assistência social) melhoram os resultados educacionais, através de melhorias nas condições de ensino e na capacidade dos pais de manterem os filhos nas escolas. Os gastos em educação também elevam as notas. No entanto, os autores salientam que os gastos ainda são insuficientes para garantir retornos educacionais de qualidade.

Rodrigues *et al.* (2021) investigam quais fatores contribuem para a disparidade de desempenho entre estudantes que frequentam escolas em áreas rurais e urbanas no Brasil. Na metade inferior da distribuição das notas, a contribuição marginal do *background* familiar e das características da escola é mais significativa na explicação das diferenças de desempenho entre alunos de escolas rurais e urbanas no Brasil. Em contrapartida, as características dos estudantes são relevantes para explicar as diferenças de desempenho escolar na faixa de notas mais altas.

De acordo com Raposo e Gonçalves (2020), o desempenho educacional dos alunos é influenciado positivamente pelo desempenho dos colegas na mesma sala de aula. Esses achados enfatizam que as estratégias pedagógicas que incentivam o trabalho em equipe e a integração entre os colegas podem aprimorar o desempenho acadêmico dos alunos.

Apesar disso, Matavelli e Menezes Filho (2020) avaliaram o impacto de políticas públicas que determinam um limite máximo de alunos por turma no Brasil. Particularmente, foram analisados os efeitos de resoluções e portarias municipais e estaduais de São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina sobre as notas de alunos do 5º e 9º ano na Prova Brasil 2015. Os resultados sugerem que não existem evidências estatisticamente significativas de que o tamanho da sala de aula afete as notas dos alunos. As análises de robustez conduzidas também indicam a inexistência de efeito.

Benedicto e Teixeira (2020) examinaram o impacto do perfil do diretor no aprendizado dos alunos no estado de Minas Gerais. Através do modelo hierárquico de regressão, o estudo buscou avaliar o efeito que as características pessoais e gerenciais dos diretores têm sobre a proficiência dos alunos do terceiro ano do ensino médio em 2017. Os

resultados indicam que a escolaridade, a experiência e a capacidade de gestão do diretor da escola influenciam positivamente o desempenho escolar dos alunos.

Considerando variáveis como nível socioeconômico, gênero, raça e município de residência, Procópio, Freguglia e Chein (2015) examinam a evolução da desigualdade educacional e das oportunidades ao longo dos quatro primeiros anos do ensino fundamental em matemática e português, utilizando dados do Projeto Gestão Escolar (GERES) de 2005 a 2008. Os resultados revelam um aumento na desigualdade em matemática e uma estabilidade em português. A desigualdade de oportunidades ao final do período é de 8% em matemática e 11% em português, com aumentos de 80% e 109%, respectivamente. O nível socioeconômico é o principal fator que influencia a desigualdade de aprendizado.

Ires, Mariano e Benevides (2020) constataram que a motivação dos alunos e dos professores é positivamente correlacionada com a proficiência em ciências e que essas medidas de motivação explicam a redução do diferencial de notas entre os alunos com melhores e piores condições socioeconômicas. Entretanto, mesmo controlando as variáveis de motivação, os alunos com menores níveis socioeconômicos permanecem em desvantagem em relação aos colegas com melhores condições socioeconômicas.

1.3 METODOLOGIA

1.3.1 Exercício Empírico

A fim de calcular os índices de eficiência do ensino fundamental público de cada município, primeiramente, procede-se com uma transformação de primeira diferença no modelo de fronteira de produção estocástica para remover os efeitos fixos. Em seguida, os parâmetros do modelo são estimados por meio do estimador de máxima verossimilhança marginal simulada (*Marginal Maximum Simulated Likelihood Estimator* - MMSLE) proposto por Belotti e Ilardi (2017).

Seja o seguinte modelo de fronteira de produção estocástica de efeitos fixos:

$$y_{it} = \alpha_i + \mathbf{x}_{it}\boldsymbol{\beta} + v_{it} - u_{it} \quad (1.1)$$

Em que, y_{it} é o logaritmo de um indicador de desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental público da rede municipal, representado pela nota média de matemática na Prova Brasil dos alunos do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do município i no ano

t^5 , $\ln(\text{Nota matemática}_{5^\circ})$, ou pela nota média de português na Prova Brasil dos alunos do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do município i no ano t , $\ln(\text{Nota português}_{5^\circ})$.

Em linha com a literatura, na função de produção educacional (1.1), \mathbf{x}_{it} é um vetor composto por insumos financeiros, recursos humanos e características escolares do município i no ano t , composto pelas seguintes variáveis: (1) $\text{Gasto}_{ef}/\text{N}^\circ \text{estudantes}_{ef}$, que é uma medida do gasto municipal anual (R\$ de 2021) por estudante do ensino fundamental; (2) $\text{N}^\circ \text{docentes}_{ai}/100 \text{estudantes}_{ai}$, indicador do número de docentes por 100 estudantes, nos anos iniciais (1º ao 5º ano) das escolas públicas da rede municipal; (3) $\text{N}^\circ \text{turmas}_{ai}/\text{N}^\circ \text{docentes}_{ai}$, que representa o número de turmas por docente, nos anos iniciais (1º ao 5º ano) das escolas públicas da rede municipal; e (4) $\text{N}^\circ \text{turmas}_{5^\circ}/100 \text{estudantes}_{5^\circ}$, que mede a quantidade de turmas por 100 estudantes, no 5º ano das escolas públicas da rede municipal.

O vetor de parâmetros desconhecidos⁶ a ser estimado é representado pelo β na equação de produção educacional (1.1); α_i é o efeito fixo individual do município i ; v_{it} é o termo de erro estocástico do município i no ano t , para o qual se assume que $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$ e independente de u_{it} ; $u_{it} \geq 0$ mede o termo de ineficiência do município i no ano t , para o qual se supõe heterocedasticidade⁷ e distribuição $u_{it} \sim |N(0, \sigma_u^2)|$ (quase-normal) com $\sigma_u = g(z_i \delta)$, em que $g(\cdot)$ é uma função monotônica positiva conhecida, δ , um vetor de parâmetros e z_i , um vetor de variáveis exógenas invariantes no tempo, que explicam a variância da ineficiência específica do município i .

Neste trabalho, o vetor z_i é composto pelas seguintes variáveis: (1) *Capital*, uma variável *dummy* igual a 1 se o município é a capital do estado e igual a 0, caso contrário; (2) *Área*, uma variável indicadora do tamanho da área do município em Km²; e (3) *Chuva*, uma variável *dummy* igual a 1 se o município tem índice de precipitação-*evapotranspiração* padronizado (SPEI) maior que -1 e igual a 0, caso contrário. Quanto mais negativo o SPEI de precipitação, maior o déficit hídrico do município. Considerando que o estimador MMSLE exige que as variáveis explicativas da variância da ineficiência sejam constantes no tempo e considerando a disponibilidade de dados, as variáveis *Capital*, *Área* e *Chuva* ou um subconjunto

⁵ Devido a restrições de capacidade de processamento computacional, a função de produção (1.4) foi estimada para cada estado brasileiro a partir de painéis com dados anuais e unidades municipais.

⁶ Na abordagem de fronteira estocástica, é necessário definir uma forma funcional específica para a função de produção. Sendo assim, o modelo será estimado com a especificação de uma função de produção Cobb-Douglas com homogeneidade de grau 1 (HG1) nos insumos. *Dummies* temporais (anuais) foram incluídas na função de produção para capturar os efeitos de variações técnicas ao longo do tempo.

⁷ A suposição de heterocedasticidade do termo de ineficiência é testada por meio de um teste de razão de verossimilhança.

delas foram selecionadas para compor o vetor z_i . Essas variáveis podem ser interpretadas como *proxies* do grau de riqueza dos municípios.

A fim de evitar problemas de inconsistência das estimativas, Belotti e Ilardi (2017) aplicam a estratégia de transformação de primeira diferença que elimina os efeitos fixos⁸. Assim, o modelo da equação (1.1) passar a ter a forma da equação (1.2).

$$\Delta \mathbf{y}_i = \Delta \mathbf{X}_i \boldsymbol{\beta} + \Delta \mathbf{v}_i - \Delta \mathbf{u}_i \quad (1.2)$$

Onde, $\Delta \mathbf{y}_i = (\Delta y_{i2}, \dots, \Delta y_{iT})'$ com $\Delta y_{it} = y_{it} - y_{it-1}$ e $\Delta \mathbf{X}_i$ é uma matriz $(T-1) \times 4$ de covariadas com a t -ésima linha representada por $\Delta x_{it} = (\Delta x_{it1}, \Delta x_{it2}, \Delta x_{it3}, \Delta x_{it4})$, para todo $t = 2, \dots, T$. A partir da suposição de normalidade, tem-se que $\Delta \mathbf{v}_i \sim iid N_{T-1}(\mathbf{0}, \boldsymbol{\Psi})$. Por sua vez, a distribuição multivariada de $\Delta \mathbf{u}_i$ é geralmente desconhecida. Apesar disso, a contribuição de verossimilhança marginal pode ser definida.

Belotti e Ilardi (2017) propõem estimar o modelo da equação (1.2) por meio da abordagem de máxima verossimilhança simulada, de modo que a função de verossimilhança marginal é definida como uma expectativa em relação ao vetor aleatório $\Delta \mathbf{u}_i$. As seguintes suposições também são consideradas: (1) a distribuição de \mathbf{u}_i pertence a uma família de distribuições de parâmetro único com suporte definido em R^+ e parâmetro escalar σ ; (2) a distribuição de \mathbf{u}_i exibe propriedade de escala, tal que $\mathbf{u}_i = \sigma \tilde{\mathbf{u}}_i$, em que $\tilde{\mathbf{u}}_i$ não depende do parâmetro desconhecido σ .

Segundo as condições de regularidade que garantem as propriedades de grandes amostras do estimador de máxima verossimilhança marginal (MMLE) de Chen *et al.* (2014), Belotti e Ilardi (2017) demonstram que o estimador de máxima verossimilhança marginal simulada (MMSLE) é consistente e assintoticamente equivalente ao MMLE quando $n \rightarrow \infty$ e $G \rightarrow \infty$ com $\sqrt{n}/G \rightarrow 0$, em que G é o número de sorteios aleatórios da distribuição multivariada de $\Delta \tilde{\mathbf{u}}$. Os autores também sugerem o uso das sequências de Halton (1960) para obtenção eficiente dos sorteios aleatórios, e demonstram, por meio de experimentos de Monte Carlo, que o estimador MMSLE possui boas propriedades de amostra finita, principalmente em amostras pequenas.

A estimativa do termo de ineficiência é feita a partir da aproximação de Jondrow *et al.* (1982), $E(u/\varepsilon)$, com $\varepsilon = v - u$, e o termo de eficiência é obtido por $\exp[-E(u/\varepsilon)]$.

⁸ A maximização da função de verossimilhança para o modelo de fronteira estocástica, considerando os efeitos fixos como parâmetros a serem estimados, pode produzir estimativas inconsistentes da variância, principalmente, em painéis curtos (Greene, 2012).

1.3.2 Base de dados

A base de dados utilizada neste capítulo totaliza 18.954 observações, composta por 3.159 municípios para os anos de 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 e 2021⁹. Para viabilizar a estimação da fronteira de produção estocástica, essa base foi organizada em painéis balanceados por estado, sendo os municípios as unidades dos painéis.

As variáveis referentes ao indicador de produto educacional do 5º ano do ensino fundamental público da rede municipal são as notas médias municipais em matemática e português, extraídas dos bancos de dados da Prova Brasil, uma avaliação com cobertura censitária das escolas públicas e amostral das escolas privadas, aplicada a cada dois anos pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), órgão vinculado ao Ministério da Educação (MEC), com o objetivo de levantar informações sobre a qualidade do ensino fundamental brasileiro, e que compreende a aplicação de testes de português e matemática para os alunos do 5º, que correspondem, respectivamente, ao início e à conclusão do ensino fundamental.

As proficiências em cada área, matemática e português, variam de 0 a 500 pontos. O INEP¹⁰ apresenta os resultados de desempenho dos estudantes em escalas de proficiência distribuídas em níveis de 0 a 10, conforme Tabela 1.1. As escalas são compostas por níveis de proficiências progressivos e acumulativos, o que significa que, ao demonstrarem o desenvolvimento de habilidades posicionado em um dos níveis da escala, os estudantes revelam ter conhecimento dos níveis anteriores.

Tabela 1.1 – Escala de proficiência de português e matemática – 5º ano

Nível de Proficiência	Português	Matemática
Nível 0	$0 \leq \text{Média} < 125$	$0 \leq \text{Média} < 125$
Nível 1	$125 \leq \text{Média} < 150$	$125 \leq \text{Média} < 150$
Nível 2	$150 \leq \text{Média} < 175$	$150 \leq \text{Média} < 175$
Nível 3	$175 \leq \text{Média} < 200$	$175 \leq \text{Média} < 200$
Nível 4	$200 \leq \text{Média} < 225$	$200 \leq \text{Média} < 225$
Nível 5	$225 \leq \text{Média} < 250$	$225 \leq \text{Média} < 250$
Nível 6	$250 \leq \text{Média} < 275$	$250 \leq \text{Média} < 275$
Nível 7	$275 \leq \text{Média} < 300$	$275 \leq \text{Média} < 300$
Nível 8	$300 \leq \text{Média} < 325$	$300 \leq \text{Média} < 325$
Nível 9	$325 \leq \text{Média} \leq 500$	$325 \leq \text{Média} < 350$
Nível 10	-	$350 \leq \text{Média} \leq 500$

Fonte: Elaboração própria a partir de Daeb/Inep (2018c).

⁹ Esse painel foi construído após a exclusão dos municípios com dados faltantes na amostra ou com valores das variáveis produtos e insumos educacionais iguais a zero.

¹⁰ O Inep agrupa as competências dos alunos em categorias de acordo com a nota obtida na Prova Brasil. Para maiores informações, consultar o endereço: < [< Escala Saeb.indd \(inep.gov.br\)>](http://Escala_Saeb.indd(inep.gov.br))>.

Os dados sobre a quantidade de docentes, o total de matrículas e a quantidade de turmas foram extraídos do Censo Escolar da Educação Básica, que é atualizado anualmente pelo INEP, e os dados de gastos municipais com educação fundamental foram coletados na base FINBRA (Finanças Municipais) do Tesouro Nacional. Esses dados foram utilizados para construir as variáveis de insumos educacionais descritas no Quadro 1.1.

Quadro 1.1 – Definição das variáveis

Variáveis		Definição	Fonte
Produtos educacionais	Nota matemática _{5º}	Nota média de matemática na Prova Brasil dos alunos do 5º ano das escolas públicas da rede municipal.	INEP
	Nota português _{5º}	Nota média de português na Prova Brasil dos alunos do 5º ano das escolas públicas da rede municipal.	INEP
Insumos educacionais	Gasto _{ef} /Nº estudantes _{ef}	Gastos municipais anuais em educação fundamental (R\$ de 2021 ¹¹) por estudante do ensino fundamental.	FINBRA e INEP
	Nº docentes _{ai} /100 estudantes _{ai}	Número de docentes por 100 estudantes, nos anos iniciais (1º ao 5º ano) das escolas públicas da rede municipal.	INEP
	Nº turmas _{ai} /Nº docentes _{ai}	Número de turmas por docente, nos anos iniciais (1º ao 5º ano) das escolas públicas da rede municipal.	INEP
	Nº turmas _{5º} /100 estudantes _{5º}	Número de turmas por 100 estudantes, no 5º ano das escolas públicas da rede municipal.	INEP
Explicativas da variância da ineficiência	Capital	Variável <i>dummy</i> igual a 1 se o município é a capital do estado; igual a 0, caso contrário.	IBGE
	Área	Tamanho da área do município em Km ² .	IBGE
	Chuva	Variável <i>dummy</i> igual a 1 se o município tem índice de precipitação maior que - 1; igual a 0, caso contrário. Quanto mais negativo o índice de precipitação, maior o déficit hídrico do município.	CORDEX

Fonte: Elaboração própria

Em relação às variáveis explicativas da variância da ineficiência, os dados sobre a área municipal e as capitais estaduais foram extraídos das bases do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Por sua vez, a variável chuva foi construída a partir do índice de precipitação pluviométrica disponibilizado pela *Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment* (CORDEX). Uma síntese das variáveis utilizadas neste capítulo é apresentada no Quadro 1.1.

¹¹ Os valores foram deflacionados utilizando o índice deflator do PIB.

1.4 RESULTADOS

1.4.1 Análise Descritiva

A partir da Figura 1.1, pode-se observar que a distribuição das notas médias de matemática dos alunos do 5º ano das escolas públicas da rede municipal das Regiões Norte e Nordeste se concentra nos níveis 2 a 5 de proficiência (Tabela 1.1) abrangendo o intervalo de 150 a 250 pontos, isto é, abaixo da média da escala de pontuação, que varia de 0 a 500 pontos. As Regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste, por sua vez, apresentam distribuições de notas médias de matemática um pouco mais deslocadas para a direita e com concentração no intervalo de 175 a 275 pontos, atingindo os níveis 3 a 6 de proficiência em matemática (Tabela 1.1).

Com respeito à distribuição das notas médias de português dos alunos do 5º ano das escolas públicas da rede municipal, a Figura 1.2 demonstra que as notas médias de todas as regiões estão concentradas no intervalo de 150 a 250 pontos, abaixo da média da escala de pontuação. Entretanto, observa-se heterogeneidade de distribuição entre as regiões dentro do intervalo de pontuação de 150 a 250. Enquanto as notas médias das Regiões Norte e Nordeste se concentram nos níveis 2 e 3 de proficiência (150 a 200 pontos), as Regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste apresentam notas médias mais concentradas nos níveis de proficiência 4 e 5 (200 a 250 pontos). Também é importante destacar que as notas médias de matemáticas são maiores que as notas médias de português em todas as regiões, com um desempenho em matemática de 6% a 8% superior à performance em português.

Ao classificarmos os estados a partir das notas médias de matemática e de português dos alunos do 5º ano das escolas públicas da rede municipal, que são apresentadas na Tabela 1.3 a Tabela 1.12, observa-se que as primeiras 10 posições do *ranking* de maiores médias são ocupadas por estados do Sudeste, Sul e Centro-Oeste, com uma única exceção, o estado do Ceará, que ocupa a 7ª posição no *ranking* de maiores médias em matemática e a 8ª posição em português. A nota média em matemática (221,34) e português (208,52) do Ceará supera em 13% e 14% as notas médias em matemática (196,44) e português (183,57) do Nordeste, respectivamente. Maranhão e Sergipe possuem as menores notas médias, inferiores à média da região. Os demais estados nordestinos apresentam desempenho próximo à média da região.

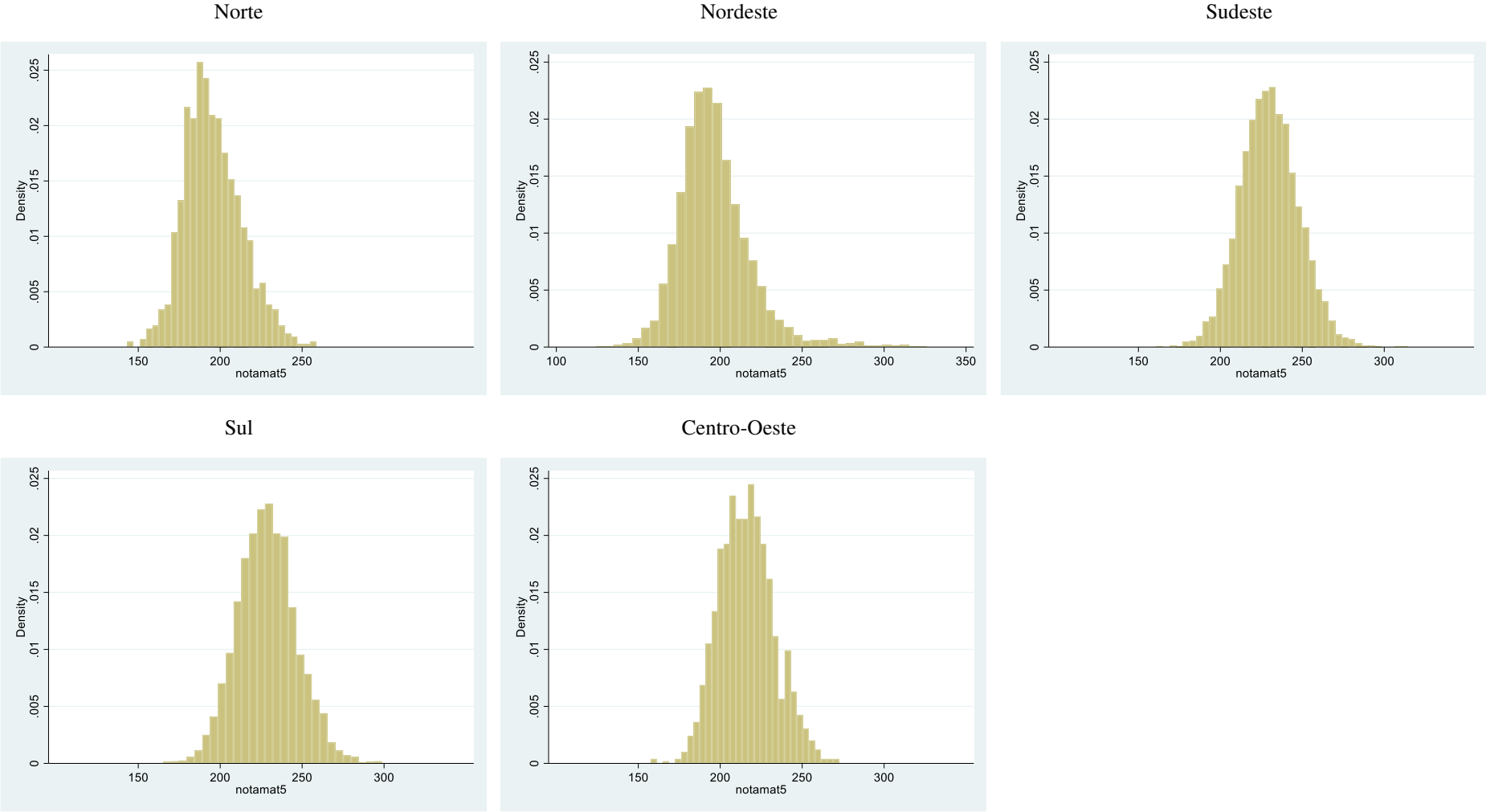
A Região Norte apresenta desempenho médio similar ao Nordeste, uma vez que as notas médias da região em matemática e português são, respectivamente, 195,60 e 182,66, apenas 0,5% menor que as notas médias do Nordeste. O estado de Rondônia se destaca na região e apresenta médias em matemática e português 8% maiores que a média regional.

Enquanto Acre, Roraima e Tocantins têm médias iguais ou levemente maiores que a média regional, Amazonas, Pará e Amapá apresentaram desempenho abaixo da média da região.

Na Região Sudeste, as notas médias de matemática e de português dos alunos do 5º ano das escolas públicas da rede municipal dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo situam-se bem próximas às notas médias regionais em matemática (229,97) e português (213,49). Com a menor nota média da região, o Rio de Janeiro apresentou desempenho médio 5% inferior à performance regional. A Região Sul tem desempenho médio semelhante ao da Região Sudeste, com nota média em matemática e português, respectivamente, igual a 228,56 e 212,83. Os três estados do Sul apresentaram desempenho médio similar.

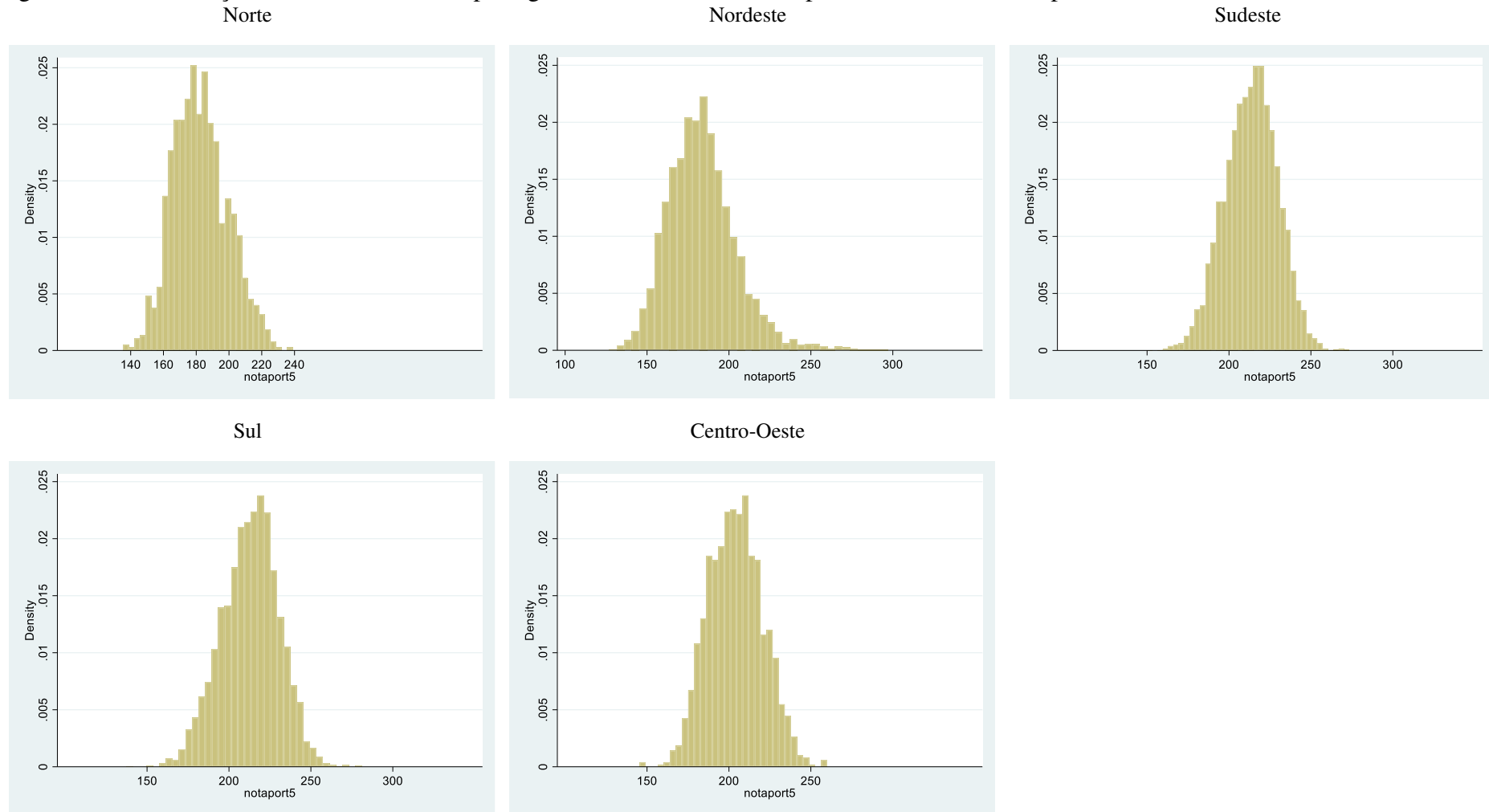
Comparando a Região Centro-Oeste com a região Sudeste, que apresentou o melhor desempenho, e a Região Norte, que tem o menor desempenho, destaca-se que as notas médias em matemática (216,16) e português (204,04) do Centro-Oeste são 6% e 4% inferiores às notas médias em matemática e português do Sudeste, respectivamente, e cerca de 10% superiores às notas médias em matemática e português da Região Norte.

Figura 1.1 – Distribuição das notas médias de matemática do 5º ano das escolas públicas da rede municipal



Fonte: Elaboração própria.

Figura 1.2 – Distribuição das notas médias de português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal



Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 1.2, na Figura 1.3 e na Figura 1.4, pode-se observar a distribuição das notas médias e dos níveis de proficiência de matemática e português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal dos 3.159 municípios que compõem o painel para o período de 2011 a 2021. Como já discutido acima, os municípios apresentam, em média, melhor desempenho em matemática. Além disso, verifica-se que há maior dispersão nas notas médias municipais em matemática.

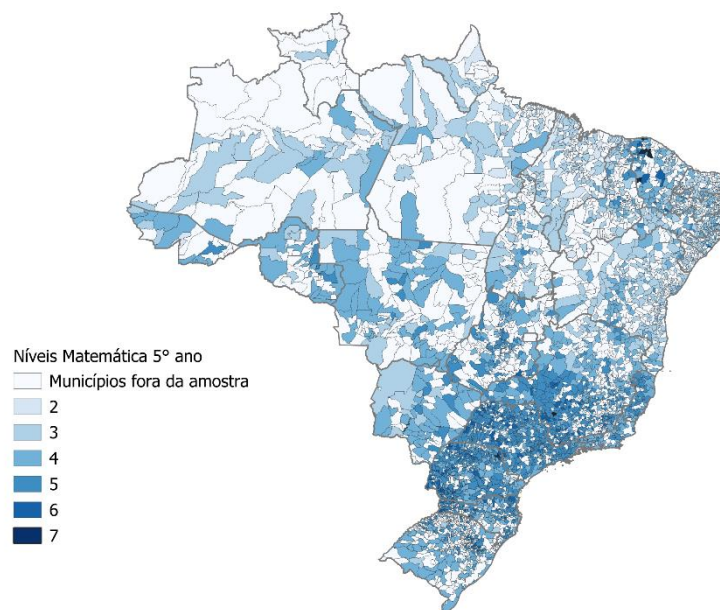
Tabela 1.2 – Estatísticas descritivas das notas médias de matemática e português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal

Prova	N	Estatísticas						
		Média	D.P	Mín	25%	50%	75%	Máx
Matemática	3.159	217,04	21,65	163,70	200,02	219,21	232,93	290,39
Português	3.159	202,27	19,11	150,60	187,68	205,52	216,46	260,26

Fonte: Elaboração própria.

Nota: D.P significa desvio-padrão.

Figura 1.3 – Níveis de proficiência média de matemática do 5º ano das escolas públicas da rede municipal no Brasil



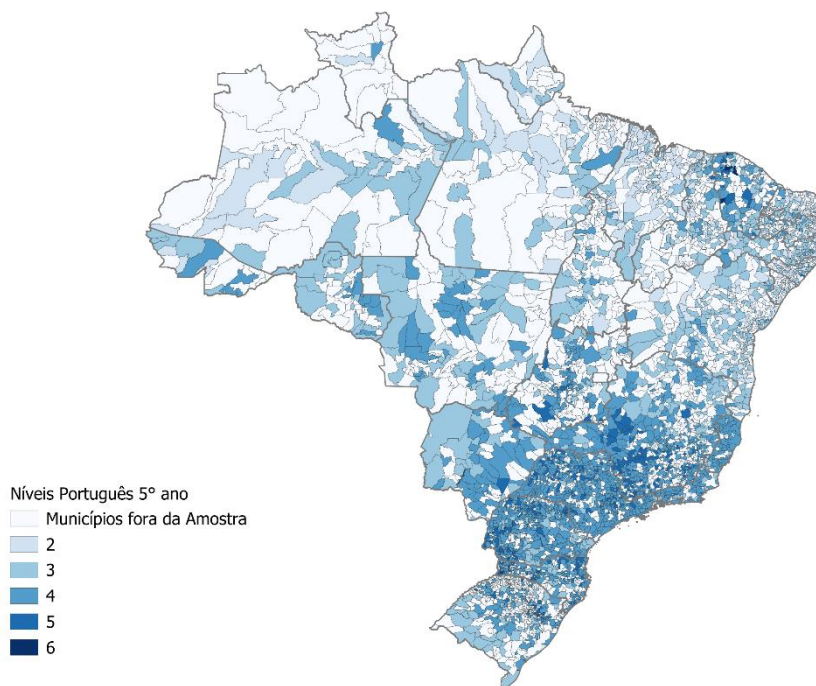
Fonte: Elaboração própria.

Nota: Quanto maior o nível de proficiência, maior a nota média, conforme detalhado na Tabela 1.1.

No período analisado, o melhor desempenho em matemática foi alcançado pelo município de Sobral no Ceará, que obteve uma nota média de 290,39 pontos. Por outro lado,

Urbano Santos no Maranhão apresentou o pior desempenho em matemática, nota média de 163,70 pontos, que representa apenas 56,4% do desempenho de Sobral. Em relação à performance em português, Sobral também obteve a maior nota média, com pontuação de 260,26, enquanto Mirador no Maranhão foi o município com o pior desempenho, nota média de 150,60 pontos, que equivale a apenas 57,9% do resultado de Sobral. Esses dados revelam, portanto, que é grande a disparidade de qualidade de ensino entre os municípios brasileiros, o que demonstra a relevância de medir a ineficiência técnica educacional dos municípios para o 5º ano do ensino fundamental além de compreender os fatores determinantes da ineficiência.

Figura 1.4 – Níveis de proficiência média de português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal no Brasil



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Quanto maior o nível de proficiência, maior a nota média, conforme detalhado na Tabela 1.1.

Com respeito às variáveis de insumos educacionais, o painel dos 3.159 municípios no período de 2011 a 2021 indica que o gasto municipal médio por estudante do ensino fundamental é de R\$ 3.029,48 (em R\$ de 2021). Conforme os indicadores apresentados na Tabela 1.3 a Tabela 1.12 e Figura 1.5, observa-se que oito estados (ES, TO, MG, SC, SP, PR, RS e GO) apresentam gasto municipal acima da média nacional. O Espírito Santo é o estado com maior gasto por estudante (R\$ 5.018,13) e esse valor equivale a 1,66 vezes o gasto médio

municipal no Brasil. Por sua vez, o gasto médio dos municípios do Ceará é o menor no *ranking* nacional. Com apenas R\$ 932,08 de gasto médio por estudante no ensino fundamental, o que equivale a apenas 31% da média nacional de gastos municipais em ensino fundamental, o Ceará se destaca na 7ª posição no *ranking* de maiores médias em matemática e na 8ª posição em português, além de ser o estado do município de Sobral, município com o melhor desempenho em matemática e português no conjunto de 3.159 municípios analisados. Esses dados revelam que a aplicação de mais recursos financeiros não necessariamente implica melhor desempenho escolar, pois, na presença de ineficiência na função de produção educacional, não se produz o máximo resultado possível para determinado volume de insumos.

Quanto ao insumo de recursos humanos, verifica-se que a relação média nacional entre docente e estudante nos anos iniciais (1º ao 5º ano) das escolas públicas da rede municipal é de 5,47 professores para cada 100 estudantes. Na Tabela 1.3 a Tabela 1.12 e Figura 1.5, observa-se que 21 dos 26 estados apresentaram indicador “professor/aluno” dentro do intervalo de $\pm 20\%$ em relação à média nacional, isto é, no intervalo de (4,38; 6,56). Apenas 5 estados têm médias fora desse intervalo, são eles: Rio Grande do Sul, cuja média é de 7,1 professores para cada 100 estudantes nos anos iniciais das escolas públicas da rede municipal, o que representa um indicador 30% acima da média nacional; por sua vez, Pernambuco, Alagoas, Pará e Acre apresentaram indicador “professor/aluno” 25%, 29%, 31% e 58% menor que a média nacional, respectivamente.

Em relação às variáveis que captam as características escolares, destaca-se que o número médio de turmas por docente, nos anos iniciais (1º ao 5º ano) das escolas públicas da rede municipal é igual a 0,91. Na Tabela 1.3 a Tabela 1.12 e Figura 1.5, pode-se verificar que 16 dos 26 estados apresentaram indicador “turma/professor” maior que a média nacional e 7 desses estados (AC, RO, PA, PE, BA, AP e AL) têm mais de uma turma por professor. Em termos de oferta de turmas por estudante, na Figura 1.5, verifica-se maior heterogeneidade entre os estados. Considerando os 3.159 municípios do painel, a quantidade média de turmas por 100 estudantes, no 5º ano das escolas públicas da rede municipal, é de 4,4. Apenas 8 estados (RS, SC, PR, MG, PI, GO, RJ e SP) têm oferta média de turmas por aluno superior à média amostral. Os estados com menor oferta de turma por estudante são Amazonas e Acre, cuja médias municipais representam 66% e 56% da média amostral, respectivamente.

Tabela 1.3 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Norte (1/3)

Variável	Rondônia				Acre				Amazonas			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática _{5º}	212,11	15,97	177,79	257,38	203,04	21,07	143,21	246,48	192,19	15,87	151,59	258,72
Nota português _{5º}	196,81	15,01	162,41	238,92	189,72	19,61	135,36	228,64	178,81	14,92	141,39	216,70
Gasto _{ef} /Nº estudantes _{ef}	2.796,94	5.342,51	46,39	36.998,73	1.250,83	1.166,18	48,86	5.683,74	1.204,83	2.088,11	6,34	15.814,29
Nº docentes _{ai} /100 estudantes _{ai}	4,37	1,03	2,49	7,60	2,30	0,84	0,65	3,83	4,42	1,32	1,60	7,79
Nº turmas _{ai} /Nº docentes _{ai}	1,06	0,16	0,75	2,18	1,08	0,10	0,90	1,43	0,96	0,14	0,49	1,38
Nº turmas _{5º} /100 estudantes _{5º}	4,34	0,95	2,58	9,42	2,50	0,88	0,37	3,71	2,91	0,84	1,13	5,17
Área	6.373,74	7.489,08	798,08	34.090,95	8.567,69	7.435,05	1.652,67	27.976,87	18.573,31	17.077,76	2.216,82	69.457,42
Chuva	0,16	0,37	0,00	1,00	0,81	0,40	0,00	1,00	0,77	0,43	0,00	1,00
N	150				72				162			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) A capital pertence à amostra de municípios dos seguintes estados: RO, AC, RR, AP, TO.

Tabela 1.4 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Norte (2/3)

Variável	Roraima				Pará				Amapá			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática _{5º}	200,43	17,71	176,75	225,76	188,48	13,32	144,23	230,86	184,06	11,36	156,54	204,20
Nota português _{5º}	187,52	15,52	166,20	212,71	177,30	13,45	137,50	217,45	174,52	12,00	151,35	191,42
Gasto _{ef} /Nº estudantes _{ef}	2.496,43	2.879,66	40,73	7.797,61	1.155,06	1.666,47	3,28	10.855,06	1.846,99	4.301,43	15,61	26.356,29
Nº docentes _{ai} /100 estudantes _{ai}	4,80	0,46	4,07	5,75	3,77	1,00	1,57	7,75	4,51	0,75	3,00	6,04
Nº turmas _{ai} /Nº docentes _{ai}	0,88	0,10	0,65	0,99	1,06	0,16	0,67	1,51	1,02	0,10	0,80	1,21
Nº turmas _{5º} /100 estudantes _{5º}	4,01	0,34	3,65	4,70	3,36	0,71	1,00	5,88	4,18	0,80	2,50	6,09
Área	9.012,45	3.473,27	5.687,04	12.337,85	7.021,57	7.923,35	103,21	38.162,00	9.937,81	9.521,64	1.541,22	30.783,00
Chuva	0,83	0,39	0,00	1,00	0,66	0,48	0,00	1,00	0,52	0,51	0,00	1,00
N	12				324				42			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) A capital pertence à amostra de municípios dos seguintes estados: RO, AC, RR, AP, TO.

Tabela 1.5 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Norte (3/3)

Variável	Tocantins			
	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática _{5º}	196,46	16,27	161,80	240,97
Nota português _{5º}	182,72	16,27	143,33	226,66
Gasto _{ef} /Nº estudantes _{ef}	4.698,61	6.695,62	10,00	58.832,18
Nº docentes _{ai} /100 estudantes _{ai}	4,93	1,14	2,50	10,65
Nº turmas _{ai} /Nº docentes _{ai}	0,96	0,12	0,55	1,50
Nº turmas _{5º} /100 estudantes _{5º}	4,36	1,04	1,75	9,46
Área	2.266,36	2.832,22	153,54	13.431,86
Chuva	0,48	0,50	0,00	1,00
N	318			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) A capital pertence à amostra de municípios dos seguintes estados: RO, AC, RR, AP, TO.

Tabela 1.6 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (1/3)

Variável	Maranhão				Piauí				Ceará			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática _{5º}	183,59	16,85	124,46	258,03	196,00	20,55	147,04	285,09	221,34	29,11	165,85	326,04
Nota português _{5º}	172,16	16,22	126,95	218,83	183,82	20,35	132,76	269,22	208,52	25,19	152,74	296,89
Gasto _{ef} /Nº estudantes _{ef}	948,77	1.558,27	4,96	19.606,94	1.712,81	2.624,01	28,25	39.787,71	932,08	1.741,94	1,77	33.118,71
Nº docentes _{ai} /100 estudantes _{ai}	5,06	1,34	1,99	12,08	6,16	2,06	1,94	15,30	5,17	1,32	2,48	11,47
Nº turmas _{ai} /Nº docentes _{ai}	0,89	0,16	0,38	1,47	0,84	0,24	0,41	3,12	0,93	0,20	0,44	1,73
Nº turmas _{5º} /100 estudantes _{5º}	3,59	0,77	1,31	6,59	4,56	1,85	1,48	18,82	4,39	0,70	1,85	7,46
Área	1.726,62	2.156,71	79,21	13.141,16	1.129,58	1.061,22	96,84	5.293,69	812,55	774,83	72,68	4.010,62
Chuva	0,59	0,49	0,00	1,00	0,61	0,49	0,00	1,00	0,78	0,41	0,00	1,00
N	666				546				654			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) A capital pertence à amostra de municípios dos seguintes estados: MA, PI, CE, PB, PE, AL, SE, BA.

Tabela 1.7 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (2/3)

Variável	Rio Grande do Norte				Paraíba				Pernambuco			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática _{5º}	190,19	15,82	151,91	245,28	195,96	17,55	138,12	256,28	198,16	19,38	140,54	275,14
Nota português _{5º}	178,39	16,16	140,86	229,28	182,45	16,83	137,44	234,33	183,44	18,00	131,90	246,55
Gasto _{ef} /Nº estudantes _{ef}	2.376,43	3.350,03	52,31	41.022,36	2.391,73	4.259,48	8,89	55.975,76	1.214,57	2.125,02	12,25	35.736,65
Nº docentes _{ai} /100 estudantes _{ai}	4,38	1,04	2,37	10,71	4,79	1,08	1,98	10,66	4,09	0,73	2,10	7,36
Nº turmas _{ai} /Nº docentes _{ai}	0,97	0,10	0,56	1,29	0,98	0,09	0,55	1,53	1,03	0,15	0,64	2,21
Nº turmas _{5º} /100 estudantes _{5º}	3,96	0,89	1,61	7,69	3,88	1,09	1,15	11,11	3,57	1,27	0,21	14,47
Área	370,87	345,41	26,10	2.099,33	286,66	222,72	29,87	992,62	543,29	697,94	39,12	4.561,87
Chuva	0,88	0,33	0,00	1,00	0,81	0,39	0,00	1,00	0,67	0,47	0,00	1,00
N	456				630				768			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) A capital pertence à amostra de municípios dos seguintes estados: MA, PI, CE, PB, PE, AL, SE, BA.

Tabela 1.8 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (3/3)

Variável	Alagoas				Sergipe				Bahia			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática _{5º}	192,63	21,79	147,55	284,68	186,99	12,32	144,45	210,56	194,26	15,83	149,08	266,52
Nota português _{5º}	177,08	20,02	134,79	261,06	172,17	12,86	139,81	200,88	182,31	16,64	136,27	240,58
Gasto _{ef} /Nº estudantes _{ef}	1.192,73	1.349,59	6,36	8.925,65	2.341,73	4.846,01	41,11	47.368,61	990,46	2.584,34	0,01	56.219,43
Nº docentes _{ai} /100 estudantes _{ai}	3,86	0,75	2,11	7,73	4,50	0,99	2,38	8,54	4,66	1,36	1,07	12,70
Nº turmas _{ai} /Nº docentes _{ai}	1,01	0,17	0,75	2,67	0,93	0,15	0,65	1,61	1,03	0,20	0,43	2,38
Nº turmas _{5º} /100 estudantes _{5º}	3,45	1,09	1,64	12,07	3,91	1,06	0,61	9,89	3,93	1,06	0,15	12,77
Área	296,30	178,46	28,86	914,72	302,87	237,28	33,34	968,92	1.324,35	1.672,69	58,04	11.980,17
Chuva	0,66	0,48	0,00	1,00	0,68	0,47	0,00	1,00	0,57	0,50	0,00	1,00
N	330				174				1.260			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) A capital pertence à amostra de municípios dos seguintes estados: MA, PI, CE, PB, PE, AL, SE, BA.

Tabela 1.9 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (1/2)

Variável	Minas Gerais				Espírito Santo				Rio de Janeiro			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática _{5º}	228,31	18,19	161,05	310,40	223,82	14,51	181,28	271,39	217,43	13,53	180,59	258,14
Nota português _{5º}	213,15	16,30	149,77	269,35	209,53	15,02	162,89	244,99	205,43	13,81	163,49	242,72
Gasto _{ef} /Nº estudantes _{ef}	4.500,29	42.750,80	2,52	1.965.911,00	5.018,13	46.018,03	21,34	912.257,80	2.080,95	6.271,26	2,25	77.510,67
Nº docentes _{ai} /100 estudantes _{ai}	5,67	1,22	1,18	11,40	5,63	1,22	2,18	10,05	5,09	1,35	2,52	9,76
Nº turmas _{ai} /Nº docentes _{ai}	0,90	0,12	0,50	1,61	0,81	0,16	0,46	2,04	0,99	0,18	0,53	1,58
Nº turmas _{5º} /100 estudantes _{5º}	4,75	1,13	1,25	14,47	4,22	1,00	1,39	11,36	4,51	1,14	2,73	14,74
Área	759,73	1.077,98	3,57	10.727,10	614,45	565,52	89,08	3.496,26	434,06	312,25	35,22	1.300,77
Chuva	0,47	0,50	0,00	1,00	0,65	0,48	0,00	1,00	0,47	0,50	0,00	1,00
N	3.078				396				462			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) A capital pertence à amostra de municípios dos seguintes estados: MG, ES, RJ.

Tabela 1.10 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (2/2)

Variável	São Paulo			
	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática _{5º}	234,34	16,74	181,46	314,46
Nota português _{5º}	215,57	15,77	164,27	273,39
Gasto _{ef} /Nº estudantes _{ef}	3.701,98	10.001,81	1,96	205.393,30
Nº docentes _{ai} /100 estudantes _{ai}	5,88	1,44	2,62	14,34
Nº turmas _{ai} /Nº docentes _{ai}	0,81	0,13	0,33	1,34
Nº turmas _{5º} /100 estudantes _{5º}	4,45	0,84	2,13	12,50
Área	396,56	314,70	3,61	1.978,80
Chuva	0,57	0,49	0,00	1,00
N	3.048			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) A capital pertence à amostra de municípios dos seguintes estados: MG, ES, RJ.

Tabela 1.11 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Sul

Variável	Paraná				Santa Catarina				Rio Grande do Sul			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática _{5º}	230,23	18,60	167,81	308,50	230,41	17,20	168,03	297,54	223,26	17,15	136,46	293,93
Nota português _{5º}	212,56	17,77	159,73	281,23	216,21	16,62	152,10	270,60	209,59	17,24	137,55	272,54
Gasto _{ef} /Nº estudantes _{ef}	3.642,12	12.585,50	3,91	317.531,30	4.066,97	13.836,40	1,06	388.012,50	3.523,86	8.312,05	12,85	120.120,00
Nº docentes _{ai} /100 estudantes _{ai}	6,00	1,48	2,91	15,52	6,49	1,79	2,09	14,94	7,10	2,28	3,19	20,61
Nº turmas _{ai} /Nº docentes _{ai}	0,89	0,16	0,36	1,56	0,86	0,19	0,50	3,09	0,84	0,19	0,34	1,44
Nº turmas _{5º} /100 estudantes _{5º}	4,84	1,03	2,08	13,11	5,21	1,68	1,00	29,79	5,47	1,28	2,67	12,20
Área	520,13	472,58	60,87	3.168,09	358,09	351,69	35,14	2.637,66	831,79	1.239,62	27,68	7.800,43
Chuva	0,84	0,37	0,00	1,00	0,84	0,37	0,00	1,00	0,94	0,24	0,00	1,00
N	1.956				1.116				1.002			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) A capital pertence à amostra de municípios dos seguintes estados: SC, PR.

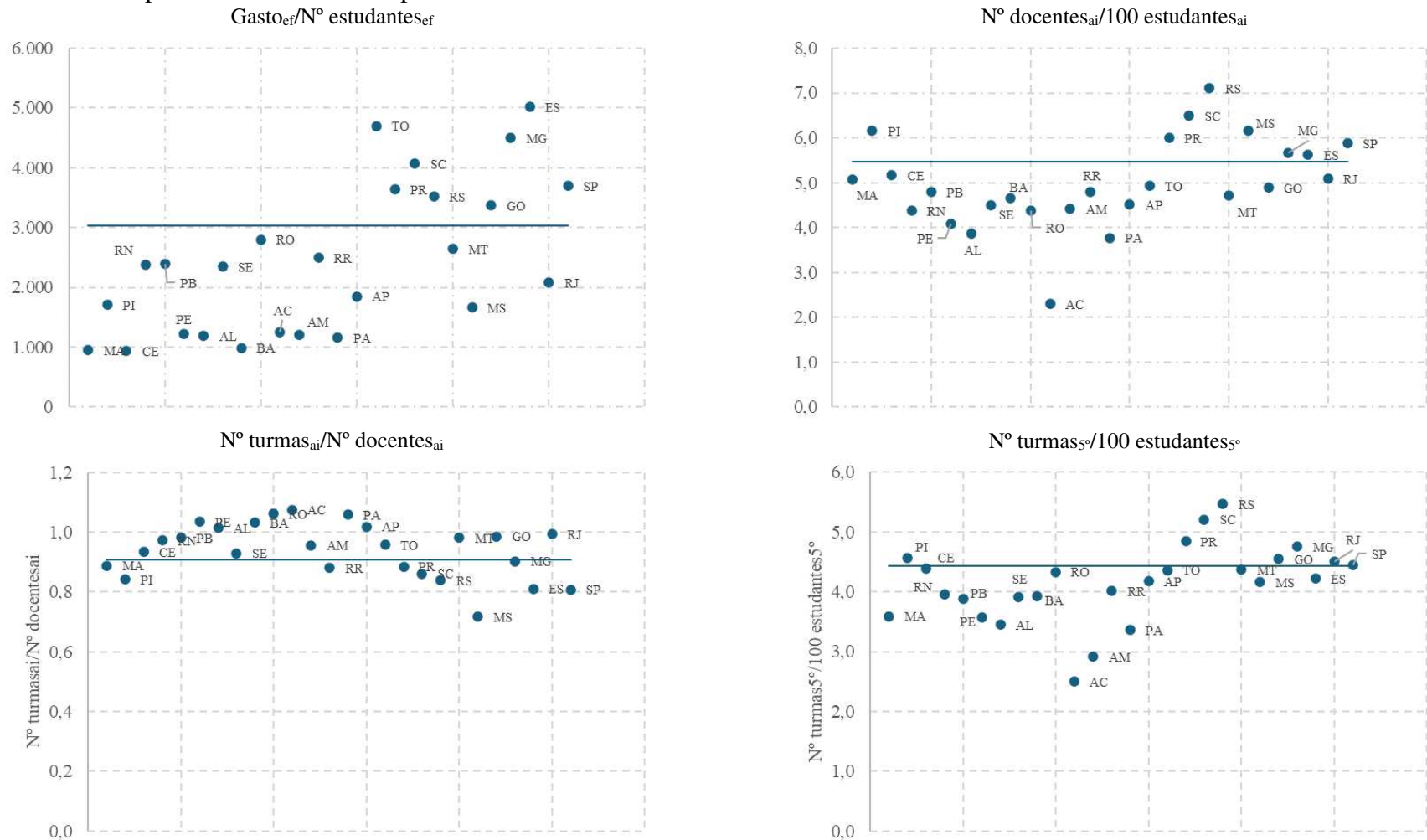
Tabela 1.12 – Estatísticas descritivas do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Centro-Oeste

Variável	Mato Grosso				Mato Grosso do Sul				Goiás			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática _{5º}	210,33	14,95	157,70	246,06	213,21	16,31	167,97	266,62	220,93	16,70	177,50	272,61
Nota português _{5º}	198,00	15,08	145,55	232,37	201,79	15,57	163,96	250,67	208,64	16,33	165,78	259,96
Gasto _{ef} /Nº estudantes _{ef}	2.644,41	5.218,73	19,22	55.304,54	1.664,94	2.807,58	9,15	28.358,48	3.367,68	9.572,65	13,10	132.822,50
Nº docentes _{ai} /100 estudantes _{ai}	4,71	0,95	2,64	10,09	6,17	1,42	3,26	11,65	4,89	1,26	2,56	11,32
Nº turmas _{ai} /Nº docentes _{ai}	0,98	0,15	0,55	1,50	0,72	0,11	0,44	1,28	0,99	0,13	0,49	1,67
Nº turmas _{5º} /100 estudantes _{5º}	4,37	0,93	2,38	9,09	4,16	0,89	1,89	11,76	4,54	1,12	1,72	11,67
Área	7.278,28	6.458,27	344,33	27.960,24	5.843,22	9.412,50	315,33	64.438,36	1.399,50	1.758,28	61,49	9.846,29
Chuva	0,42	0,49	0,00	1,00	0,72	0,45	0,00	1,00	0,48	0,50	0,00	1,00
N	390				288				654			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) A capital pertence à amostra de municípios dos seguintes estados: MT, MS.

Figura 1.5 – Posição dos estados em relação à média nacional de gastos municipais em ensino fundamental, de número de docentes e de número de turmas nas escolas públicas da rede municipal



Fonte: Elaboração própria.

Nota: A linha azul representa a média nacional.

1.4.2 Resultados

As estimativas do modelo de fronteira de produção estocástica de efeitos fixos para os estados da Região Nordeste estão apresentadas na Tabela 1.13, na Tabela 1.14 e na Tabela 1.15. A Tabela 1.17 e a Tabela 1.18 apresentam os resultados dos estados da Região Norte. As estimativas dos estados das Regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste são mostrados na Tabela 1.20, na Tabela 1.22 e na Tabela 1.24, respectivamente. As fronteiras foram especificadas como funções de produção Cobb-Douglas com homogeneidade de grau 1 (HG1) nos insumos.

Em todos os modelos estimados, verifica-se que o coeficiente do insumo “recursos humanos” é significativo e positivo, isto é, o desempenho em matemática e em português dos alunos do 5º ano das escolas públicas da rede municipal é positivamente correlacionado com o número de professores por 100 estudantes, conforme esperado. Nessa linha, Benedicto (2020) verifica que menor rotatividade dos professores está relacionada a maiores proficiências em português e matemática, enquanto Ires, Mariano e Benevides (2020) constataram que a motivação dos professores é positivamente correlacionada com a proficiência em ciências. O estudo de Queiroz, Sampaio e Sampaio (2020) também revela que a qualificação dos professores está associada a melhores desempenhos das escolas do ensino primário brasileiro.

Na Região Nordeste, por exemplo, um aumento de 1% no número de professores por aluno aumenta, em média, a performance dos estudantes do 5º ano da rede municipal em matemática e português em cerca de 0,26% na Paraíba, 0,42% em Pernambuco, 0,46% no Maranhão, no Rio Grande do Norte e em Sergipe, e 0,5% no Piauí, no Ceará, em Alagoas e na Bahia. Nas fronteiras de produção educacional dos estados da Região Norte, em média, o efeito marginal de um aumento de 1% no insumo professor sobre as notas dos alunos do 5º ano da rede municipal é de 0,22% no estado do Amazonas, de 0,32% no Acre, de 0,4% no Pará e em Roraima, de 0,5% a 0,6% no Amapá, Tocantins e Rondônia. Para os estados das Regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste, o efeito estimado é de cerca de 0,5% a 0,6%.

Em termos das características escolares, estima-se um efeito positivo entre as notas médias de matemática e português e o número de turmas por docente e um efeito negativo entre as notas médias e a quantidade de turmas por 100 estudantes. Um maior número de turma/docentes pode significar um colégio maior, onde os professores são responsáveis por um maior número de turmas. O coeficiente positivo dessa variável pode indicar que há ganhos de escala, de forma similar ao observado em Junior *et al.* (2016) e em Schettini (2018).

O sinal negativo da variável turmas por 100 estudantes não é o resultado esperado, pois menor número de alunos por turma está relacionado a maior eficiência e a melhor desempenho educacional, conforme Alves e Ferrão (2019). Entretanto, Matavelli e Menezes

Filho (2020) não encontraram evidências estatisticamente significativas de que o tamanho da sala de aula afete as notas dos alunos do 5º e 9º ano na Prova Brasil 2015.

Para os estados do Nordeste, os resultados mostram que, em média, o efeito marginal de um aumento de 1% no número de turmas por professor eleva o desempenho escolar da rede municipal em matemática e português em cerca de 0,55% a 0,80%. O efeito é similar e varia de 0,61% a 0,80% nos estados da Região Norte, com exceção do estado de Roraima. Nos estados das Regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste, o efeito marginal estimado varia no intervalo de 0,58% a 0,73%.

Por outro lado, o efeito marginal médio do aumento da quantidade de turmas por 100 estudantes é de cerca de -0,06% para Maranhão, Ceará e Paraíba, de -0,15% para Piauí, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Bahia, e de -0,23% para Alagoas e Sergipe. Para a Região Norte, o coeficiente do insumo “turmas por estudante” mostrou-se significativo e negativo nas funções de produção educacional de todos os estados, com exceção do estado do Pará. Para as Regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste, o efeito marginal médio varia de -0,1% a -0,3%.

Quanto aos insumos financeiros, as funções de produção educacional estimadas mostraram basicamente um efeito não significativo do gasto municipal por estudante sobre o desempenho dos alunos do 5º ano da rede pública municipal. Na Região Nordeste, por exemplo, o efeito marginal do gasto por estudante é significativo e positivo (mas com coeficientes próximos a zero) nas fronteiras de produção educacional de apenas 4 estados (Piauí, Ceará, Pernambuco e Bahia). Com exceção de Roraima, em que um aumento de 1% no gasto por aluno está relacionado, em média, a uma elevação de aproximadamente 0,1% nas notas de matemática e português, o efeito do gasto municipal por estudante sobre o desempenho escolar dos alunos do 5º ano mostrou-se não significativo nos estados da Região Norte. Um efeito nulo também foi estimado nas funções de produção dos estados da Região Sul, Centro-Oeste e Sudeste.

Diferentemente do efeito não significativo acima discutido, Kroth e Gonçalves (2020) concluem que os gastos em educação elevam as notas na Prova Brasil, mas os gastos ainda são insuficientes para garantir retornos educacionais de qualidade. Machado Júnior, Irffi e Benegas (2011) constatam baixa eficiência dos gastos públicos *per capita* educação.

Esse resultado gera algumas alternativas de análise. Dado que os coeficientes dos insumos da educação (turmas/docente e turmas/estudante) foram significativos e considerando que maiores níveis destes insumos requerem maiores gastos com educação, o efeito nulo estimado da variável gasto por estudante pode significar que a variabilidade dos insumos educacionais é suficiente para representar os gastos na função de produção educacional. Outra interpretação possível é que existe uma parcela representativa dos gastos totais que não é

utilizada de forma adequada e, portanto, não produz efeito significativo sobre o desempenho escolar.

Com respeito à variância do termo de ineficiência, a aplicação do teste de razão de verossimilhança indica rejeição da hipótese nula de homoscedasticidade ao nível de 5% de significância, com exceção das fronteiras de produção do Rio Grande do Nordeste (português), Paraíba (português), Rondônia (matemática), Amapá (português) e Paraná. Em geral, os resultados demonstram que a *dummy* capital e o tamanho da área não são significantes para explicar a variância da ineficiência. Verifica-se que há uma correlação positiva entre o indicador de clima utilizado e o aumento da variância da ineficiência nas funções estimadas para Piauí, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia, Tocantins e Espírito Santo. Entretanto, a correlação não é significativa para os demais estados.

A Tabela 1.16 resume a distribuição dos índices estimados de eficiência do 5º ano das escolas públicas da rede municipal por disciplina (matemática e português) e por estado da Região Nordeste. As distribuições dos índices de eficiência dos estados das Regiões Norte, Sul, Centro-Oeste e Sudeste são apresentadas, respectivamente, na Tabela 1.19, na Tabela 1.21, na Tabela 1.23 e na Tabela 1.25. É importante destacar que, considerando que as funções de produção educacional para matemática e português são estimadas separadamente e que são estimadas funções para cada estado, não se pode fazer comparações entre os índices de eficiência em matemática e em português e entre os municípios de estados diferentes.

Com respeito à distribuição dos índices de eficiência, pode-se observar na Tabela 1.16 que, nos estados nordestinos do Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, 75% dos índices de eficiência municipal em matemática e em português concentram-se no intervalo (0,92;1), enquanto, no Piauí, 75% dos índices de eficiência estão agrupados no intervalo (0,88; 1). Quanto à Região Norte, na Tabela 1.19, verifica-se que 75% dos índices de eficiência municipal em matemática e em português concentram-se no intervalo (0,91;1) nos estados de Rondônia, Acre, Pará, Amapá e Tocantins. O intervalo correspondente em Roraima é (0,72;0,99) para matemática e (0,80;0,94) para português.

De acordo com a Tabela 1.21, Tabela 1.23 e Tabela 1.25, nas Regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste, a partir das funções de produção educacionais estimadas por estado, constata-se que 75% dos índices de eficiência municipal em matemática e em português concentram-se no intervalo (0,93;1). Ao longo dos anos do painel, em geral, é possível constatar que existe uma razoável mobilidade entre os municípios tanto na parte superior do *ranking* de eficiência (*top* 10) quanto na base do *ranking* de eficiência. As exceções são os estados do Ceará, Alagoas,

Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, onde o *top* 10 de municípios mais eficientes corresponde basicamente ao mesmo grupo de municípios em 2011 e 2021.

Na Tabela 1.26, apresentam-se os municípios com maior eficiência média e os municípios com menor eficiência média, por estado. Pode-se observar que, em cada estado, a capital predomina como o município mais eficiente. Além disso, em geral, os municípios eficientes em transformar os insumos educacionais em desempenho em matemática também são eficientes em obter o máximo resultado em português a partir de dado nível dos insumos educacionais. Essa forte correlação entre os índices de eficiência em matemática e em português pode ser constatada na Figura 1.6, na Figura 1.7, na Figura 1.8, na Figura 1.9 e na Figura 1.10. Os resultados dos testes de Spearman também indicam rejeição da hipótese de independência dos índices de eficiência em matemática e português.

Em síntese, os resultados das eficiências estimadas apontam que: (1) há ineficiência na educação fundamental pública municipal; (2) em cada estado, a capital predomina como o município mais eficiente; e (3) os municípios eficientes em transformar os insumos educacionais em desempenho em matemática também são eficientes em transformar os insumos educacionais em performance em português. Nesse contexto, é imprescindível que as políticas públicas educacionais priorizem a avaliação periódica da alocação dos insumos educacionais para identificar e mitigar os fatores determinantes da ineficiência, permitindo o melhor uso dos recursos públicos em educação.

Tabela 1.13 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Nordeste (1/3)

Variável dependente: $\ln \text{Nota}_{5^o}$	Maranhão		Piauí		Ceará	
	Matemática	Português	Matemática	Português	Matemática	Português
$\ln (\text{Gasto}_{ef}/\text{N}^o \text{ estudantes}_{ef})$	0,005 (0,004)	0,002 (0,004)	0,012* (0,006)	0,012* (0,006)	0,012*** (0,004)	0,010*** (0,003)
$\ln (\text{N}^o \text{ docentes}_{ai}/100 \text{ estudantes}_{ai})$	0,458*** (0,017)	0,463*** (0,017)	0,513*** (0,023)	0,496*** (0,023)	0,513*** (0,024)	0,509*** (0,022)
$\ln (\text{N}^o \text{ turmas}_{ai}/\text{N}^o \text{ docentes}_{ai})$	0,594*** (0,017)	0,600*** (0,017)	0,630*** (0,023)	0,636*** (0,023)	0,547*** (0,021)	0,550*** (0,018)
$\ln (\text{N}^o \text{ turmas}_{5^o}/100 \text{ estudantes}_{5^o})$	-0,057** (0,023)	-0,066*** (0,023)	-0,155*** (0,028)	-0,143*** (0,028)	-0,071** (0,036)	-0,069** (0,033)
σ_u						
Capital	-5,423 (135,604)	-12,194 (1.220,514)	-3,360 (16,645)	-14,640 (1.603,978)	-8,485 (725,759)	-9,775 (574,673)
Área	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)	-0,001*** (0,000)	-0,001*** (0,000)
Chuva	0,183 (0,171)	0,167 (0,118)	0,228* (0,122)	0,172 (0,128)	0,021 (0,167)	0,132 (0,162)
Constante	-2,793*** (0,293)	-2,541*** (0,167)	-2,259*** (0,175)	-2,267*** (0,193)	-2,131*** (0,230)	-2,205*** (0,197)
σ_v	0,062*** (0,005)	0,053*** (0,005)	0,076*** (0,008)	0,079*** (0,008)	0,062*** (0,004)	0,054*** (0,003)
Likelihood-ratio test (p-valor)	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Observações		666		546		654
N		111		91		109
T		6		6		6

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$; (3) Função de produção Cobb-Douglas com imposição de homogeneidade de grau 1; (4) *Dummies* temporais incluídas na função de produção foram omitidas desta tabela; (5) *Likelihood-ratio test* H_0 : Homocedasticidade de σ_u .

Tabela 1.14 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Nordeste (2/3)

Variável dependente: $\ln \text{Nota}_{5^o}$	Rio Grande do Norte		Paraíba		Pernambuco	
	Matemática	Português	Matemática	Português	Matemática	Português
$\ln (\text{Gasto}_{ef}/\text{N}^o \text{ estudantes}_{ef})$	0,002 (0,004)	0,001 (0,004)	0,005 (0,004)	0,004 (0,004)	0,008** (0,004)	0,007** (0,004)
$\ln (\text{N}^o \text{ docentes}_{ai}/100 \text{ estudantes}_{ai})$	0,463*** (0,022)	0,463*** (0,022)	0,257*** (0,021)	0,266*** (0,021)	0,421*** (0,022)	0,419*** (0,022)
$\ln (\text{N}^o \text{ turmas}_{ai}/\text{N}^o \text{ docentes}_{ai})$	0,671*** (0,018)	0,674*** (0,019)	0,798*** (0,019)	0,787*** (0,020)	0,743*** (0,022)	0,735*** (0,022)
$\ln (\text{N}^o \text{ turmas}_{5^o}/100 \text{ estudantes}_{5^o})$	-0,136*** (0,024)	-0,139*** (0,024)	-0,060*** (0,018)	-0,057*** (0,019)	-0,171*** (0,019)	-0,161*** (0,020)
σu						
Capital	-	-	-14,422 (1.062,215)	-12,992 (1.302,255)	-13,903 (3.324,950)	-
Área	0,000 (0,000)	-	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)	-
Chuva	0,002 (0,148)	-0,065 (0,144)	0,273** (0,136)	0,139 (0,129)	0,433*** (0,126)	0,298** (0,135)
Constante	-2,441*** (0,181)	-2,514*** (0,171)	-2,626*** (0,180)	-2,549*** (0,174)	-2,749*** (0,171)	-2,839*** (0,171)
σv	0,039*** (0,005)	0,043*** (0,005)	0,054*** (0,004)	0,057*** (0,004)	0,055*** (0,004)	0,058*** (0,004)
Likelihood-ratio test (p-valor)	0,021	0,341	0,014	0,169	0,000	0,000
Observações	456		630		768	
N	76		105		128	
T	6		6		6	

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$; (3) Função de produção Cobb-Douglas com imposição de homogeneidade de grau 1; (4) *Dummies* temporais incluídas na função de produção foram omitidas desta tabela; (5) *Likelihood-ratio test* H_0 : Homocedasticidade de σu .

Tabela 1.15 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Nordeste (3/3)

Variável dependente: $\ln \text{Nota}_{5^o}$	Alagoas		Sergipe		Bahia	
	Matemática	Português	Matemática	Português	Matemática	Português
$\ln (\text{Gasto}_{ef}/\text{N}^o \text{ estudantes}_{ef})$	0,004 (0,005)	0,002 (0,005)	-0,004 (0,006)	-0,001 (0,006)	0,005** (0,002)	0,005** (0,002)
$\ln (\text{N}^o \text{ docentes}_{ai}/100 \text{ estudantes}_{ai})$	0,521*** (0,031)	0,535*** (0,029)	0,457*** (0,045)	0,475*** (0,043)	0,501*** (0,011)	0,499*** (0,012)
$\ln (\text{N}^o \text{ turmas}_{ai}/\text{N}^o \text{ docentes}_{ai})$	0,701*** (0,032)	0,720*** (0,031)	0,763*** (0,030)	0,762*** (0,029)	0,631*** (0,011)	0,635*** (0,011)
$\ln (\text{N}^o \text{ turmas}_{5^o}/100 \text{ estudantes}_{5^o})$	-0,227*** (0,031)	-0,257*** (0,030)	-0,216*** (0,037)	-0,235*** (0,035)	-0,137*** (0,014)	-0,138*** (0,014)
σ_u						
Capital	-11,268 (1.269,792)	-10,975 (790,605)	-7,803 (561,193)	-4,489 (46,809)	- (-)	-19,170 (2.699,364)
Área	-0,007*** (0,002)	-0,007*** (0,002)	-0,002 (0,001)	-0,003* (0,001)	0,000 (0,000)	0,000* (0,000)
Chuva	0,343* (0,208)	0,365 (0,256)	-0,010 (0,277)	-0,096 (0,249)	0,084 (0,076)	0,112* (0,066)
Constante	-1,461*** (0,393)	-1,519*** (0,415)	-1,998*** (0,366)	-1,797*** (0,310)	-2,569*** (0,149)	-2,438*** (0,121)
σ_v	0,069*** (0,004)	0,068*** (0,004)	0,054*** (0,008)	0,052*** (0,007)	0,062*** (0,004)	0,059*** (0,004)
Likelihood-ratio test (p-valor)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Observações		330		174		1.260
N		55		29		210
T		6		6		6

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$; (3) Função de produção Cobb-Douglas com imposição de homogeneidade de grau 1; (4) *Dummies* temporais incluídas na função de produção foram omitidas desta tabela; (5) *Likelihood-ratio test* H_0 : Homocedasticidade de σ_u .

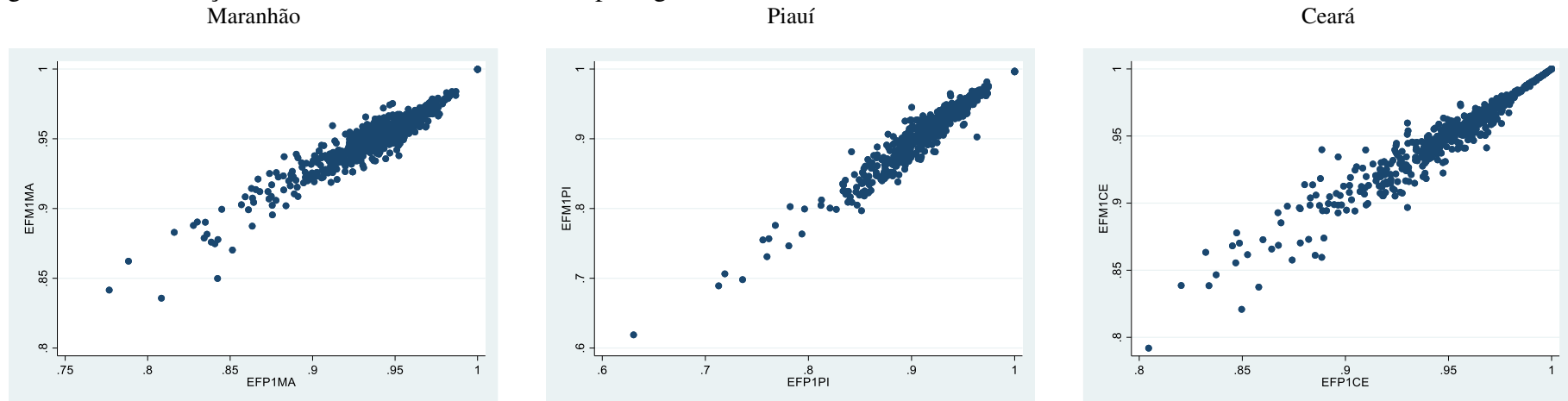
Tabela 1.16 – Índices de eficiência do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Nordeste

Estado	N	Matemática							Português						
		Média	D.P	Mín	25%	50%	75%	Máx	Média	D.P	Mín	25%	50%	75%	Máx
Maranhão	666	0,950	0,020	0,836	0,941	0,953	0,962	1,000	0,938	0,030	0,777	0,925	0,942	0,957	1,000
Piauí	546	0,907	0,047	0,619	0,883	0,916	0,938	0,997	0,912	0,042	0,630	0,892	0,918	0,938	1,000
Ceará	654	0,954	0,031	0,792	0,940	0,960	0,974	1,000	0,954	0,032	0,805	0,940	0,962	0,975	1,000
Rio Grande do Norte	456	0,940	0,032	0,768	0,924	0,947	0,964	0,988	0,942	0,029	0,817	0,928	0,949	0,963	0,987
Paraíba	630	0,934	0,034	0,685	0,920	0,941	0,953	1,000	0,936	0,031	0,685	0,924	0,941	0,954	1,000
Pernambuco	768	0,938	0,032	0,753	0,927	0,945	0,958	1,000	0,946	0,024	0,775	0,938	0,950	0,960	0,987
Alagoas	330	0,953	0,047	0,631	0,933	0,970	0,983	1,000	0,957	0,046	0,637	0,936	0,972	0,985	1,000
Sergipe	174	0,943	0,039	0,745	0,926	0,952	0,970	1,000	0,942	0,044	0,742	0,919	0,955	0,970	0,999
Bahia	1.260	0,945	0,023	0,797	0,936	0,950	0,961	0,987	0,938	0,029	0,758	0,925	0,943	0,957	1,000

Fonte: Elaboração própria.

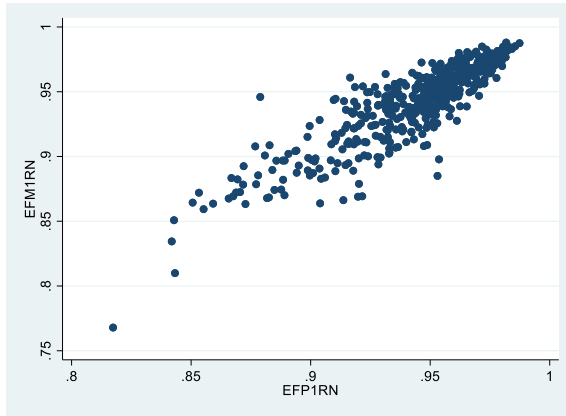
Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) Para cada estado, as estatísticas são calculadas considerando todos os anos e todos os municípios do estado no painel.

Figura 1.6 – Correlação da eficiência em matemática e português – Nordeste

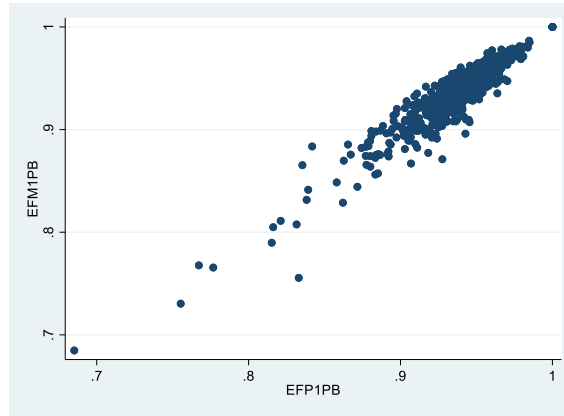


continua

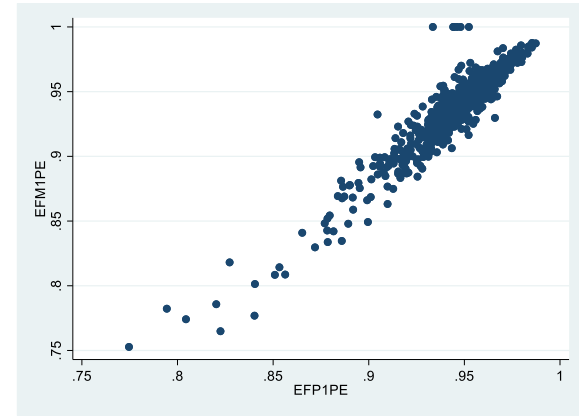
Rio Grande do Norte



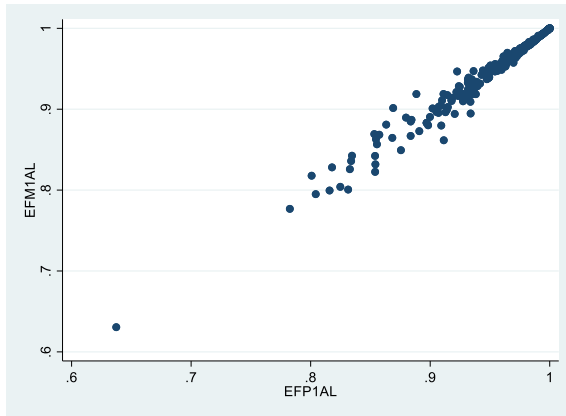
Paraíba



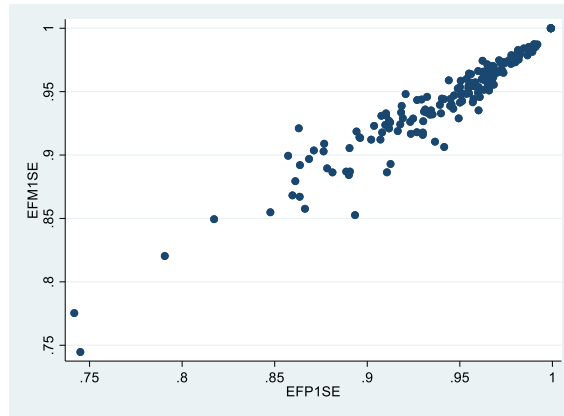
Pernambuco



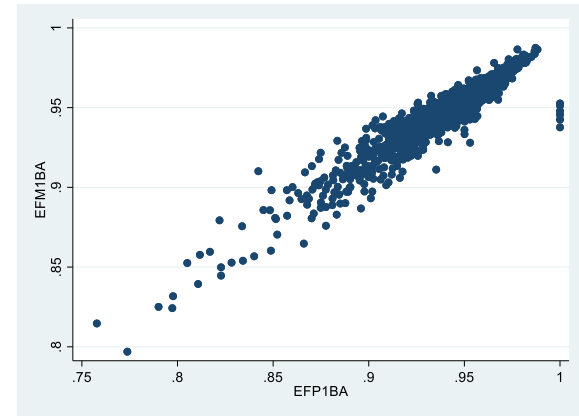
Alagoas



Sergipe



Bahia



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1.17 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Norte (1/2)

Variável dependente: $\ln \text{Nota}_{5^o}$	Rondônia		Acre		Roraima	
	Matemática	Português	Matemática	Português	Matemática	Português
$\ln (\text{Gasto}_{ef}/\text{N}^o \text{ estudantes}_{ef})$	0,001 (0,008)	-0,008 (0,007)	-0,003 (0,010)	0,001 (0,010)	0,098*** (0,010)	0,080*** (0,005)
$\ln (\text{N}^o \text{ docentes}_{ai}/100 \text{ estudantes}_{ai})$	0,649*** (0,055)	0,606*** (0,048)	0,324*** (0,051)	0,343*** (0,051)	0,435*** (0,039)	-0,040 (0,029)
$\ln (\text{N}^o \text{ turmas}_{ai}/\text{N}^o \text{ docentes}_{ai})$	0,718*** (0,042)	0,709*** (0,040)	0,797*** (0,044)	0,776*** (0,042)	1,245*** (0,083)	0,786*** (0,016)
$\ln (\text{N}^o \text{ turmas}_{5^o}/100 \text{ estudantes}_{5^o})$	-0,368*** (0,061)	-0,307*** (0,057)	-0,118** (0,046)	-0,120*** (0,045)	-0,778 (0,118)	0,174*** (0,022)
σ_u						
Capital	- -	-12,930 (1.054,349)	0,728 (0,795)	0,511 (0,680)	- -	- -
Área	0,000 (0,000)	0,000* (0,000)	- -	- -	- -	- -
Chuva	0,174 (0,307)	-0,020 (0,173)	-0,533 (0,520)	-0,505 (0,536)	- -	- -
Constante	-2,731*** (0,497)	-2,519*** (0,203)	-2,694*** (0,729)	-2,623*** (0,547)	0,286*** (0,030)	0,216*** (0,012)
σ_v	0,054*** (0,012)	0,036*** (0,006)	0,048*** (0,014)	0,047*** (0,012)	0,005*** (0,001)	0,003*** (0,001)
Likelihood-ratio test (p-valor)	0,363	0,001	0,000	0,000	-	-
Observações		150		72		12
N		25		12		6
T		6		6		2

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$; (3) Função de produção Cobb-Douglas com imposição de homogeneidade de grau 1; (4) *Dummies* temporais incluídas na função de produção foram omitidas desta tabela; (5) *Likelihood-ratio test* H_0 : Homocedasticidade de σ_u .

Tabela 1.18 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Norte (2/2)

Variável dependente: ln Nota5°	Pará		Amapá		Tocantins	
	Matemática	Português	Matemática	Português	Matemática	Português
ln (Gastoef/N° estudantesef)	-0,001 (0,004)	0,000 (0,004)	0,005 (0,007)	0,010*** (0,003)	0,004 (0,004)	0,000 (0,004)
ln (N° docentesai/100 estudantesai)	0,401*** (0,026)	0,406*** (0,026)	0,500*** (0,078)	0,565*** (0,032)	0,489*** (0,027)	0,482*** (0,026)
ln (N° turmasai/N° docentesai)	0,647*** (0,024)	0,640*** (0,024)	0,615*** (0,070)	0,553 (0,021)	0,659*** (0,025)	0,664*** (0,024)
ln (N° turmas5°/100 estudantes5°)	-0,047 (0,031)	-0,046 (0,031)	-0,120 (0,087)	-0,128*** (0,022)	-0,152*** (0,031)	-0,146*** (0,029)
σ						
Capital	- -	- -	- -	-0,560*** (0,200)	-2,645 (9,068)	- -
Área	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)	- -	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)
Chuva	-0,034 (0,157)	-0,143 (0,223)	0,455 (0,466)	- -	0,551* (0,295)	0,604** (0,276)
Constante	-2,487*** (0,186)	-2,553*** (0,243)	-3,369*** (0,707)	-2,605*** (0,045)	-3,213*** (0,453)	-3,417*** (0,422)
σ_v	0,047*** (0,008)	0,053*** (0,007)	0,025* (0,013)	0,009*** (0,001)	0,055*** (0,006)	0,054*** (0,005)
Likelihood-ratio test (p-valor)	0,000	0,000	0,008	0,133	0,000	0,000
Observações		324		42		318
N		54		7		53
T		6		6		6

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1; (3) Função de produção Cobb-Douglas com imposição de homogeneidade de grau 1; (4) *Dummies* temporais incluídas na função de produção foram omitidas desta tabela; (5) *Likelihood-ratio test* H0: Homocedasticidade de σ .

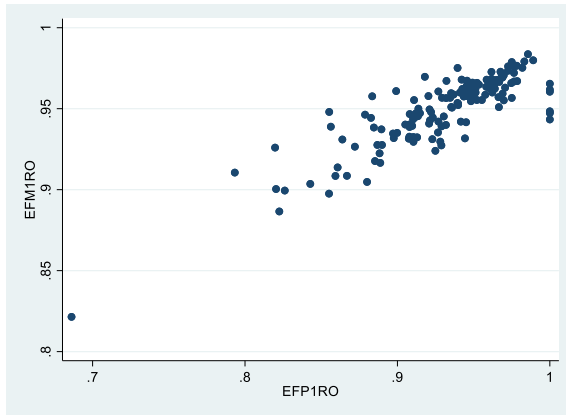
Tabela 1.19 – Índices de eficiência do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Norte

Estado	N	Matemática							Português						
		Média	D.P	Mín	25%	50%	75%	Máx	Média	D.P	Mín	25%	50%	75%	Máx
Rondônia	150	0,949	0,022	0,821	0,939	0,956	0,964	0,984	0,930	0,045	0,686	0,910	0,940	0,962	1,000
Acre	72	0,961	0,027	0,792	0,960	0,968	0,975	0,984	0,959	0,025	0,812	0,956	0,966	0,972	0,985
Roraima	12	0,802	0,104	0,649	0,720	0,785	0,873	0,986	0,846	0,082	0,681	0,796	0,870	0,903	0,943
Pará	324	0,948	0,027	0,787	0,934	0,954	0,967	0,987	0,957	0,021	0,819	0,948	0,961	0,972	0,990
Amapá	42	0,960	0,024	0,905	0,944	0,970	0,980	0,989	0,945	0,036	0,852	0,918	0,947	0,979	0,998
Tocantins	318	0,955	0,023	0,854	0,945	0,961	0,972	0,998	0,958	0,023	0,830	0,950	0,965	0,974	0,985

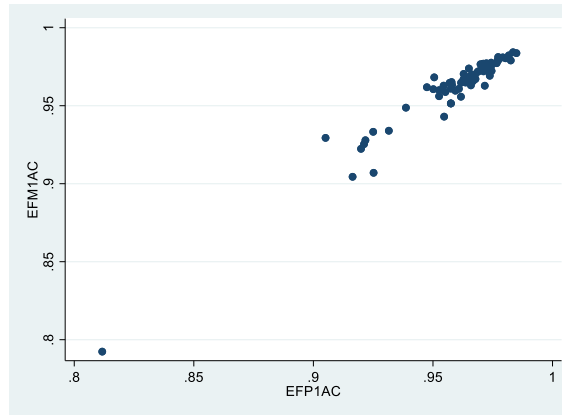
Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) As estimativas dos índices de eficiências do estado do Amazonas se concentraram na unidade (média = 0,997 e desvio-padrão = 0,005) e, por isso, não foram apresentadas; (3) Para cada estado, as estatísticas são calculadas considerando todos os anos e todos os municípios do estado no painel.

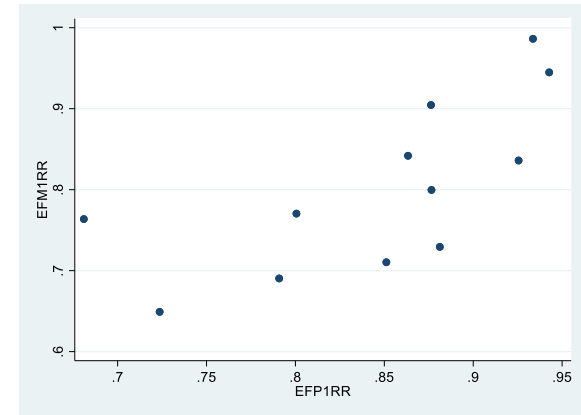
Figura 1.7 – Correlação da eficiência em matemática e português – Norte
Rondônia



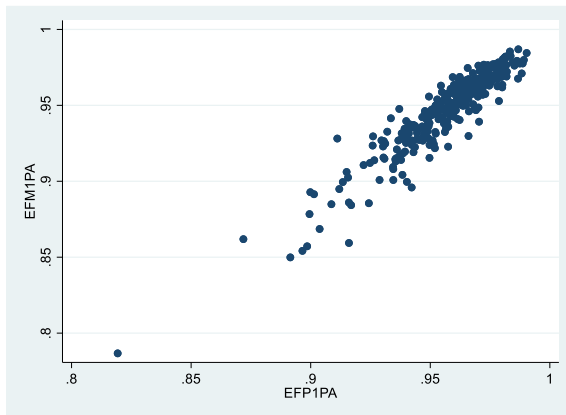
Acre



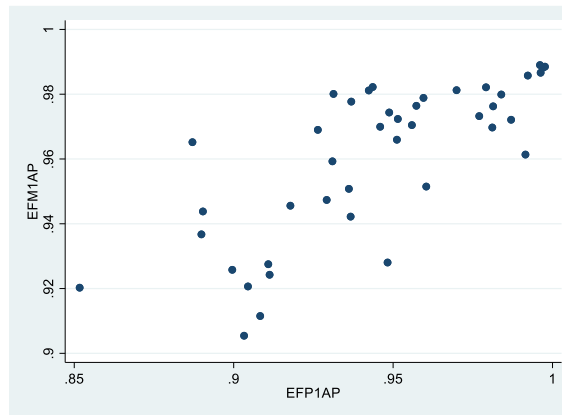
Roraima



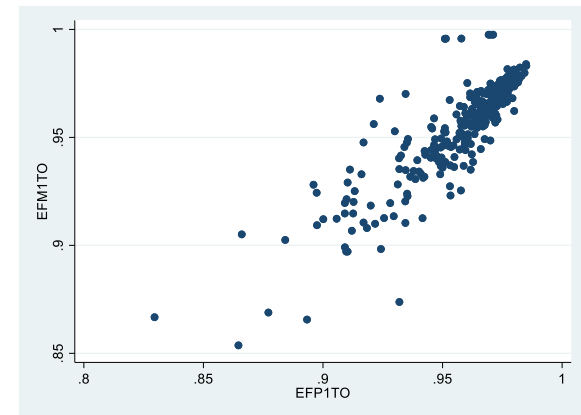
Pará



Amapá



Tocantins



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1.20 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Sul

Variável dependente: $\ln \text{Nota}_{5^o}$	Paraná		Santa Catarina		Rio Grande do Sul	
	Matemática	Português	Matemática	Português	Matemática	Português
$\ln (\text{Gasto}_{ef}/\text{N}^o \text{estudantes}_{ef})$	-0,001 (0,002)	-0,002 (0,002)	-0,002 (0,002)	-0,001 (0,002)	-0,001 (0,002)	-0,001 (0,002)
$\ln (\text{N}^o \text{docentes}_{ai}/100 \text{estudantes}_{ai})$	0,537*** (0,009)	0,536*** (0,009)	0,598*** (0,012)	0,602*** (0,013)	0,537*** (0,014)	0,555*** (0,014)
$\ln (\text{N}^o \text{turmas}_{ai}/\text{N}^o \text{docentes}_{ai})$	0,606*** (0,009)	0,607*** (0,009)	0,626*** (0,013)	0,623*** (0,013)	0,590*** (0,013)	0,585*** (0,013)
$\ln (\text{N}^o \text{turmas}_{5^o}/100 \text{estudantes}_{5^o})$	-0,143*** (0,013)	-0,142*** (0,013)	-0,222*** (0,016)	-0,224*** (0,017)	-0,125*** (0,020)	-0,139*** (0,020)
σ_u						
Capital	-	-	-11,420 (2.353,139)	-21,532 (3.624,791)	-	-
Área	-	-	0,001*** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,000** (0,000)	-
Chuva	-0,011 (0,157)	-0,041 (0,142)	0,023 (0,097)	0,048 (0,115)	0,184 (0,184)	-
Constante	-3,256*** (0,381)	-3,156*** (0,305)	-2,763*** (0,136)	-2,890*** (0,155)	-2,724*** (0,218)	0,067*** (0,008)
σ_v	0,056*** (0,004)	0,056*** (0,003)	0,051*** (0,003)	0,053*** (0,003)	0,051*** (0,003)	0,050*** (0,003)
Likelihood-ratio test (p-valor)	0,584	0,054	0,000	0,000	0,000	-
Observações		1.956		1.116		1.002
N		326		186		167
T		6		6		6

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$; (3) Função de produção Cobb-Douglas com imposição de homogeneidade de grau 1; (4) *Dummies* temporais incluídas na função de produção foram omitidas desta tabela; (5) *Likelihood-ratio test* H_0 : Homocedasticidade de σ_u .

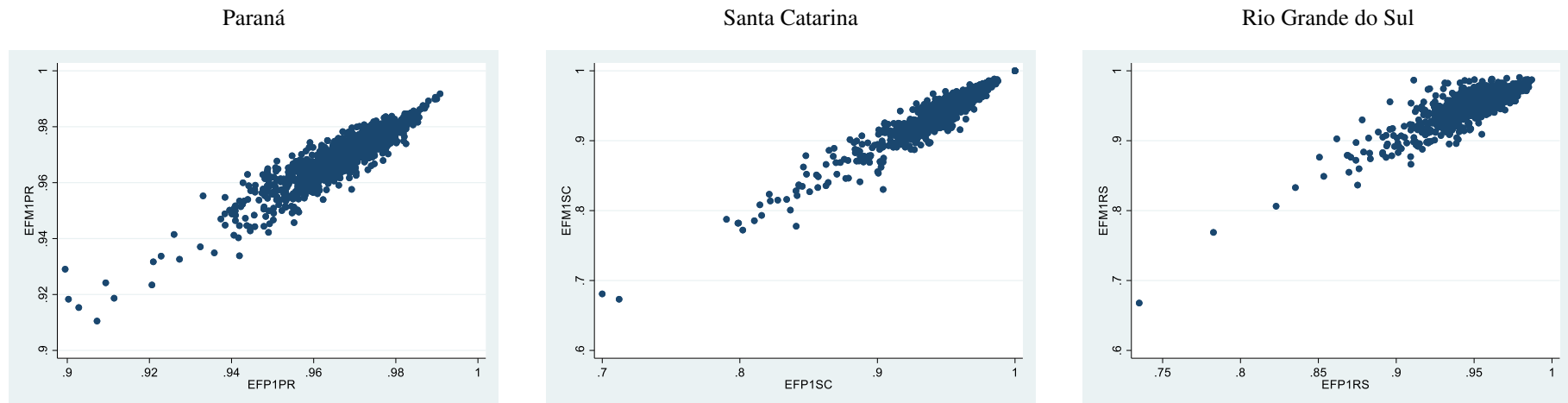
Tabela 1.21 – Índices de eficiência do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Sul

Estado	N	Matemática							Português						
		Média	D.P	Mín	25%	50%	75%	Máx	Média	D.P	Mín	25%	50%	75%	Máx
Paraná	1.956	0,970	0,008	0,911	0,967	0,971	0,975	0,992	0,968	0,009	0,899	0,964	0,969	0,974	0,991
Santa Catarina	1.116	0,940	0,033	0,673	0,928	0,947	0,960	1,000	0,945	0,029	0,700	0,937	0,952	0,962	1,000
Rio Grande do Sul	1.002	0,949	0,025	0,668	0,939	0,953	0,965	0,991	0,949	0,023	0,735	0,940	0,953	0,963	0,987

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) Para cada estado, as estatísticas são calculadas considerando todos os anos e todos os municípios do estado no painel.

Figura 1.8 – Correlação da eficiência em matemática e português – Sul



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1.22 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Centro-Oeste

Variável dependente: ln Notas ⁵	Mato Grosso		Mato Grosso do Sul	
	Matemática	Português	Matemática	Português
ln (Gasto _{ef} /N ^o estudantes _{ef})	0,002 (0,004)	0,001 (0,003)	-0,007* (0,004)	-0,006 (0,004)
ln (N ^o docentes _{ai} /100 estudantes _{ai})	0,553*** (0,021)	0,545*** (0,022)	0,528*** (0,024)	0,519*** (0,025)
ln (N ^o turmas _{ai} /N ^o docentes _{ai})	0,657*** (0,019)	0,654*** (0,020)	0,629*** (0,019)	0,655*** (0,020)
ln (N ^o turmas _{5^o} /100 estudantes _{5^o})	-0,211*** (0,027)	-0,200*** (0,030)	-0,150*** (0,030)	-0,168*** (0,030)
σ _u				
Capital	-5,771 (142,710)	-6,088 (162,667)	70.578,050 (65.116,490)	-9,210 (1.217,170)
Área	0,000** (0,000)	0,000*** (0,000)	-0,001*** (0,000)	-0,001*** (0,000)
Chuva	0,083 (0,143)	0,009 (0,138)	0,504 (0,334)	0,428 (0,295)
Constante	-2,020*** (0,214)	-2,208*** (0,173)	-1,914*** (0,383)	-2,023*** (0,354)
σ _v	0,045*** (0,004)	0,044*** (0,005)	0,041*** (0,002)	0,042*** (0,003)
Likelihood-ratio test (p-valor)	0,000	0,000	0,008	0,010
Observações		390		288
N		65		48
T		6		6

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1; (3) Função de produção Cobb-Douglas com imposição de homogeneidade de grau 1; (4) *Dummies* temporais incluídas na função de produção foram omitidas desta tabela; (5) *Likelihood-ratio test* H0: Homocedasticidade de σ_u.

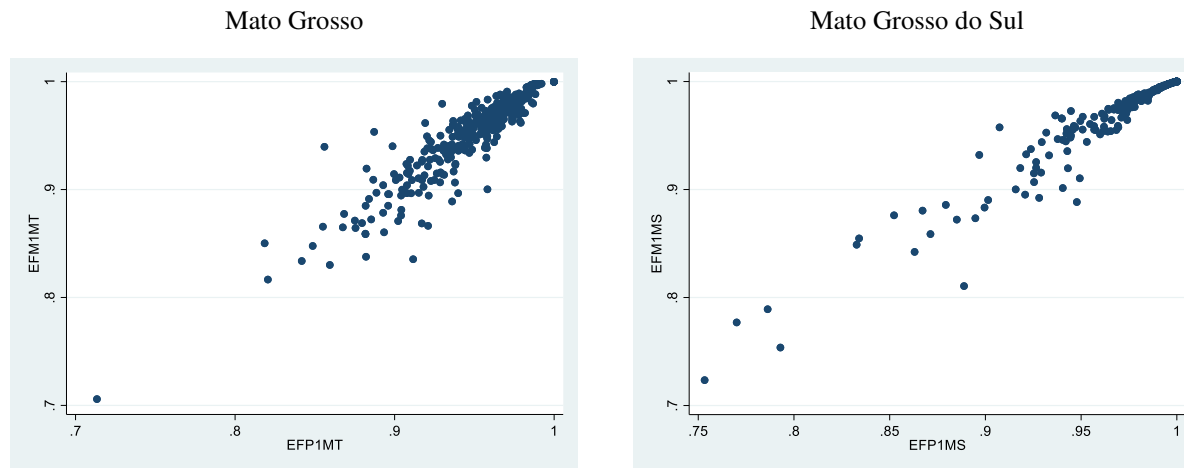
Tabela 1.23 – Índices de eficiência do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Centro-Oeste

Estado	N	Matemática							Português						
		Média	D.P	Mín	25%	50%	75%	Máx	Média	D.P	Mín	25%	50%	75%	Máx
Mato Grosso	390	0,952	0,038	0,706	0,938	0,962	0,977	1,000	0,949	0,033	0,713	0,934	0,957	0,971	1,000
Mato Grosso do Sul	288	0,973	0,041	0,724	0,968	0,988	0,996	1,000	0,972	0,038	0,753	0,967	0,984	0,994	1,000

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) As estimativas dos índices de eficiência do estado de Goiás se concentraram na unidade (média = 0,996 e desvio-padrão = 0,004) e, por isso, não foram apresentadas; (3) Para cada estado, as estatísticas são calculadas considerando todos os anos e todos os municípios do estado no painel.

Figura 1.9 – Correlação da eficiência em matemática e português – Centro-Oeste



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1.24 – Resultados do modelo de fronteira estocástica estimado por MMSL – Sudeste

Variável dependente: ln Notas ⁵	Espírito Santo		Rio de Janeiro	
	Matemática	Português	Matemática	Português
ln (Gasto _{ef} /N ^o estudantes _{ef})	-0,002 (0,003)	-0,001 (0,003)	0,000 (0,002)	-0,001 (0,002)
ln (N ^o docentes _{ai} /100 estudantes _{ai})	0,622*** (0,024)	0,626*** (0,022)	0,612*** (0,017)	0,597*** (0,017)
ln (N ^o turmas _{ai} /N ^o docentes _{ai})	0,730*** (0,022)	0,712*** (0,022)	0,648*** (0,017)	0,650*** (0,017)
ln (N ^o turmas _{5^o} /100 estudantes _{5^o})	-0,351*** (0,032)	-0,337*** (0,030)	-0,260*** (0,025)	-0,246 (0,025)
σ _u				
Capital	-1,685 (1,830)	-1,716 (1,862)	-10,611 (649,356)	-
Área	0,000* (0,000)	0,000* (0,000)	-0,001* (0,001)	-
Chuva	0,648*** (0,186)	0,592*** (0,175)	0,148 (0,172)	0,171 (0,169)
Constante	-2,810*** (0,245)	-2,720*** (0,249)	-2,842*** (0,198)	-3,241*** (0,210)
σ _v	0,042*** (0,005)	0,042*** (0,006)	0,035*** (0,003)	0,035*** (0,003)
Likelihood-ratio test (p-valor)	0,000	0,000	0,000	0,001
Observações		396		462
N		66		77
T		6		6

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1; (3) Função de produção Cobb-Douglas com imposição de homogeneidade de grau 1; (4) *Dummies* temporais incluídas na função de produção foram omitidas desta tabela; (5) Devido a restrições computacionais, não foi possível estimar o modelo para os estados de MG e SP; (6) *Likelihood-ratio test* H0: Homocedasticidade de σ_u.

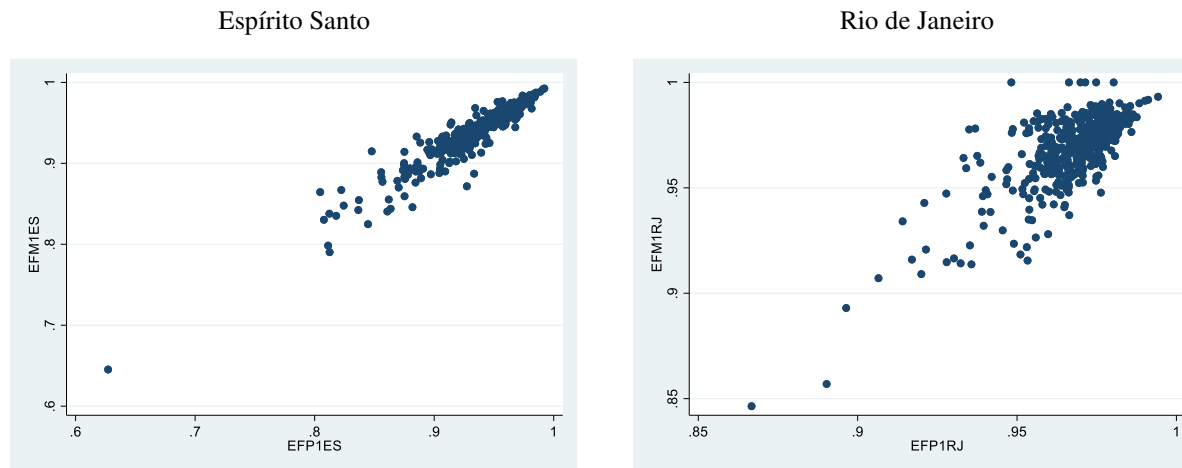
Tabela 1.25 – Índices de eficiência do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do Sudeste

Estado	N	Matemática							Português						
		Média	D.P	Mín	25%	50%	75%	Máx	Média	D.P	Mín	25%	50%	75%	Máx
Espírito Santo	396	0,941	0,037	0,645	0,926	0,949	0,966	0,992	0,936	0,039	0,627	0,921	0,944	0,964	0,992
Rio de Janeiro	462	0,968	0,018	0,846	0,961	0,972	0,979	1,000	0,967	0,014	0,867	0,962	0,970	0,976	0,994

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão; (2) Para cada estado, as estatísticas são calculadas considerando todos os anos e todos os municípios do estado no painel.

Figura 1.10 – Correlação da eficiência em matemática e português – Sudeste



Fonte: Elaboração própria.

Estado	Matemática			Português		
	Ranking	Município	Eficiência Média	Ranking	Município	Eficiência Média
Bahia	1º	Sento Sé	0,979	1º	Salvador	1,000
	2º	Correntina	0,978	2º	Sento Sé	0,977
	3º	Jabora	0,974	3º	Correntina	0,976
	208º	Ribeirão do Largo	0,928	208º	Ribeirão do Largo	0,915
	209º	Coronel João Sá	0,926	209º	Itanagra	0,914
	210º	Itanagra	0,925	210º	Santanópolis	0,913
Rondônia	1º	Porto Velho	0,954	1º	Porto Velho	1,000
	2º	Buritis	0,954	2º	Ouro Preto do Oeste	0,940
	3º	Ariquemes	0,953	3º	Ministro Andreazza	0,939
	23º	Urupá	0,946	23º	Vilhena	0,914
	24º	Seringueiras	0,944	24º	Nova Mamoré	0,900
	25º	Nova Mamoré	0,932	25º	Guajará-Mirim	0,865
Acre	1º	Tarauacá	0,970	1º	Feijó	0,968
	2º	Feijó	0,970	2º	Tarauacá	0,967
	3º	Jordão	0,969	3º	Jordão	0,967
	10º	Assis Brasil	0,962	10º	Assis Brasil	0,958
	11º	Brasiléia	0,958	11º	Brasiléia	0,955
	12º	Rio Branco	0,912	12º	Rio Branco	0,922
Roraima	1º	Mucajaí	0,804	1º	Mucajaí	0,847
	2º	Boa Vista	0,800	2º	Boa Vista	0,844
Pará	1º	Novo Progresso	0,976	1º	Novo Progresso	0,988
	2º	Óbidos	0,970	2º	Óbidos	0,982
	3º	Portel	0,968	3º	Portel	0,980
	52º	Concórdia do Pará	0,937	52º	Palestina do Pará	0,943
	53º	Jacu	0,936	53º	Concórdia do Pará	0,943
	54º	Abel Figueiredo	0,934	54º	Abel Figueiredo	0,939
Amapá	1º	Macapá	0,966	1º	Macapá	0,968
	2º	Pedra Branca do Amapari	0,965	2º	Pedra Branca do Amapari	0,944
	3º	Santana	0,964	3º	Santana	0,943
	5º	Vitória do Jari	0,960	5º	Vitória do Jari	0,941
	6º	Calçoene	0,959	6º	Calçoene	0,940
	7º	Laranjal do Jari	0,946	7º	Laranjal do Jari	0,939
Tocantins	1º	Palmas	0,997	1º	Carrasco Bonito	0,970
	2	Carrasco Bonito	0,964	2	Buriti do Tocantins	0,969
	3º	Buriti do Tocantins	0,963	3º	Oliveira de Fátima	0,968
	51º	Formoso do Araguaia	0,941	51º	Lagoa da Confusão	0,931
	52º	Pium	0,940	52º	Pium	0,928
	53º	Natividade	0,938	53º	Formoso do Araguaia	0,923
Paraná	1º	Irati	0,971	1º	Carambeí	0,970
	2º	Carambeí	0,971	2º	Japurá	0,970
	3º	Cidade Gaúcha	0,971	3º	Planaltina do Paraná	0,969
	324º	Sapopema	0,965	324º	Guaraqueçaba	0,961
	325º	Goioxim	0,964	325º	Barra do Jacaré	0,961
	326º	Coronel Domingos Soares	0,955	326º	Coronel Domingos Soares	0,953
Santa Catarina	1º	Florianópolis	1,000	1º	Florianópolis	1,000
	2º	Balneário Camboriú	0,954	2º	Balneário Camboriú	0,958
	3º	Penha	0,953	3º	Penha	0,957
	184º	Campos Novos	0,881	184º	Água Doce	0,888
	185º	São Joaquim	0,866	185º	São Joaquim	0,877
	186º	Lages	0,797	186º	Lages	0,813

Estado	Matemática			Português		
	Ranking	Município	Eficiência Média	Ranking	Município	Eficiência Média
Rio Grande do Sul	1°	Alegrete	0,988	1°	Gravataí	0,953
	2°	Sant'Ana do Livramento	0,985	2°	Novo Hamburgo	0,953
	3°	Dom Pedrito	0,979	3°	Parobé	0,953
	165°	Muçum	0,934	165°	Candelária	0,938
	166°	Chuí	0,933	166°	Nonoai	0,938
	167°	Salvador do Sul	0,921	167°	Salvador do Sul	0,932
Mato Grosso	1°	Cuiabá	1,000	1°	Cuiabá	1,000
	2°	Colniza	0,998	2°	Colniza	0,990
	3°	Juína	0,997	3°	Juína	0,989
	63°	São Pedro da Cipa	0,906	63°	Rio Branco	0,921
	64°	Curvelâ	0,901	64°	Juscimeira	0,918
	65°	Glória D'Oeste	0,899	65°	Curvelâ	0,915
Mato Grosso do Sul	1°	Corumbá	1,000	1°	Corumbá	1,000
	2°	Porto Murtinho	1,000	2°	Campo Grande	1,000
	3°	Ribas do Rio Pardo	1,000	3°	Porto Murtinho	1,000
	46°	Mundo Novo	0,883	46°	Glória de Dourados	0,897
	47°	Fátima do Sul	0,870	47°	Mundo Novo	0,894
	48°	Campo Grande	0,000	48°	Fátima do Sul	0,886
Espírito Santo	1°	Vitória	0,986	1°	Vitória	0,986
	2°	Linhares	0,971	2°	Linhares	0,965
	3°	São Mateus	0,969	3°	São Mateus	0,963
	64°	Água Doce do Norte	0,925	64°	Água Doce do Norte	0,923
	65°	Vila Pavão	0,920	65°	Vila Pavão	0,917
	66°	Iconha	0,918	66°	Iconha	0,916
Rio de Janeiro	1°	Rio de Janeiro	1,000	1°	Araruama	0,970
	2°	Valença	0,988	2°	Barra Mansa	0,970
	3°	Macaé	0,987	3°	Rio das Ostras	0,970
	75°	Mendes	0,954	75°	São José de Ubá	0,961
	76°	Varre-Sai	0,953	76°	Macuco	0,960
	77°	Macuco	0,949	77°	Cambuci	0,954

Fonte: Elaboração própria

1.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo da tese objetiva investigar se há ineficiência na educação fundamental da rede pública municipal no Brasil. Para tanto, a partir de dados de um painel balanceado de 3.159 municípios brasileiros para os anos 2011, 2013, 2015, 2017, 2019, 2021, estima-se a ineficiência técnica educacional dos municípios brasileiros para o 5° ano do ensino fundamental, por meio da estimação de um modelo de fronteira estocástica a partir do estimador de máxima verossimilhança marginal simulada proposto por Belotti e Ilardi (2017).

A partir das funções de produção educacional estimadas, verifica-se que o coeficiente do insumo “recursos humanos” é significativo e positivo, isto é, o desempenho em matemática e em português dos alunos do 5° ano das escolas públicas da rede municipal é

positivamente correlacionado com o número de professores por estudantes. Além disso, estima-se um efeito positivo entre as notas médias de matemática e português e o número de turmas por docente e um efeito negativo entre as notas médias e a quantidade de turmas por estudantes. Um maior número de turma por docentes pode significar um colégio maior, onde os professores são responsáveis por um maior número de turmas. Portanto, o efeito positivo pode que há ganhos de escala. Por outro lado, o sinal negativo da variável turma por estudantes não é o resultado esperado, pois espera-se que menor tamanho da turma esteja associado a maior eficiência e a melhor desempenho educacional.

Quanto aos insumos financeiros, as funções de produção educacional estimadas mostram basicamente um efeito não significativo do gasto municipal por estudante sobre o desempenho dos alunos do 5º ano da rede pública municipal. Esse resultado gera algumas alternativas de análise. Considerando que os coeficientes dos insumos da educação (turmas por docente e turmas por estudante) foram significantes e que maiores níveis destes insumos requerem maiores gastos com educação, o efeito nulo estimado da variável gasto por estudante pode significar que a variabilidade dos insumos educacionais é suficiente para representar os gastos na função de produção educacional. Outra interpretação possível é que existe uma parcela representativa dos gastos totais que não é utilizada de forma adequada e, portanto, não produz efeito significativo sobre o desempenho escolar.

Os resultados também demonstram que: (1) há ineficiência na educação fundamental pública municipal; (2) em cada estado, a capital predomina como o município mais eficiente; e (3) os municípios eficientes em transformar os insumos educacionais em desempenho em matemática também são eficientes em obter o máximo resultado em português para dado nível de insumos educacionais.

Essas evidências apontam, portanto, que é imprescindível que as políticas públicas educacionais priorizem a avaliação periódica da alocação dos insumos educacionais a fim de identificar e mitigar os fatores determinantes da ineficiência, permitindo um melhor uso dos recursos públicos em educação.

2. EFEITOS CLIMÁTICOS NO DESEMPENHO ESCOLAR EM MATEMÁTICA E PORTUGUÊS DO 5º DO ENSINO FUNDAMENTAL MUNICIPAL

RESUMO

No segundo capítulo, o objetivo é verificar se as variações climáticas podem ser incluídas como um fator importante no desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental municipal no Brasil. Utiliza-se uma metodologia de clusterização em relação às características climáticas e às notas de proficiência das cinco regiões brasileiras, a fim de diminuir os efeitos da heterogeneidade dos municípios. Desta maneira, para cada região, os municípios foram agrupados por meio da técnica de classificação não hierárquica de partição *k-mean clustering*. Em seguida, para cada cluster das regiões brasileiras, são estimados modelos de efeitos fixos para dados em painel com desvios-padrão robustos. Dentre os principais resultados, encontram-se evidências de que as variações climáticas impactam significativamente no desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental. Como esses impactos são positivos em alguns grupos e negativos em outros, mesmo em municípios pertencentes a clusters diferentes, mas próximos do ponto de vista geográfico, as evidências podem indicar que há municípios mais adaptados para lidar com as variações climáticas do que outros.

Palavras-chave: Ensino Público Fundamental Municipal; Variações Climáticas; Painel de Dados.

ABSTRACT

In the second chapter, the objective is to verify whether climate variations can be included as an important factor in the academic performance of 5th grade elementary school students in Brazilian municipalities. A clustering methodology is used concerning the climatic characteristics and proficiency scores of the five Brazilian regions in order to reduce the effects of heterogeneity in these municipalities. In this way, for each region, municipalities were grouped using the non-hierarchical k-means clustering classification technique. Then, for each cluster in the Brazilian regions, fixed effects models for panel data with robust standard errors are estimated. Among the main results, there is evidence that climate variations significantly impact the academic performance of 5th grade elementary school students. Since these impacts are positive in some groups and negative in others, even in municipalities belonging to different clusters but geographically close, the evidence may indicate that some municipalities are better adapted to deal with climate variations than others.

Keywords: Municipal Public Elementary Education; Climate Variations; Panel Data.

2.1 INTRODUÇÃO

A educação é essencial para o crescimento e desenvolvimento de qualquer sociedade, sendo sua eficácia dependente tanto da qualidade quanto da quantidade. Para contribuir significativamente para o crescimento econômico, é necessário um ensino de alta qualidade. No século XXI, há um foco crescente na valorização do conhecimento, com estados conectando seus sistemas de ensino mais estreitamente às suas estratégias de desenvolvimento econômico.

O modelo econômico clássico utiliza uma função de produção agregada que relaciona a produção total de uma economia ao capital e à mão de obra disponíveis. O modelo básico de crescimento de Solow (1957) começou com tal descrição e então acrescentou um elemento de mudança tecnológica para obter o movimento da economia ao longo do tempo. No entanto, enquanto a mudança tecnológica é fundamental para o crescimento, o modelo original de Solow não detalha suas fontes, tratando-a como um fator externo à análise central.

Assim, as teorias de crescimento neoclássicas, desenvolvidas por Mankiw, Romer e Weil (1992), incorporam a educação como um fator de produção essencial, destacando seu papel na acumulação de capital humano e no aumento da renda agregada de estado estacionário. A educação, ao melhorar as habilidades da força de trabalho, eleva o nível de estado estacionário da economia, embora, uma vez atingido esse novo nível, a educação deixe de influenciar diretamente o crescimento.

Por outro lado, na literatura de "crescimento endógeno", desenvolvida nas últimas duas décadas, pesquisadores como Lucas (1988), Romer (1990) e Aghion e Howitt (1998) destacam a importância da educação em aumentar a capacidade inovadora da economia por meio do desenvolvimento de novas ideias e tecnologias. Esses são chamados de modelos de crescimento endógeno porque a mudança tecnológica é determinada por forças econômicas internas ao modelo. De acordo com os autores, um determinado nível de educação pode gerar um fluxo contínuo de novas ideias, permitindo que a educação influencie o crescimento econômico mesmo na ausência de novos investimentos educacionais.

Sendo assim, a educação é fundamental para a difusão de tecnologias, um processo que aumenta a produtividade das empresas e impulsiona o crescimento econômico. Teorias da difusão tecnológica, como as propostas por Nelson e Phelps (1966), Welch (1970) e Benhabib e Spiegel (2005), enfatizam que a educação pode facilitar a transmissão do conhecimento necessário para implementar novas tecnologias. Em testes envolvendo comparações entre países, Benhabib e Spiegel (1994) encontram um papel para a educação tanto na geração de ideias quanto na difusão de tecnologia.

Dessa maneira, a prosperidade econômica e o funcionamento de uma nação dependem de seu estoque de capital físico e humano. O capital físico tradicionalmente tem sido o foco da pesquisa econômica, mas os fatores que afetam o aprimoramento das habilidades e talentos humanos estão cada vez mais presentes na pesquisa das ciências sociais e comportamentais. Em termos gerais, o capital humano representa o investimento que as pessoas fazem em si mesmas para aumentar sua produtividade econômica. O *framework* teórico mais responsável pela adoção abrangente de políticas de educação e desenvolvimento passou a ser conhecido como teoria do capital humano.

A teoria do capital humano baseia-se na suposição de que a educação formal é altamente instrumental e necessária para melhorar a capacidade produtiva de uma população. Em resumo, os teóricos do capital humano argumentam que uma população educada é uma população produtiva. A teoria do capital humano enfatiza como a educação aumenta a produtividade e a eficiência dos trabalhadores ao elevar o nível de conhecimento cognitivo da população economicamente produtiva, que é resultado de habilidades inatas e investimento em seres humanos. A oferta de educação formal é vista como um investimento em capital humano, considerado pelos defensores da teoria como igualmente ou até mais valioso do que o capital físico (Woodhall, 1987).

O renovado interesse no tema do crescimento econômico na década de 1980, impulsionado pelos artigos pioneiros de Romer (1986) e Lucas (1988), levou a investigação sobre as possíveis influências distintas do capital humano no processo de crescimento. Assumindo um papel preponderante na teoria do crescimento endógeno, figurando como a base do crescimento sustentado no longo prazo, devido às externalidades inerentes à acumulação de capital humano. Estas externalidades se manifestam na produção, conforme delineado no modelo de Lucas (1988), e no domínio da inovação, como proposto no modelo de Romer (1990). Nesse contexto, esses autores elaboraram modelos que incorporam o progresso tecnológico, a educação e a pesquisa como variáveis endógenas nas equações de crescimento macroeconômico.

Azariadis e Drazen (1990) conceberam um modelo de crescimento que integrou o conceito de externalidades educacionais, estabelecendo um limiar de aproximadamente 6 anos de escolarização para a força de trabalho, considerado essencial para a manutenção do crescimento econômico moderno.

Como se pode observar, o capital humano tem sido o foco central de inúmeros modelos de crescimento recentes e a literatura macroeconômica empírica, que se concentra nas disparidades de crescimento entre países, tem utilizado recorrentemente medidas relacionadas

ao nível de escolaridade alcançado, ou anos de escolaridade, para testar as previsões dos modelos de crescimento (Hanushek; Woessmann, 2011).

Nesse sentido, os primeiros estudos empregavam razões de matrícula escolar, como em Barro (1991), Mankiw, Romer e Weil (1992) e Levine e Renelt (1992), como *proxies* para o capital humano de uma economia ou país. Uma extensão importante foi desenvolvida por Barro e Lee (1993, 2001), que criaram dados internacionalmente comparáveis sobre anos médios de escolaridade para uma grande amostra de países e uma longa série de anos, com base em uma combinação de dados de censos e outras pesquisas.

Capital humano é a competência, conhecimento, atributos sociais e de personalidade, incluindo criatividade, incorporados no trabalho para gerar valor econômico. O fator crítico na produção são as pessoas, e as pessoas são o único fator de sucesso organizacional que não é comercializado como uma mercadoria de negociação da organização (Barro, 2001).

Diante disso, surge a Análise de Aprendizagem que é um campo emergente no qual ferramentas analíticas sofisticadas são usadas para melhorar a aprendizagem e a educação. Segundo Duval (2011), a análise de aprendizagem envolve a medição, coleta, exame e relatório de dados sobre os aprendizes e seus ambientes educacionais. A referente análise tem como objetivo melhorar a qualidade da aprendizagem e o ambiente em que ela ocorre, fornecendo *feedback* mais adequado e rápido aos *stakeholders*, tais como professores, diretores, pais e estudantes. Essa capacidade constitui a base para a reformulação de modelos educacionais, impactando tanto os modelos atuais quanto os futuros. Além disso, a análise contribui para aprimorar técnicas de ensino, atividades de aprendizagem e para descobrir conhecimento oculto sobre os alunos (Romero e Ventura, 2010).

Cameron e Miller (2015) abordaram a inferência estatística em regressões com dados agrupados em *clusters*, considerando que os erros do modelo de regressão são independentes entre *clusters*, mas correlacionados dentro deles. Alguns exemplos incluem dados de indivíduos agrupados por região, ou estudos de diferenças-em-diferenças com agrupamento por estado. Nessas situações, os erros-padrão convencionais podem superestimar a precisão do estimador, sendo necessário usar erros-padrão robustos ao *cluster*, especialmente se o número de *clusters* for grande.

Os autores abordaram o método básico e as complicações práticas, como efeitos fixos específicos de *clusters*, poucos *clusters*, múltiplas formas de *clustering* e diferentes estimadores de Mínimos Quadrados Ordinários - MQO. É crucial assegurar uma inferência estatística adequada, pois erros correlacionados dentro dos *clusters* são comuns em aplicações

empíricas. As principais dificuldades incluem definir corretamente os *clusters* e lidar com um número reduzido de *clusters*.

Adicionalmente, a análise de *cluster* tem como objetivo classificar objetos de dados em duas categorias: objetos que são semelhantes em características em um *cluster* e objetos que são diferentes em características com os outros objetos de outro *cluster*. O *K-Means* é um método incluído no algoritmo de clusterização baseado em distância que começa determinando o número de *clusters* desejados (Nagari; Inayati, 2020).

Dessa maneira, o objetivo deste estudo é verificar se as variações climáticas podem ser incluídas como um fator importante no desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental municipal no Brasil. Para tanto, utiliza-se uma metodologia de clusterização em relação às características climáticas e às notas de proficiência das cinco regiões brasileiras, a fim de diminuir os efeitos da heterogeneidade dos municípios. Em seguida, para cada *cluster* das regiões brasileiras, são estimados modelos de efeitos fixos para dados em painel com desvios-padrão robustos.

Além desta introdução, este capítulo está estruturado em quatro subseções. A segunda seção aborda o referencial teórico, subdividido nos seguintes temas: *Cluster K-Means Clustering*, Função de Produção Educacional e Impactos Climáticos e da Saúde na Educação. A terceira subseção apresenta a estratégia empírica adotada para estimar os efeitos fixos com desvio-padrão robusto. Por fim, os resultados alcançados são analisados e discutidos, seguidos pelas considerações finais.

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO

O *K-Means Clustering* é uma técnica de agrupamento que classifica dados em grupos distintos com base em características similares, facilitando a análise e a segmentação de grandes conjuntos de informações. Já a função de produção educacional investiga como fatores como a qualidade do ensino, os recursos disponíveis, o ambiente escolar e as variáveis socioeconômicas influenciam o desempenho acadêmico dos alunos, com o objetivo de aprimorar a eficácia do sistema educacional.

No contexto do impacto das condições climáticas sobre o desempenho escolar, a literatura identifica múltiplos mecanismos pelos quais variações no regime térmico e hídrico afetam o processo de ensino-aprendizagem. Pesquisas como as de Hsiang et al. (2019) e Park et al. (2020) demonstram que temperaturas elevadas reduzem a capacidade de concentração, aumentam a fadiga cognitiva e comprometem a retenção de informações, afetando de forma

direta o desempenho em disciplinas que demandam maior raciocínio lógico e continuidade de aprendizagem, como a Matemática. No Brasil, estudos como os de Alves e Soares (2013) e Mendonça et al. (2021) evidenciam que eventos climáticos extremos — como secas severas, enchentes e variações abruptas de temperatura — podem dificultar o acesso às escolas devido à interrupção de rotas de transporte, provocar a suspensão temporária de atividades letivas e reduzir a carga horária anual efetiva. Em regiões semiáridas, o déficit hídrico prolongado também aumenta o tempo dedicado pelas famílias à obtenção de água, reduzindo o tempo disponível para estudo e descanso. Além dos efeitos imediatos, essas perturbações tendem a gerar lacunas acumuladas de aprendizagem, que se refletem em menores níveis de proficiência e queda nas notas médias observadas em avaliações nacionais, como a Prova Brasil, particularmente no 5º ano do ensino fundamental.

2.2.1 *Cluster K-Means Clustering*

Na literatura de processos de clusterização, os algoritmos de *clustering* podem ser categorizados em métodos hierárquicos e métodos de partição, como definido por Duda, Hart e Stork (2000) e Jain e Dubes (1988). Uma estrutura de partição organiza padrões em um pequeno número de *clusters*. O *K-means* é um dos algoritmos de *clustering* dessa classe: é computacionalmente eficiente e não requer a especificação de muitos parâmetros. Métodos hierárquicos propõem um aninhamento de *clusterings*, fornecendo informações adicionais sobre a estrutura dos dados, representada graficamente como um dendrograma. Uma partição particular é obtida cortando o dendrograma em algum nível. O algoritmo de *link* único é um dos métodos mais populares dessa classe (Jain; Dubes, 1988).

Lu e Huang (2011) propuseram um método inovador para clusterizar dados de painel com base em alguns parâmetros das funções de regressão, sendo especialmente aplicável em Finanças e Economia. Este método é vantajoso em modelos com muitas variáveis para sujeitos altamente heterogêneos, onde abordagens anteriores tendem a gerar um número excessivo de *clusters*, dificultando a interpretação. Ao contrário das punições rigorosas à complexidade do modelo, que podem prejudicar a clusterização, o novo método permite que alguns padrões não focais variem dentro de um *cluster*, reduzindo significativamente o número de *clusters* e facilitando a interpretação dos resultados.

Alataş e Çakir (2016) examinaram a relação empírica entre capital humano e crescimento econômico em um painel de 65 países, cobrindo o período de 1967 a 2011. Para esse fim, utilizaram o índice de capital humano *per capita* baseado nos anos de escolaridade e

retornos à educação, a taxa de mortalidade infantil (por 1.000 nascidos vivos), que são considerados como os principais componentes do capital humano na literatura econômica, e o PIB *per capita* (em dólares constantes de 2005 dos EUA) como uma *proxy* para o crescimento econômico. Nesse contexto, primeiramente, os países são classificados utilizando o procedimento de *clustering k-means*. Em seguida, todos os *clusters* são analisados por meio de análise de dados de painel. A estimativa para o coeficiente de educação e saúde mostra que o efeito do capital humano no crescimento econômico é positivo e estatisticamente significativo em países em desenvolvimento.

Em estudo sobre desnutrição infantil, Nagari e Inayati (2020) observaram que a desnutrição é uma grande preocupação na Indonésia, com 17,7% das crianças menores de 60 meses enfrentando problemas de ingestão de nutrientes e 3,9% sofrendo de desnutrição, segundo dados do Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018. Este estudo utilizou o método de clusterização *C-Means* para classificar o estado nutricional dessas crianças, empregando dados secundários do Ponkesdes Mayangrejo, Bojonegoro. A pesquisa concluiu que o agrupamento do estado nutricional é possível usando *K-Means*, formando 4 *clusters*: 23 crianças desnutridas, 17 crianças subnutridas, 7 crianças nutridas e 10 crianças sobre-nutridas.

Tzenios (2020) utilizou a técnica de *K-means* e um algoritmo de clusterização hierárquica para categorizar 310 estudantes em três *clusters* significativos, com base nos estilos de aprendizagem sensorial, intuitivo, visual e verbal, seguindo o Modelo de Estilos de Aprendizagem de Felder-Silverman. A divisão dos estudantes em três grupos facilita a produção de materiais e metodologias de educação em saúde personalizados para cada grupo. Foram discutidas abordagens de instrução adequadas para cada *cluster*: atividades práticas para aprendizes sensoriais, comunicação de ideias abstratas para aprendizes intuitivos, uso de diagramas para aprendizes visuais e palestras ou materiais impressos para aprendizes verbais. Esta pesquisa concluiu que a utilização de uma variedade de abordagens de ensino pode garantir uma melhor transmissão do conhecimento a todos os estudantes, independentemente de seus estilos de aprendizagem.

Já Widiyaningtyas, Prabowo e Pratama (2017) destacam que o governo da Indonésia enfrenta dificuldades na distribuição de professores, com algumas áreas enfrentando escassez e outras excesso de profissionais, problema agravado pela descentralização do sistema educacional. O *clustering* na mineração de dados pode identificar padrões de distribuição e associações entre atributos. Esta pesquisa aplica o algoritmo de *clustering k-means* para analisar a distribuição de professores do ensino médio na Indonésia, seguindo três etapas: seleção de dados, pré-processamento e aplicação do *clustering k-means*. Utilizando 12 *clusters*, os

resultados foram categorizados em menos, suficiente e mais professores, com uma soma do erro quadrático (SSE) de 87,15%. Os *clusters* revelaram áreas com diferentes níveis de necessidade de professores, indicando que a precisão do algoritmo é alta. Os resultados podem servir como referência para redistribuir professores, ajudando a resolver a desigualdade na distribuição.

Vankayalapati *et al.* (2021) utilizaram a clusterização de dados, como o *k-means*, para avaliar o desempenho dos estudantes. Existem várias maneiras de avaliar o sucesso dos estudantes, e o *k-means* é um dos métodos mais eficazes e bem-sucedidos. Nos últimos anos, as instituições de ensino enfrentaram grandes desafios com o crescimento dos dados e sua utilização para aumentar a eficiência e possibilitar melhores decisões. A clusterização é um dos métodos mais importantes para a análise de conjuntos de dados. O algoritmo *k-means* não supervisionado é discutido, e os resultados indicam que ele é útil para agrupar estudantes com base em características de desempenho semelhantes, potencialmente fortalecendo os resultados e o futuro dos alunos.

Assim, com o objetivo de propor um modelo para a exploração de dados e observar dinamicamente o progresso dos estudantes, Tuyishimire *et al.* (2022) definiram variáveis para determinar o progresso atual dos alunos, as quais são utilizadas para agrupá-los em diferentes *clusters*. Um modelo para *clustering* dinâmico foi proposto, e a migração relacionada de *clusters* foi analisada para isolar estudantes de desempenho inferior ou superior. O método de *clustering K-means* foi aplicado a dados reais consistindo em estudantes de uma instituição de ensino superior da África do Sul. O modelo proposto para análise de migração de *clusters* foi aplicado, revelando os padrões de aprendizagem correspondentes. Isso foi alcançado pela introdução da distância de desempenho, medida utilizando a média e o desvio-padrão da distribuição de notas de cada estudante. Tal processo foi complementado pelo uso do *clustering K-means* para agrupar os estudantes em grupos de desempenho, seguido pela análise da migração de *clusters*.

Em um estudo focado na região Nordeste, Araújo Júnior (2017) analisou a eficiência estática e dinâmica dos municípios em relação aos gastos com educação para os anos de 2007 e 2013. Para alcançar os objetivos do trabalho, inicialmente foi realizada uma Análise de *Clusters* utilizando o método não hierárquico *k-médias* para agrupar os municípios nordestinos conforme suas características socioeconômicas e populacionais. Após a definição dos grupos, foram aplicados o modelo DEA-BCC para avaliar a eficiência estática e o modelo DEA-Malmquist para analisar a dinâmica da eficiência ao longo do período. Os resultados

indicam que, embora os municípios nordestinos tenham melhorado a eficiência nos gastos públicos com educação entre 2007 e 2013, ainda mantêm baixos níveis de eficiência.

2.2.2 Função de Produção Educacional: Fatores Determinantes nas Notas

A função de produção educacional analisa como diferentes fatores influenciam o desempenho acadêmico dos alunos. Em particular, busca-se identificar os elementos que determinam as notas dos estudantes e como esses fatores contribuem para os resultados educacionais.

Dessa forma, a estimação de funções de produção educacional forneceu evidências diretas sobre a eficácia de diversas políticas educacionais. Especificamente, as análises indicam que a oferta atual de escolarização é ineficiente, com insumos como tamanho da classe, experiência e educação do professor apresentando pouca relação com os resultados dos estudantes. Isso sugere que políticas convencionais baseadas em insumos são improváveis de melhorar o desempenho. Entretanto, a qualidade dos professores, definida pelos efeitos que eles têm no desempenho dos alunos, é mostrada como crucial, mesmo que não esteja vinculada a salários ou atributos óbvios. Em termos de política, a conclusão é de que a forma como os recursos são utilizados é mais importante do que a quantidade de recursos disponíveis (Hanushek, 2020).

Bulman e Fairlie (2016) analisam a literatura teórica e empírica sobre o impacto da tecnologia nos resultados educacionais, examinando seu uso em sala de aula e em casa. Teoricamente, o investimento em Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) nas escolas, bem como o uso de computadores em casa, têm efeitos ambíguos no desempenho acadêmico, pois podem substituir insumos ou atividades tradicionais. Evidências de intervenções com financiamento suplementar para tecnologia frequentemente mostram efeitos positivos, mas estudos sobre TIC revelam resultados mistos, geralmente nulos, exceto em países em desenvolvimento e em intervenções focadas em matemática. Estudos iniciais sobre uso doméstico indicavam grandes efeitos positivos ou negativos, enquanto pesquisas mais recentes e experimentos controlados sugerem efeitos pequenos ou nulos, com um foco crescente em países em desenvolvimento.

A educação da juventude norte-americana é amplamente considerada um objetivo importante nos Estados Unidos. A questão de como esses estudantes estão se saindo em sua escolarização, tanto em comparação com outros dentro de sua própria sociedade quanto em comparação com a juventude de outros países, recebeu muita atenção no debate público. De

fato, existem argumentos fortes para justificar tal foco significativo no ajuste educacional. Níveis de desempenho acadêmico durante a adolescência e de conquista educacional mais tarde na vida são fortes preditores de uma variedade de indicadores de bem-estar na idade adulta, incluindo, mas não se limitando, a indicadores de funcionamento econômico como status socioeconômico e renda (Miller; Mulvey, 1996).

Neste sentido, Okpala, Okpala e Smith (2001) analisaram a influência do envolvimento dos pais, status socioeconômico e despesas com suprimentos instrucionais no desempenho em matemática de alunos do 4º ano em um condado de baixa renda na Carolina do Norte. Utilizando um modelo de função de produção educacional, correlação de Pearson e regressão de mínimos quadrados ordinários, eles concluíram que as despesas com suprimentos e as horas de voluntariado dos pais não influenciaram significativamente as notas de matemática. No entanto, a porcentagem de estudantes em programas de almoço gratuito ou a preço reduzido estava negativamente relacionada ao desempenho acadêmico, indicando que condições econômicas afetam o desempenho dos alunos.

Em outro estudo para o mesmo estado, Clotfelter, Charles e Ladd (2007) utilizam um amplo conjunto de dados administrativos para explorar a relação entre as características e credenciais dos professores e o desempenho dos estudantes. Embora a pesquisa sobre essa relação não seja nova, a disponibilidade de dados abrangentes sobre todos os professores e estudantes da Carolina do Norte ao longo de 10 anos permite uma análise mais detalhada do que estudos anteriores. Os autores concluem que a experiência do professor, as notas nos testes e a licença regular têm efeitos positivos no desempenho dos estudantes, especialmente em matemática. As diversas credenciais dos professores exibem impactos significantes no desempenho em matemática, comparáveis aos efeitos das mudanças no tamanho das turmas ou das características socioeconômicas dos alunos.

Moriconi (2012) aplicou um modelo de valor agregado para estimar e analisar a eficácia dos professores da 4ª série da rede municipal de São Paulo em 2010. O autor conclui que a variação na eficácia dos professores explica cerca de 9% da variação nas notas dos alunos, menos do que as variáveis de *background* dos alunos (15%), mas mais do que a variação nas variáveis de escola (5%). Um aumento de um desvio-padrão na eficácia dos professores resultaria em um aumento de 0,062 desvio-padrão na proficiência em Língua Portuguesa e 0,049 em Matemática. Fatores como tempo dedicado ao trabalho pedagógico fora da escola, frequência de lição de casa e uso dos Cadernos de Apoio e Aprendizagem estão positivamente associados à eficácia dos professores. Apesar da capacidade limitada dos dados para orientar

políticas de pessoal, foi possível identificar que 13% dos professores tinham eficácia distinta da média, sendo um grupo ideal para futuras pesquisas sobre práticas docentes.

Ferreira (2015), com o intuito de entender como práticas administrativo-pedagógicas influenciam o desempenho dos alunos em escolas públicas municipais do ensino fundamental do estado de São Paulo no IDEB, realizou uma pesquisa baseada na metodologia de Salgado Junior (2013). A pesquisa foi realizada em duas etapas: primeiro, aplicou-se a técnica DEA em 1.298 escolas para identificar as mais eficientes em transformar recursos em desempenho no IDEB; depois, realizou-se um estudo de múltiplos casos com entrevistas, análise documental e observação em cinco escolas eficientes e cinco ineficientes. A análise dos resultados dos estudos de caso revelou 23 práticas administrativo-pedagógicas que influenciam o desempenho dos alunos no IDEB. Entre elas, destacam-se a participação familiar na vida escolar, a cobrança da comunidade ao diretor, a preparação específica para a Prova Brasil, a rotatividade de professores de Português e Matemática e o sistema disciplinar. Os resultados podem orientar a destinação de recursos financeiros e a gestão escolar para melhorar o desempenho no IDEB.

Já Américo e Lacruz (2017) descrevem a relação entre o "contexto" e o "desempenho" escolar mensurado por meio das notas de 2013 da Prova Brasil nas escolas do sistema estadual de ensino do Espírito Santo utilizando regressão linear múltipla. A amostra foi composta por 244 escolas, e foram analisadas 10 variáveis contextuais, das quais três compuseram o modelo de regressão pelo método *stepwise*: Índice de Regularidade Docente, Indicador de Esforço Docente e Taxa de Abandono. Essas variáveis obtiveram um grau de associação de 47,9% com a nota na Prova Brasil e explicaram 22% da sua variação; além disso, estão sob a gerência dos gestores públicos da rede estadual de educação do Espírito Santo. Os achados do estudo reforçam a importância do "contexto" escolar, bem como do "professor", como forma de reduzir os efeitos da conjuntura familiar e social desfavorável por meio da atuação da organização escolar.

No que se refere ao efeito do tamanho da turma nas notas dos alunos do ensino fundamental, Alves e Ferrão (2019) aplicam o modelo de fronteira estocástica para avaliar a eficiência das 27 Unidades da Federação (UFs) no âmbito da educação do ensino médio e dos anos finais do ensino fundamental. Os autores utilizam dados bienais da Prova Brasil e do IBGE, cobrindo o período de 2007 a 2017. Os resultados para os anos finais do ensino fundamental mostram que um maior número de alunos por turma, assim como altas taxas de reprovação e abandono escolar, reduzem a eficiência e aumentam os custos.

Entretanto, Matavelli e Menezes Filho (2020) avaliaram o impacto de políticas públicas que estabelecem um limite máximo de alunos por turma no Brasil. Em particular, foram examinados os efeitos de resoluções e portarias municipais e estaduais de São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina sobre as notas dos alunos do 5º e 9º ano na Prova Brasil 2015. Os resultados indicam que não há evidências estatisticamente significativas de que o tamanho da turma influencie as notas dos alunos. As análises de robustez realizadas também confirmam a ausência de efeito.

Por fim, Silva (2020) verifica que, apesar dos avanços no acesso à educação no Brasil, ainda há desafios significativos na qualidade do ensino público refletidos nos baixos resultados de aprendizagem do SAEB. Pesquisas sobre eficácia escolar nas últimas cinco décadas indicam que escolas com bons resultados compartilham características comuns, incluindo uma liderança escolar eficaz. Este estudo investigou a influência da liderança escolar nos resultados de aprendizagem dos alunos em escolas públicas brasileiras, utilizando dados do questionário socioeconômico do SAEB de 2013, 2015 e 2017, e aplicou um modelo de regressão linear múltipla. A análise mostrou que a liderança escolar tem uma associação positiva com as notas, podendo aumentar em até 12 pontos as notas de Língua Portuguesa e Matemática. O estudo também revelou que, em muitos estados brasileiros, as atribuições dos diretores escolares não incentivam o desenvolvimento de uma liderança eficaz.

2.2.3 Impactos Climáticos na Saúde e na Educação

A saúde e a educação podem ser significativamente afetadas pelo clima e pela incidência da dengue. O clima, especialmente a temperatura e a precipitação, pode influenciar a propagação do vírus da dengue ao afetar a população de mosquitos vetores, como o *Aedes Aegypti*, que são responsáveis pela transmissão da doença. Condições climáticas favoráveis podem levar a um aumento na população de mosquitos e, conseqüentemente, em uma maior transmissão do vírus. Para mitigar esses impactos, as autoridades de saúde e educação podem implementar medidas de controle de vetores, como a eliminação de criadouros de mosquitos, a distribuição de repelentes e a promoção da conscientização sobre a prevenção da dengue. Além disso, a melhoria da infraestrutura de saúde e a implementação de planos de resposta a surtos podem ajudar a reduzir os efeitos da dengue na saúde e na educação.

Por essas perspectivas, entende-se que as mudanças climáticas afetam não apenas o ambiente, mas também os sistemas educacionais, impactando o aprendizado e o desenvolvimento futuro dos estudantes. O aumento das temperaturas leva a desastres naturais mais frequentes e intensos, subida do nível do mar, riscos para a agricultura e eventos climáticos

extremos, todos os quais têm implicações significativas para a educação. Isso inclui a falta de acesso a recursos e a diminuição da motivação para aprender (Hussaini, 2023).

Sendo assim, as mudanças climáticas impactam significativamente as experiências de aprendizagem dos estudantes, exigindo que a educação ambiental e sobre sustentabilidade inclua um enfoque em adaptação e resiliência. A OCDE recomenda que políticas reconheçam as conexões entre mitigação e adaptação, explorando sinergias e minimizando contradições, destacando soluções baseadas na natureza. A OCDE planeja examinar como os sistemas educacionais podem se adaptar às mudanças climáticas sem negligenciar os esforços de mitigação, utilizando dados da Pesquisa Internacional sobre Ensino e Aprendizagem (TALIS) de 2024. Além disso, a OCDE pretende agrupar países com riscos climáticos semelhantes, compartilhar políticas de adaptação eficazes e promover o aprendizado colaborativo, adaptando cenários futuros para informar estratégias educacionais nacionais (Nusche; Rabella; Lauterbach, 2024).

Nesse contexto, as mudanças climáticas têm impactos significativos nas populações vulneráveis, incluindo crianças que estão em risco de pobreza e exclusão social. A educação é fundamental para o desenvolvimento pessoal e profissional dessas crianças (Leal Filho *et al.*, 2023).

De acordo com Marin, Schwarz e Sabarwal (2024), a educação é fundamental para combater a pobreza e garantir um planeta habitável, mas as mudanças climáticas estão ameaçando esse papel. Eventos climáticos extremos, como ciclones, inundações e ondas de calor, estão interrompendo a escolarização, causando perdas de aprendizagem e impactos de longo prazo. O aumento das temperaturas também está prejudicando a aprendizagem, especialmente em regiões mais quentes. Esses efeitos podem levar a perdas significativas de renda, menor produtividade e maior desigualdade. Apesar disso, a educação é frequentemente negligenciada nas políticas climáticas.

Outra consequência é a proliferação do mosquito da dengue, que pode se manifestar de duas formas: como dengue clássica, uma versão mais comum, mas mais branda da doença, semelhante a um episódio de gripe; ou como dengue grave, uma condição mais rara, mas muito mais séria, que requer hospitalização em cerca de 80% dos casos e pode levar à morte (Villar *et al.*, 2015).

As epidemias não só impactam diretamente as famílias afetadas, mas também podem influenciar o comportamento e os resultados das pessoas não diretamente envolvidas. Barron, Gamboa e Rodriguez-Lesmes (2019), em estudo para a Colômbia, exploram como uma epidemia aguda e inesperada altera a percepção de risco e o comportamento do público em

geral. A análise dos autores revela que, em resposta ao aumento do risco percebido, estudantes de escolas não afetadas ajustam significativamente seu comportamento, afetando importantes resultados educacionais. Especificamente, cada 10 casos adicionais de dengue grave por 10.000 habitantes em um município reduzem em cerca de 4 o número de alunos que fazem sua prova de conclusão de ensino em uma turma de 47. Vários mecanismos possíveis foram excluídos, sugerindo que a maior percepção dos riscos da doença é uma explicação plausível para esses resultados.

Roland (2011), por sua vez, realiza um estudo para examinar o impacto da saúde no desempenho escolar de alunos da quarta série do ensino fundamental no Brasil, utilizando dados de 2005 e 2007. Devido à falta de bases de dados combinando saúde e desempenho escolar, o estudo emprega dados agregados sobre a oferta de serviços de saúde municipal e microrregional (provenientes do DATASUS e da Pesquisa Assistência Médico-Sanitária) como *proxies* para a saúde dos alunos, e dados de desempenho da Prova Brasil. A análise inicial utiliza regressão linear para 2005 e uma análise em painel para 2005 e 2007, encontrando um impacto positivo, porém pequeno e limitado a alguns indicadores. Adicionalmente, ao investigar surtos de dengue em municípios, o estudo identifica um impacto negativo no desempenho escolar, sensível à escolha de variáveis e algoritmos de estimação.

Por fim, ao estimar o efeito causal de choques de saúde transitórios nos resultados escolares no Brasil, com foco na febre dengue, Carneiro, Koppensteiner e Menezes (2023) vinculam dados de infecções por dengue a registros detalhados do censo escolar brasileiro e utilizam uma estratégia de efeitos fixos para estimar o impacto das infecções na retenção e no abandono escolar. Os resultados mostram que infecções por dengue durante o ano letivo aumentam a retenção em 3,5% e o abandono escolar em 4,6%. Esses achados são relevantes para programas de controle de vetores e para a adoção e direcionamento de novas vacinas contra a dengue.

2.3 METODOLOGIA

A estratégia empírica utilizada neste capítulo é dividida em duas etapas. Na primeira, para cada região, os municípios foram agrupados utilizando a técnica de classificação não hierárquica de partição *k-mean clustering*. Em seguida, para cada *cluster* das regiões brasileiras, são estimados modelos de efeitos fixos para dados em painel com desvios-padrão robustos.

2.3.1 Análise de *cluster*

Há várias evidências empíricas que mostram que as unidades econômicas, como empresas, famílias, municípios, países, escolas, dentre outras possuem características diferentes. Essa heterogeneidade, usualmente não é capturada por métodos de dados em painel “tradicionais” como pooling ou efeitos fixos. Neste último, os efeitos individuais não observados são assumidos fixos e não capturam a possibilidade de coeficientes heterogêneos. Por essas e outras razões estes estimadores não são consistentes (ver por exemplo Fernandez-Val 2005, Graham e Powel 2012, Sarafidis e Weber 2015, Bonhomme e Maresa 2015).

Uma possibilidade seria estimar uma regressão com coeficientes específicos para cada unidade econômica, mas isso gera um problema de viés do parâmetro incidental (incidental parameter bias), principalmente quando o número dos cross sections é grande. As evidências indicam uma grande imprecisão nos parâmetros estimados nos modelos completamente heterogêneos (fully heterogeneous model), nos quais os parâmetros podem mudar de acordo com cada unidade (Baltagi e Griffing 1997).

Neste trabalho utiliza-se o processo de clusterização sugerido por Sarafidis e Weber (2015). Neste procedimento, as unidades transversais são previamente agrupadas em grupos (clusters) distintos. Depois é aplicado o método dos efeitos fixos, obtendo-se estimativas dos parâmetros de inclinação para cada cluster, ou seja, dentro de um mesmo grupo os coeficientes são homogêneos e toda heterogeneidade intra-cluster é atribuída aos efeitos específicos individuais e/ou temporais não observados.

Os grupos são formados através do seguinte método. Primeiro as unidades são agrupadas em um número fixo de clusters através de uma partição inicial. Em seguida, cada unidade é realocada nos demais clusters. Esse procedimento é realizado até que a partição final minimize a soma dos quadrados dos erros (RSS) do modelo estimado. O número de clusters é determinado pela solução que minimiza o RSS sujeito a uma função de penalidade (estritamente) crescente no número de clusters, baseada na estrutura de um critério de informação.

Os autores demonstram que o critério proposto é consistente. Em outras palavras, esse procedimento estima o número real de clusters com probabilidade um à medida que N cresce, para qualquer T fixo.

Desta maneira, o presente estudo criou grupos em relação às variações climáticas e às notas de português e matemática para as cinco regiões brasileiras. Para cada região nacional,

os municípios foram clusterizados levando em conta o seguinte conjunto de características: primeira clusterização, agrupamentos de municípios que têm características similares no clima e no desempenho em português; segunda clusterização, agrupamentos de municípios que têm características similares no clima e no desempenho em matemática.

2.3.2 Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos

A função de produção educacional do ensino fundamental municipal brasileiro foi estimada por meio de modelo de efeito fixo usando dados em painel, que considera a heterogeneidade não-observada como uma das fontes de endogeneidade e assume que a covariância entre esses fatores e o vetor de variáveis explicativas é diferente de zero. Dessa maneira, é possível eliminar a heterogeneidade não-observada constante no tempo. Os autores Menezes-Filho e Komatsu (2018) explicam que essa metodologia elimina os efeitos fixos no tempo do modelo de regressão que poderiam impactar na variável explicativa.

Seja o seguinte modelo de função de produção educacional a ser estimado por efeitos fixos:

$$Y_{it} = \beta_{kt}X_{it} + c_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Em que, Y_{it} é a variável dependente referente ao desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental público da rede municipal, representado pela nota média de matemática e português na Prova Brasil dos alunos do 5º ano das escolas públicas da rede municipal do município i no ano t , X_{it} é um vetor de variáveis explicativas composto pelas seguintes variáveis: (1) $N^\circ\text{alunos}5^\circ / N^\circ\text{turmas}5^\circ$, indicador do número de alunos por número de turmas, no 5º ano das escolas públicas da rede municipal; (2) $N^\circ\text{docentesai}/\text{alunosai}$, indicador do Número de docentes por estudantes nos anos iniciais (1º ao 5º ano) das escolas públicas da rede municipal; (3) $\text{Gastoef}/N^\circ\text{estudantesef}$, que é uma medida do gasto municipal anual por estudante do ensino fundamental; (4) Densidade demográfica, tamanho da área do município dividido pela população do município; (5) Dengue, número de casos de dengue confirmados por município; (6) variação climática calculada a partir do Índice de Precipitação-Evapotranspiração Padronizado (SPEI), indicando que, quanto mais negativo o índice de precipitação, maior o déficit hídrico do município.

Desta forma, para desenvolver o modelo econométrico se realizam dois passos. Primeiramente, calcula-se a média da equação (1), na qual Y_{it} refere-se à variável dependente, i é a unidade de corte transversal e t o período de tempo, X_{it} é o vetor de variáveis explicativas. A variável c_i capta todos os fatores não observados da unidade de corte transversal constantes

no tempo que impactam na variável explicativa X_{it} . Também representa outros fatores que podem ser, aproximadamente, constantes no período de dois anos, como as características da população, raça e escolaridade. A variável ε_{it} se refere aos fatores não observados que impactam Y_{it} e que variam no tempo. Após a elaboração do primeiro passo, encontra-se a equação (2):

$$Y_i = \beta_k X_i + c_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

A seguir, subtrai-se (2) – (1) para cada t , como mostrado na equação (3):

$$Y_{it} - Y_i = \beta_k (X_{it} - X_i) + c_i - c_i + (\varepsilon_{it} - \varepsilon_i) \quad (3)$$

Dessa forma, obtém-se a equação transformada de efeitos fixos (3) e que se encontra representada de forma reduzida na equação (4):

$$\ddot{Y}_i = \beta_k \ddot{X}_{it} + \ddot{\varepsilon}_i \quad (4)$$

2.3.3 Base de dados

Nesta seção, serão apresentadas a base de dados utilizada no processo de clusterização baseado na variável de variação climática e, posteriormente, as informações usadas na estimação através dos Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos.

Neste estudo, foi elaborada uma clusterização (agrupamento de municípios) de subgrupos amostrais baseado na variável de variação climática, o Índice de Precipitação-Evapotranspiração Padronizado (SPEI) disponibilizado pela *Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment* (CORDEX). O índice é baseado na diferença entre os totais mensais/anuais de precipitação e evapotranspiração potencial, que apresenta um espectro infinito com variações de valores positivos e negativos. O SPEI permite avaliar a questão de excedente e de déficit hídrico. Para avaliar o impacto referente à ameaça climática de seca, vale a pena ressaltar que o indicador está voltado ao déficit de precipitação. Os valores de SPEI utilizados para o cálculo do indicador foram aqueles inferiores a -0.5 (valor limite para eventos de seca suave). Valores como -1, -1.5 e inferiores a -2 caracterizam eventos moderados, severos e extremamente secos, respectivamente. Vale a pena destacar, para este trabalho, a escala dessa variável foi alterada para permitir o cálculo de suas variações e analisar os resultados.

Após o processo de clusterização, foi estimada uma função de produção educacional em relação às notas de português e matemática para os alunos do 5º do ensino

fundamental público municipal. A base de dados utilizada na estimação totaliza 18.954 observações, composta por 3.159 municípios para os anos de 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 e 2021. Para viabilizar a estimação por Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos, essa base foi organizada em painéis balanceados para cada Região do Brasil, sendo os municípios as unidades dos painéis.

As variáveis dependentes se referem às notas médias municipais em matemática e português do 5º ano do ensino fundamental público da rede municipal. A base de dados foi extraída da Prova Brasil que se aplicada a cada dois anos pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), órgão vinculado ao Ministério da Educação (MEC).

As proficiências dos alunos do ensino fundamental em cada área, matemática e português, variam de 0 a 500 pontos. O INEP¹² apresenta os resultados de desempenho dos estudantes em escalas de proficiência distribuídas em níveis de 0 a 10, conforme

Tabela 2.1. As escalas são compostas por níveis de proficiências progressivos e acumulativos, o que significa que, ao demonstrarem o desenvolvimento de habilidades posicionado em um dos níveis da escala, os estudantes revelam ter conhecimento dos níveis anteriores.

Tabela 2.1 – Escala de proficiência de português e matemática – 5º ano

Nível	Português	Matemática
Nível 0	$0 \leq \text{média} < 125$	$0 \leq \text{média} < 125$
Nível 1	$125 \leq \text{média} < 150$	$125 \leq \text{média} < 150$
Nível 2	$150 \leq \text{média} < 175$	$150 \leq \text{média} < 175$
Nível 3	$175 \leq \text{média} < 200$	$175 \leq \text{média} < 200$
Nível 4	$200 \leq \text{média} < 225$	$200 \leq \text{média} < 225$
Nível 5	$225 \leq \text{média} < 250$	$225 \leq \text{média} < 250$
Nível 6	$250 \leq \text{média} < 275$	$250 \leq \text{média} < 275$
Nível 7	$275 \leq \text{média} < 300$	$275 \leq \text{média} < 300$
Nível 8	$300 \leq \text{média} < 325$	$300 \leq \text{média} < 325$
Nível 9	$325 \leq \text{média}$	$325 \leq \text{média} < 350$
Nível 10	-	$350 \leq \text{média} \leq 500$

Fonte: Elaboração própria a partir de Daeb/Inep (2018c).

No que tange às variáveis explicativas, os dados sobre a quantidade de docentes, o total de matrículas e a quantidade de turmas foram extraídos do Censo Escolar da Educação

¹² O Inep agrupa as competências dos alunos em categorias de acordo com a nota obtida na Prova Brasil. Para maiores informações, consultar o endereço: < [Escala Saeb.indd \(inep.gov.br\)](#)>.

Básica, que é atualizado anualmente pelo INEP, e os dados de gastos municipais com educação fundamental foram coletados na base FINBRA (Finanças Municipais) do Tesouro Nacional.

Por fim, os dados sobre a área e a população municipal foram extraídos das bases do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A variável “Incidência de dengue”, por município, foi obtida junto ao Ministério da Saúde. Esses dados foram utilizados para construir as variáveis dependentes e explicativas que se encontram descritas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Definição das variáveis

Variáveis		Definição	Fonte
Dependentes	Nota matemática 5°	Nota média de matemática na Prova Brasil dos alunos do 5° ano das escolas públicas da rede municipal.	INEP
	Nota português 5°	Nota média de português na Prova Brasil dos alunos do 5° ano das escolas públicas da rede municipal.	INEP
Explicativas	$N^{\circ} \text{alunos}_{5^{\circ}} / N^{\circ} \text{turmas}_{5^{\circ}}$	Número de alunos por número de turmas, no 5° ano das escolas públicas da rede municipal.	INEP
	$N^{\circ} \text{docentes}_{ai} / \text{alunos}_{ai}$	Número de docentes por estudantes nos anos iniciais (1° ao 5° ano) das escolas públicas da rede municipal.	INEP
	$N^{\circ} \text{docentes}_{ai} / \text{alunos}_{ai}$	Número de docentes por estudantes nos anos iniciais (1° ao 5° ano) das escolas públicas da rede municipal.	INEP
	$\text{Gasto}_{ci} / N^{\circ} \text{aluno}_{5^{\circ}}$	Gastos municipais anuais em educação fundamental (R\$ de 2021) por estudante dos anos iniciais e finais das escolas públicas da rede municipal.	FINBRA e INEP
	Densidade demográfica	Tamanho da área do município dividido pela população do município.	IBGE
	Dengue	Número de casos de dengue confirmados por município.	Ministério da Saúde
Variação climática	Quanto mais negativo o índice de precipitação, maior o déficit hídrico do município.	CORDEX	

Fonte: Elaboração própria

2.4 RESULTADOS

2.4.1 Análise Descritiva

Como destacado na seção anterior, para diminuir os efeitos da heterogeneidade dos municípios, foi utilizada uma metodologia de clusterização em relação às variações climáticas e às notas de português e matemática para as cinco regiões brasileiras.

Para iniciar a análise de agrupamentos, foram definidas a métrica de dissimilaridade (ou similaridade) entre os elementos e o método estatístico de formação dos grupos (hierárquico ou não hierárquico). Para cada região nacional, os municípios foram clusterizados levando em conta o seguinte conjunto de características: primeira clusterização, agrupamentos de municípios que têm características similares no clima e no desempenho em português; segunda clusterização, agrupamentos de municípios que têm características similares no clima e no desempenho em matemática.

A aplicação da clusterização nas estimativas adotadas neste estudo busca reduzir os efeitos da heterogeneidade estrutural existente entre os municípios, permitindo agrupar aqueles que apresentam condições climáticas e níveis de desempenho escolar semelhantes. Esse procedimento contribui para minimizar o viés decorrente da comparação entre localidades com características muito distintas, além de aumentar a consistência das estimativas obtidas. Com isso, é possível analisar o efeito das variáveis de interesse em grupos mais homogêneos, preservando as especificidades regionais e assegurando maior comparabilidade interna entre os resultados.

Nos gráficos das Figuras 2.1 a 2.10, essa melhoria aparece de forma visualmente clara pela distinção entre as duas linhas: as linhas descontínuas representam as estimativas obtidas com a aplicação da clusterização, enquanto as linhas contínuas correspondem às estimativas sem clusterização. Em todas as regiões, observa-se que o traçado descontínuo acompanha melhor o comportamento da população estimada, com inclinações e níveis mais aderentes aos padrões observados. As figuras apresentam para cada grande região do país a clusterização aplicada separadamente para Português e Matemática. Os clusters foram numerados de 1 a 8, mas a numeração não têm equivalência entre regiões, isto é, cluster 1 no Norte não é comparável a “cluster 1” no Sudeste. A interpretação, portanto, deve ser regional e específica por disciplina.

Nos gráficos referentes à região Norte, a linha descontínua apresenta aderência superior ao padrão da população estimada quando comparada ao traçado contínuo. A clusterização separa capitais e municípios ribeirinhos (com infraestrutura e acessibilidade relativamente melhores) dos núcleos remotos do interior amazônico (marcados por dispersão populacional, maiores custos logísticos e escolas pequenas). A clusterização reduz o ruído sistemático que, sem clusterização, “puxa” a curva para uma média artificial, gerando inclinações e níveis menos informativos. O resultado é um ajuste visualmente mais fiel às variações intra-regionais, sobretudo em Matemática, onde as heterogeneidades estruturais pesam mais.

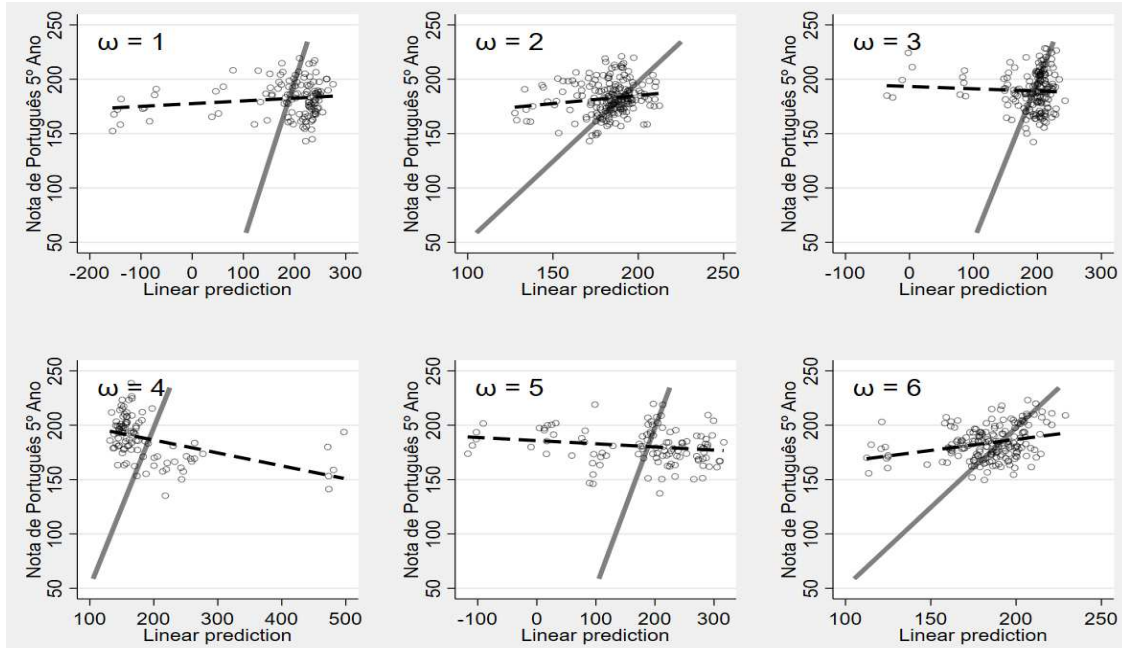
No Nordeste, a linha descontínua também se ajusta melhor à população estimada porque a clusterização evita que o desempenho de polos litorâneos e metropolitanos seja indevidamente “misturado” ao dos municípios do semiárido e do agreste. Sem esse controle, a linha contínuo suaviza excessivamente a curva, subestimando quedas associadas a contextos mais adversos e superestimando localidades intermediárias por efeito de média. Com a segregação em grupos comparáveis, o traçado descontínuo acompanha com mais precisão as diferenças entre áreas urbanas mais estruturadas e territórios interioranos.

No Centro-Oeste, a superioridade do ajuste descontínuo decorre de separar grandes centros (Goiânia, Cuiabá, Campo Grande) de áreas de fronteira agrícola e baixa densidade. A especificação sem clusterização tende a sobrepor padrões de municípios muito distintos, “achatando” a relação estimada. A clusterização, ao reduzir a heterogeneidade interna de cada grupo, produz uma curva que acompanha melhor o comportamento dos polos urbanos e, simultaneamente, dos municípios rurais, diminuindo o viés de agregação e conferindo maior estabilidade ao perfil estimado.

No Sudeste, o traçado descontínuo mostra maior adequação por distinguir explicitamente regiões metropolitanas (com redes mais estruturadas) de interiores menos favorecidos, em especial no norte de Minas e em áreas rurais do Espírito Santo. Sem clusterização, o peso das capitais e grandes centros desloca a linha contínua para cima e reduz sua sensibilidade às variações do interior. Ao condicionar a estimação por grupos comparáveis, a curva descontínua recupera um perfil mais responsivo às diferenças internas, sobretudo na comparação entre Português (mais homogêneo) e Matemática (mais sensível a condições estruturais).

Mesmo em um contexto regional de menor heterogeneidade, como o Sul, a linha descontínua apresenta ajuste mais aderente à população estimada. Isso porque a clusterização permite captar diferenças sutis, como aquelas existentes entre os municípios de maior desempenho no Paraná e em Santa Catarina e áreas específicas do interior do Rio Grande do Sul com condições menos favoráveis. Sem essa segmentação, a estimativa tende a suavizar excessivamente essas variações, mascarando nuances importantes para a compreensão do desempenho escolar na região.

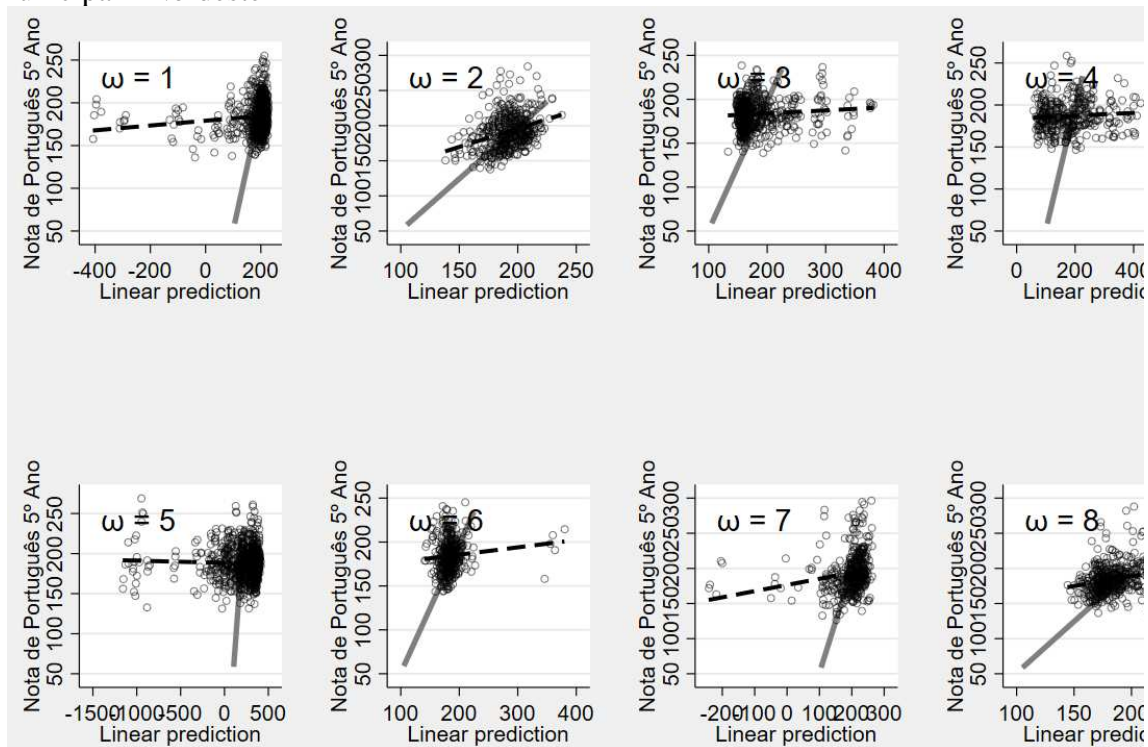
Figura 2.1 – Distribuição das notas médias de português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal – Norte



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Na região Norte, foram estimados 6 clusters que foram definidos pela métrica de formação dos grupos (hierárquico).

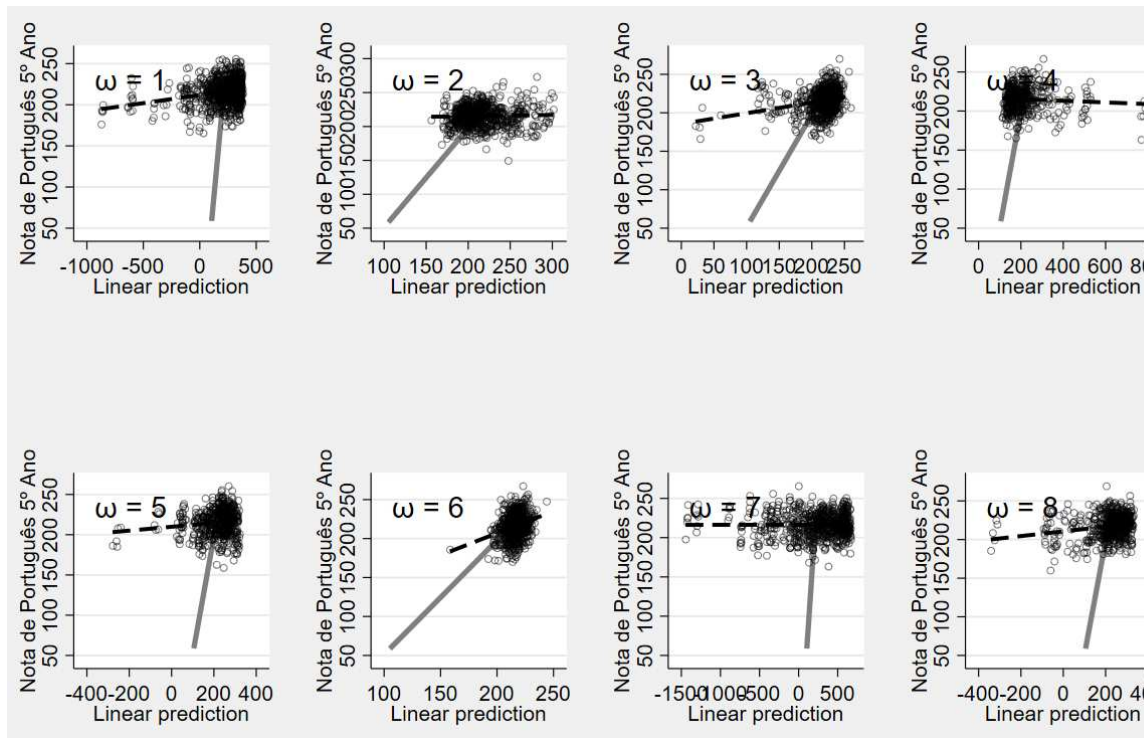
Figura 2.2 – Distribuição das notas médias de português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal - Nordeste



Fonte: Elaboração própria.

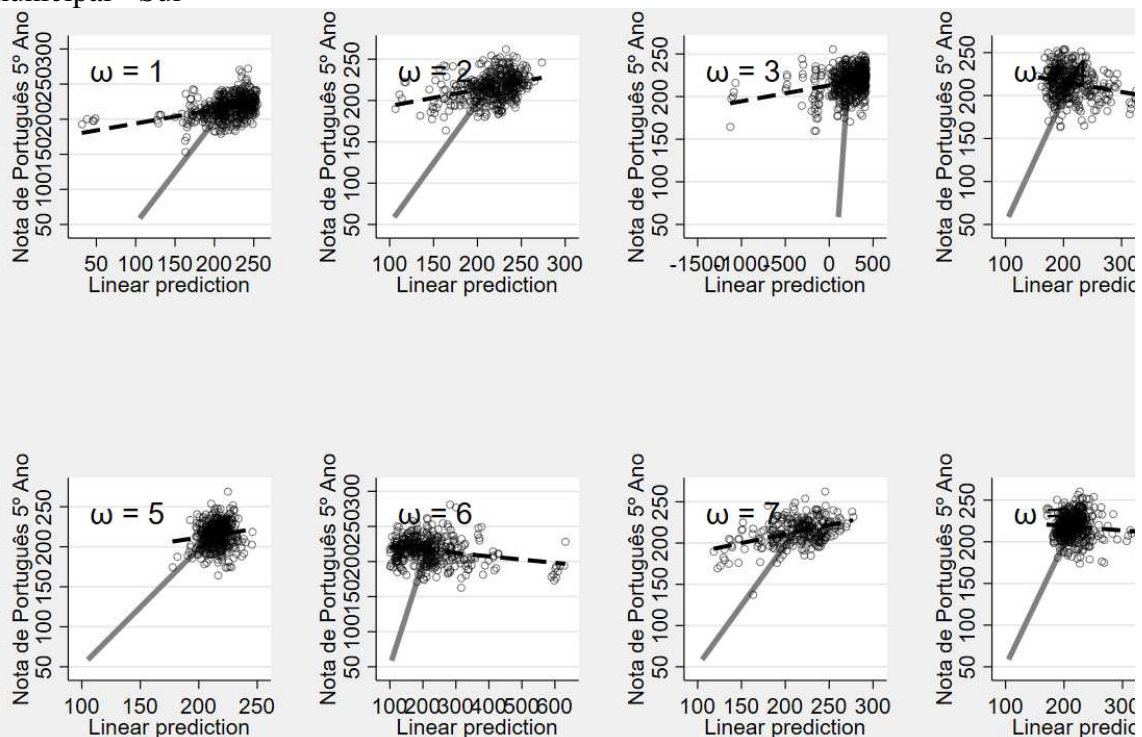
Nota: Na região Nordeste, foram estimados 8 clusters que foram definidos pela métrica de formação dos grupos (hierárquico).

Figura 2.3 – Distribuição das notas médias de português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal - Sudeste



Fonte: Elaboração própria. Nota: Na região Sudeste, foram estimados 8 clusters que foram definidos pela métrica de formação dos grupos (hierárquico).

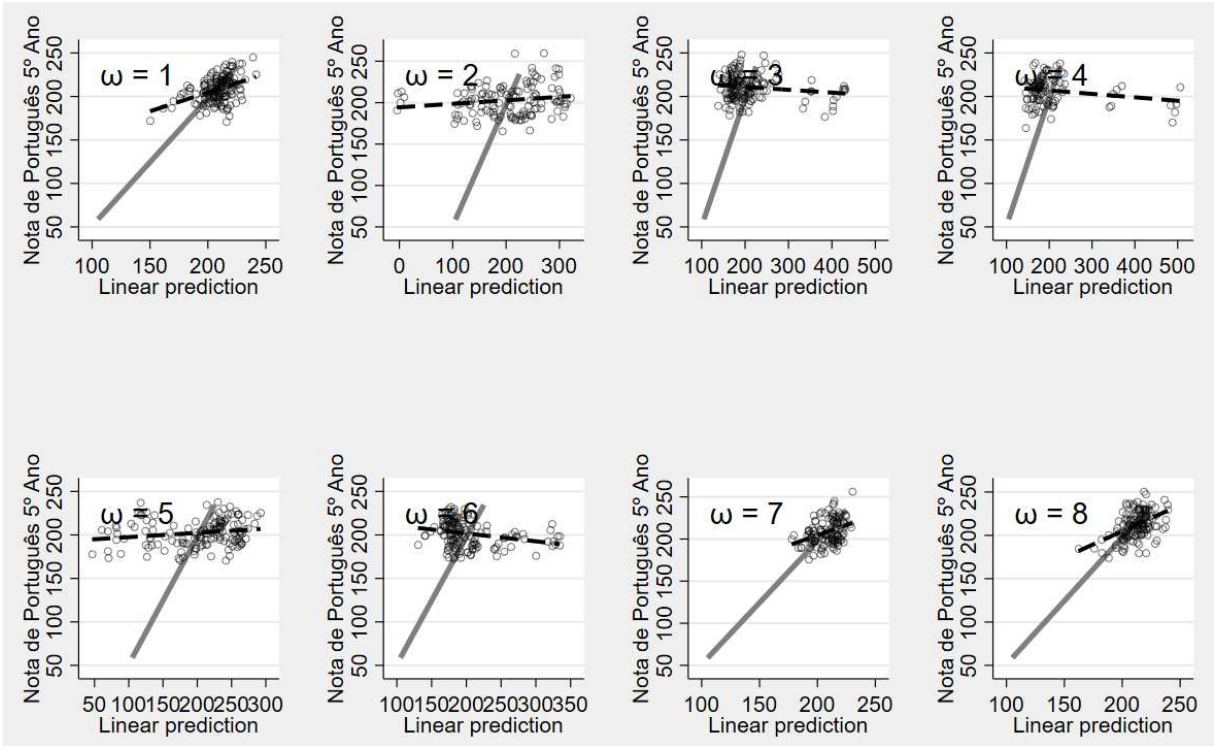
Figura 2.4 – Distribuição das notas médias de português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal - Sul



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Na região Sul, foram estimados 8 clusters que foram definidos pela métrica de formação dos grupos (hierárquico).

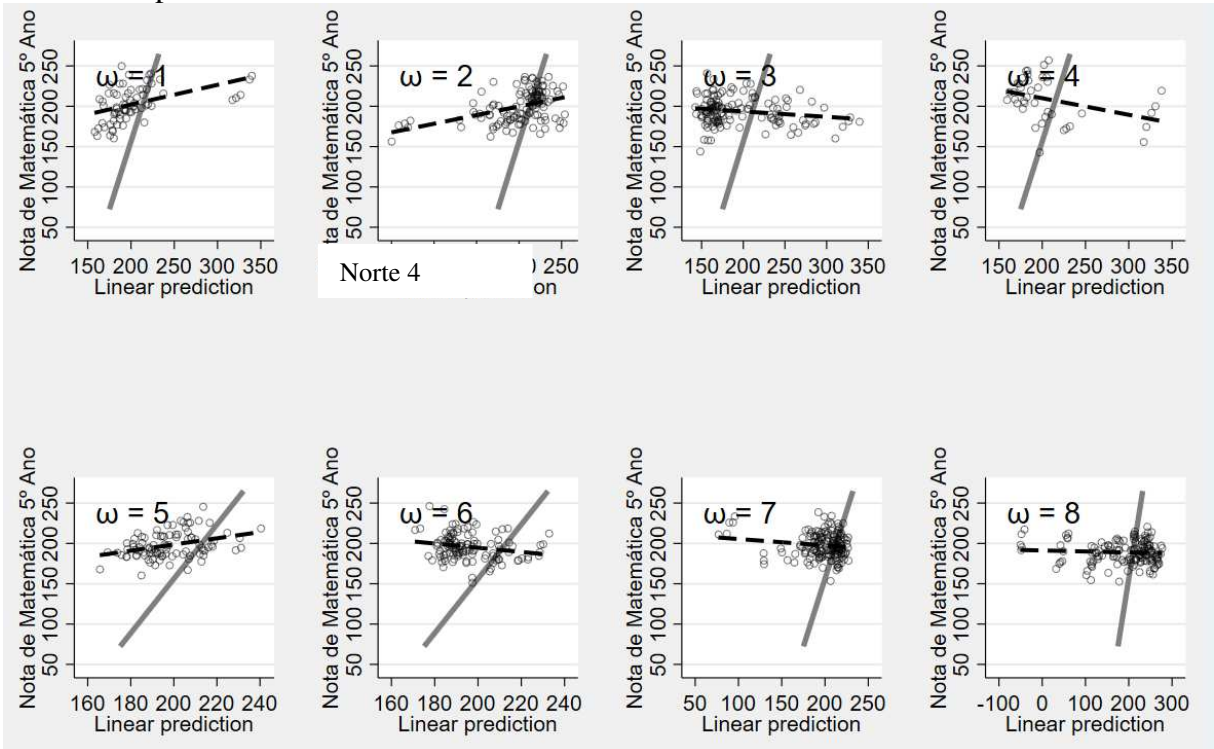
Figura 2.5 – Distribuição das notas médias de português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal – Centro Oeste



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Na região Centro Oeste, foram estimados 8 clusters que foram definidos pela métrica de formação dos grupos (hierárquico).

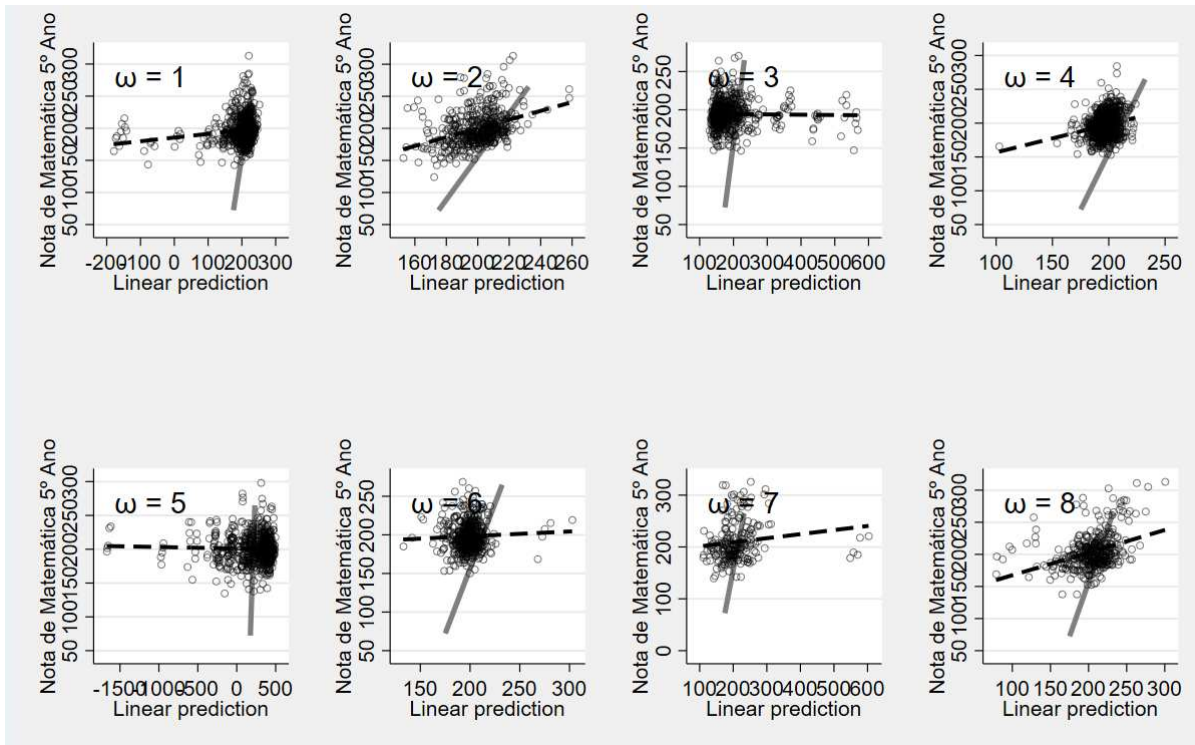
Figura 2.6 – Distribuição das notas médias de matemática do 5º ano das escolas públicas da rede municipal – Norte



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Na região Norte, foram estimados 8 clusters que foram definidos pela métrica de formação dos grupos (hierárquico).

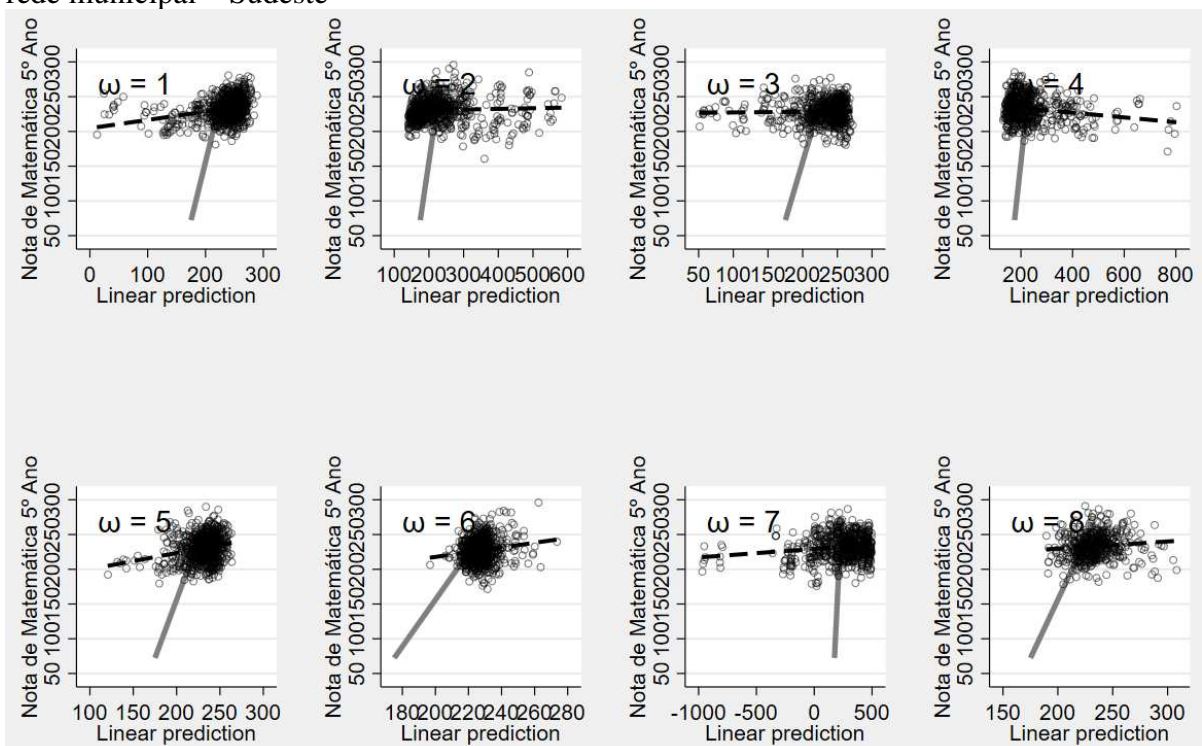
Figura 2.7 – Distribuição das notas médias de matemática do 5º ano das escolas públicas da rede municipal - Nordeste



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Na região Nordeste, foram estimados 8 clusters que foram definidos pela métrica de formação dos grupos (hierárquico).

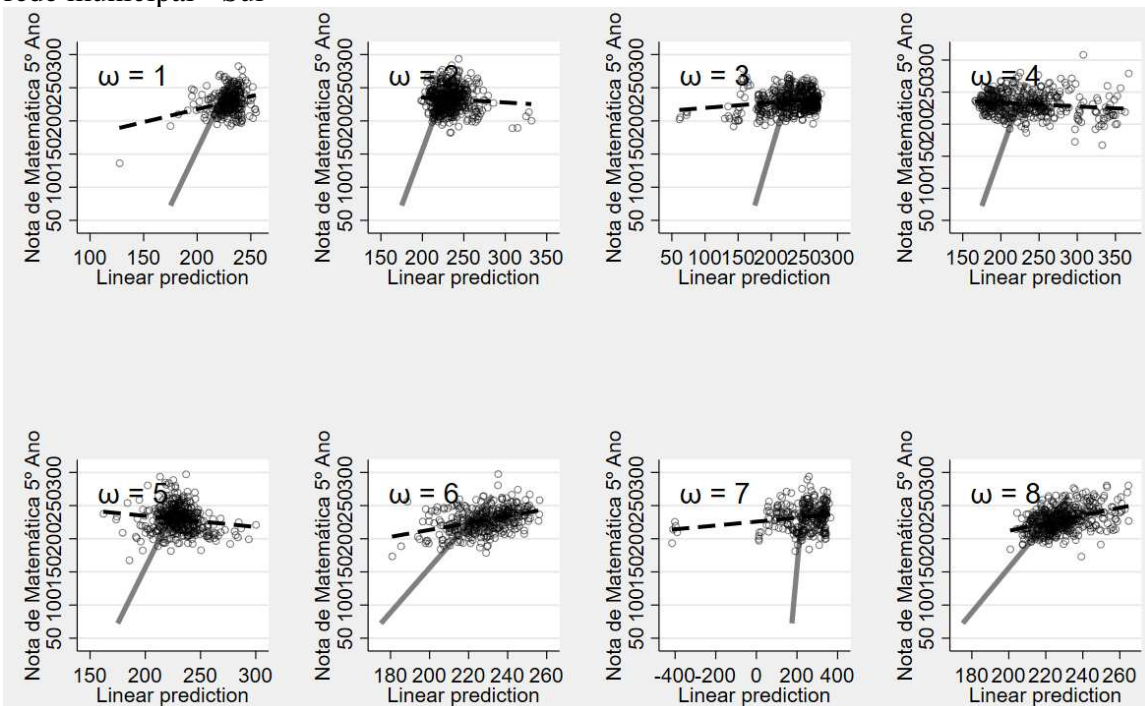
Figura 2.8 – Distribuição das notas médias de matemática do 5º ano das escolas públicas da rede municipal – Sudeste



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Na região Sudeste, foram estimados 8 clusters que foram definidos pela métrica de formação dos grupos (hierárquico).

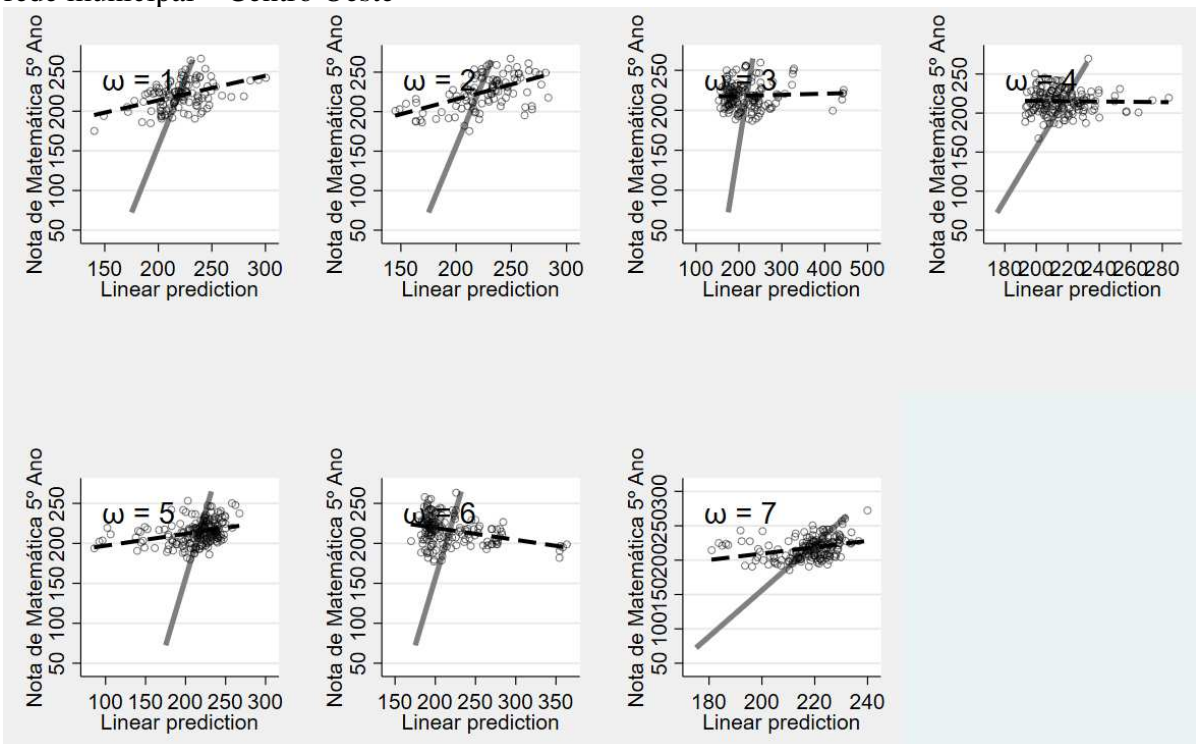
Figura 2.9 – Distribuição das notas médias de matemática do 5º ano das escolas públicas da rede municipal - Sul



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Na região Sul, foram estimados 8 clusters que foram definidos pela métrica de formação dos grupos (hierárquico).

Figura 2.10 – Distribuição das notas médias de matemática do 5º ano das escolas públicas da rede municipal – Centro Oeste



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Na região Centro Oeste, foram estimados 7 clusters que foram definidos pela métrica de formação dos grupos (hierárquico).

Como destacado na seção anterior, para diminuir os efeitos da heterogeneidade dos municípios, foi utilizada uma metodologia de clusterização em relação às variações climáticas e às notas de português e matemática para as cinco regiões brasileiras. Desta maneira, para cada região nacional, os municípios foram clusterizados levando em conta o seguinte conjunto de características: primeira clusterização, agrupamentos de municípios que têm características similares no clima e no desempenho em português; segunda clusterização, agrupamentos de municípios que têm características similares no clima e no desempenho em matemática.

Nas Figura 2.11 a 2.5, apresentam-se os mapas referentes à clusterização das cinco regiões para português e matemática. Por simplificação, os *clusters* foram enumerados de um a oito com suas respectivas cores por região. Entretanto, vale a pena salientar, que os *clusters* com os mesmos números no título e cores, não guardam as mesmas características. Deve-se ressaltar que os *clusters* entre diferentes regiões são independentes. Em outras palavras, o cluster X das diferentes regiões não guardam obrigatoriamente nenhuma característica em comum e foram selecionados de forma independente de uma das outras.

Sobre a Região Norte, evidencia uma divisão espacial clara entre áreas urbanas ribeirinhas e o interior remoto. Os clusters de maior desempenho concentram-se nas capitais e nos municípios localizados ao longo dos grandes rios navegáveis, como Belém, Manaus e Macapá, que apresentam SPEI médio entre $-0,5$ e $0,0$, indicando balanço hídrico mais equilibrado, e alcançam médias de até 190 pontos em Português e acima de 202 pontos em Matemática. Em contraste, o interior do Amazonas, Roraima e Acre abriga clusters de baixo desempenho, com SPEI variando de $-1,8$ a $-2,4$, caracterizando déficit hídrico severo, e médias de Português abaixo de 185 pontos e de Matemática inferiores a 198 pontos. Essas áreas combinam limitações climáticas com isolamento geográfico. Os clusters presentes em áreas de transição climática ou em municípios com melhor acesso rodoviário, apresentam SPEI moderadamente negativo (em torno de $-1,0$ a $-1,5$) e desempenho próximo a 186 pontos em Português e 200 em Matemática, funcionando como zonas onde políticas municipais e estaduais de alfabetização conseguem mitigar parcialmente os efeitos adversos do clima, mas sem eliminar as desigualdades.

No Nordeste, os clusters apresentam uma segmentação marcante entre o litoral úmido e o semiárido seco. Os clusters de alto desempenho estão concentrados no litoral leste e nas regiões metropolitanas, como Fortaleza, Recife e Salvador, caracterizados por SPEI próximo de zero, médias de Português entre 214 e 217 pontos e de Matemática acima de 230 pontos. Clusters localizados em áreas entre o agreste e o semiárido, apresentam SPEI em torno

de $-1,0$ a $-1,5$, médias de Português próximas a 210 e 212 pontos e de Matemática entre 210 e 220 pontos, revelando que mesmo em condições climáticas moderadamente adversas é possível alcançar resultados consistentes. Por outro lado, os clusters de baixo desempenho concentram-se no semiárido profundo, abrangendo áreas do interior do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia e Piauí, onde o SPEI chega a $-2,8$ e as médias caem para menos de 205 pontos em Português e 200 em Matemática. Nesses contextos, as limitações climáticas se somam à dispersão geográfica, à infraestrutura precária e à alta rotatividade docente, resultando em baixo aproveitamento escolar, especialmente em Matemática.

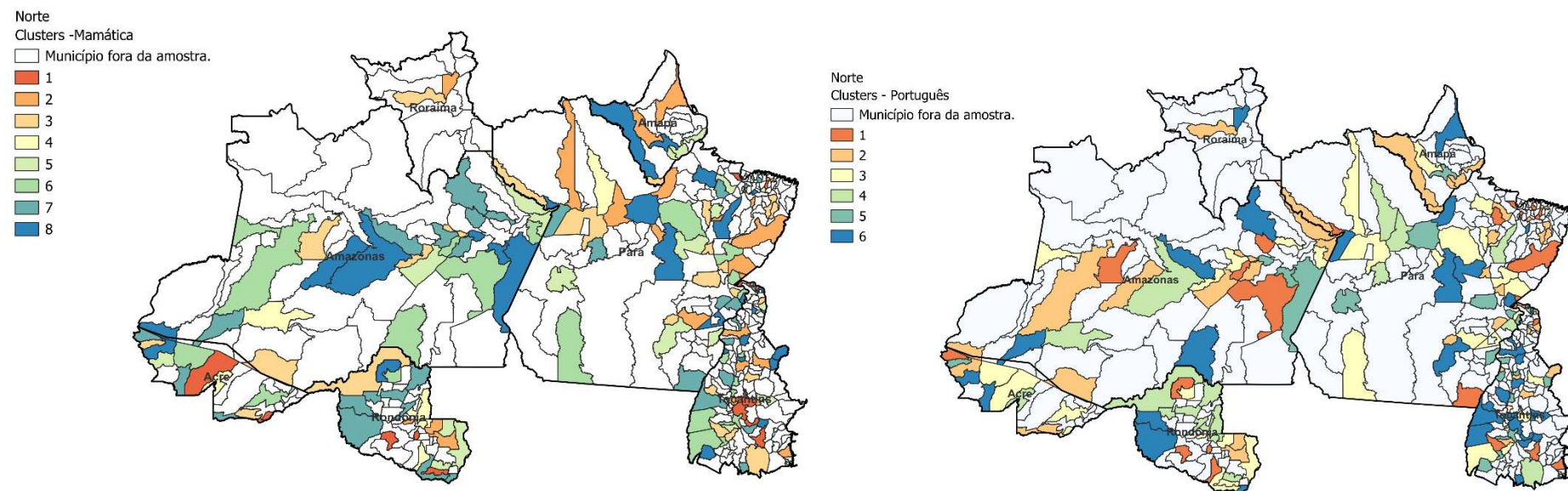
Na Região Centro-Oeste, a análise dos clusters revela um elevado contraste entre os centros urbanos consolidados e as áreas de fronteira agrícola, refletindo diferenças significativas tanto no SPEI quanto no desempenho escolar. Os clusters de alto desempenho escolar estão associados às capitais e polos regionais, como Goiânia, Cuiabá e Campo Grande, que apresentam SPEI próximo de zero ou levemente negativo (em torno de $-0,3$) e médias de Português próximas a 214 e 216 pontos e de Matemática superiores a 228 pontos. Clusters presentes em municípios que registram SPEI em torno de $-1,0$, alcançaram desempenho em Português próximo de 210 pontos e em Matemática entre 204 e 208 pontos, revelando algum impacto do déficit hídrico, mas com potencial de recuperação mediante políticas específicas. Já os clusters de baixo desempenho escolar estão localizados principalmente no norte de Mato Grosso e no oeste de Mato Grosso do Sul, com SPEI de $-1,5$ a $-1,8$ e médias de Português abaixo de 205 pontos e de Matemática inferiores a 202 pontos, refletindo isolamento, baixa densidade populacional.

No Sudeste, a distribuição dos clusters reflete uma evidente desigualdade entre áreas metropolitanas e zonas rurais mais afastadas. Os clusters de maior desempenho escolar estão localizados nas regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte e Vitória, com SPEI neutro ou levemente negativo (cerca de $-0,5$) e médias de Português em torno de 217 pontos e de Matemática próximas de 233 pontos. Clusters que abrangem municípios do interior paulista e mineiro, apresentam SPEI entre $-0,8$ e $-1,2$ e desempenho semelhante em Português (média de 214 pontos) e ligeiramente inferior em Matemática (220–225 pontos). Já os clusters de baixo desempenho, localizados no norte de Minas Gerais e no interior do Espírito Santo, registram SPEI inferior a $-1,5$ e médias de Português abaixo de 210 pontos e de Matemática inferiores a 215 pontos.

A Região Sul apresenta a maior homogeneidade nos clusters e os melhores resultados médios do país. Os clusters de alto desempenho abrangem praticamente todo o Paraná e Santa Catarina, com SPEI neutro ou levemente positivo e médias de Português entre

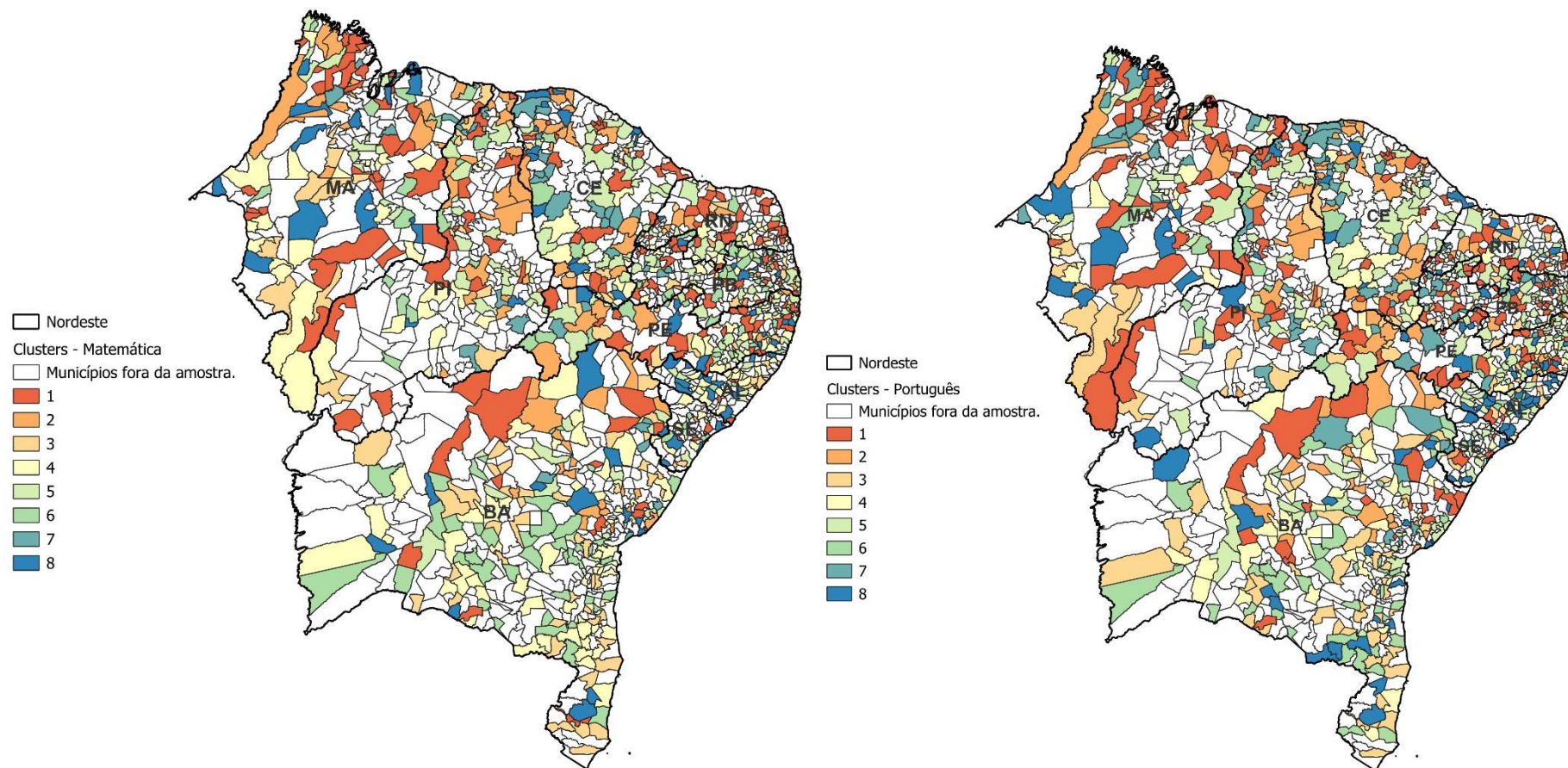
216 e 217 pontos e de Matemática acima de 230 pontos. No interior do Rio Grande do Sul, alguns clusters apresentam SPEI entre $-0,8$ e $-1,4$ e desempenho levemente inferior, com Português em torno de 215 pontos e Matemática variando de 218 a 222 pontos, sugerindo efeito moderado do déficit hídrico sobre a aprendizagem. Clusters de baixo desempenho são raros e restritos a pequenas áreas, não comprometendo a homogeneidade regional.

Figura 2.11 – Clusters - Norte

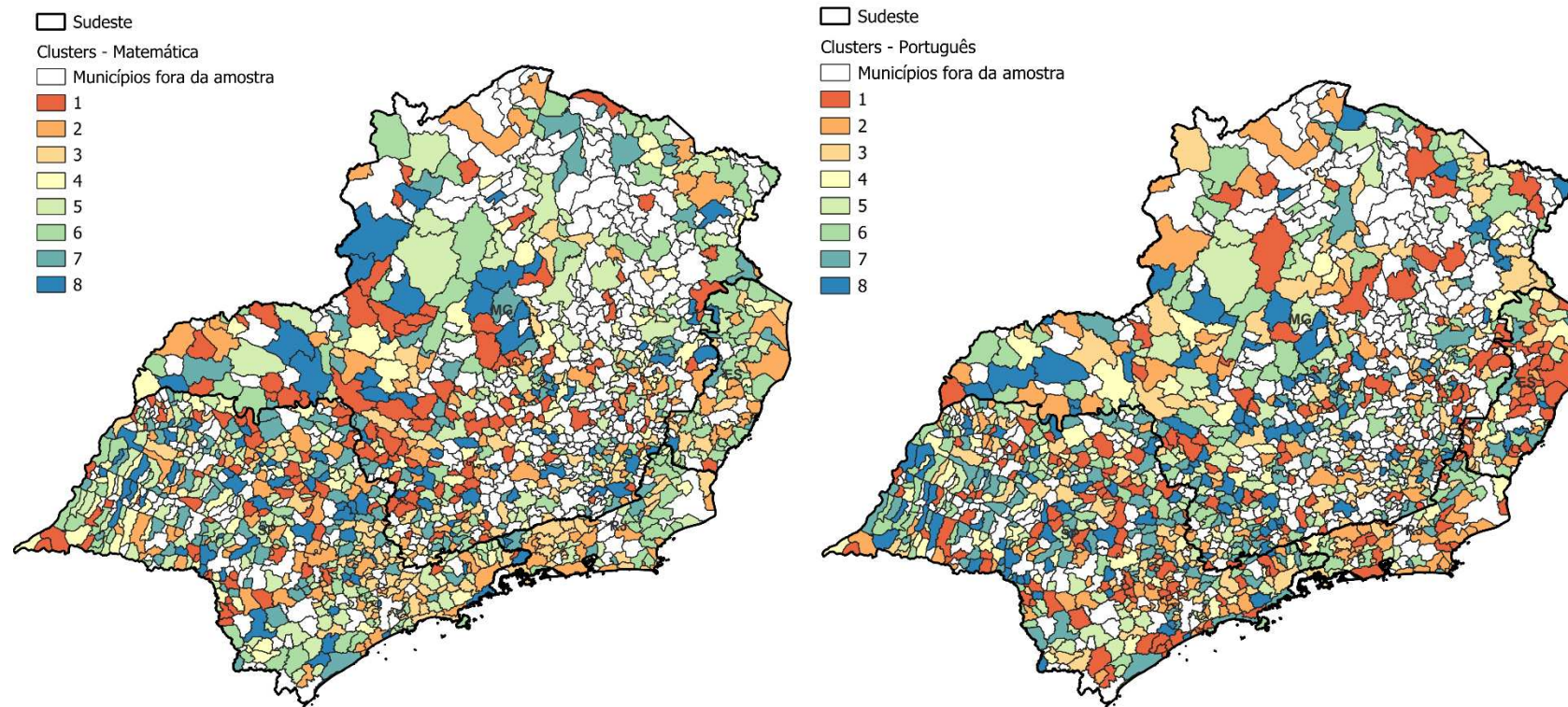


Fonte: Elaboração própria.

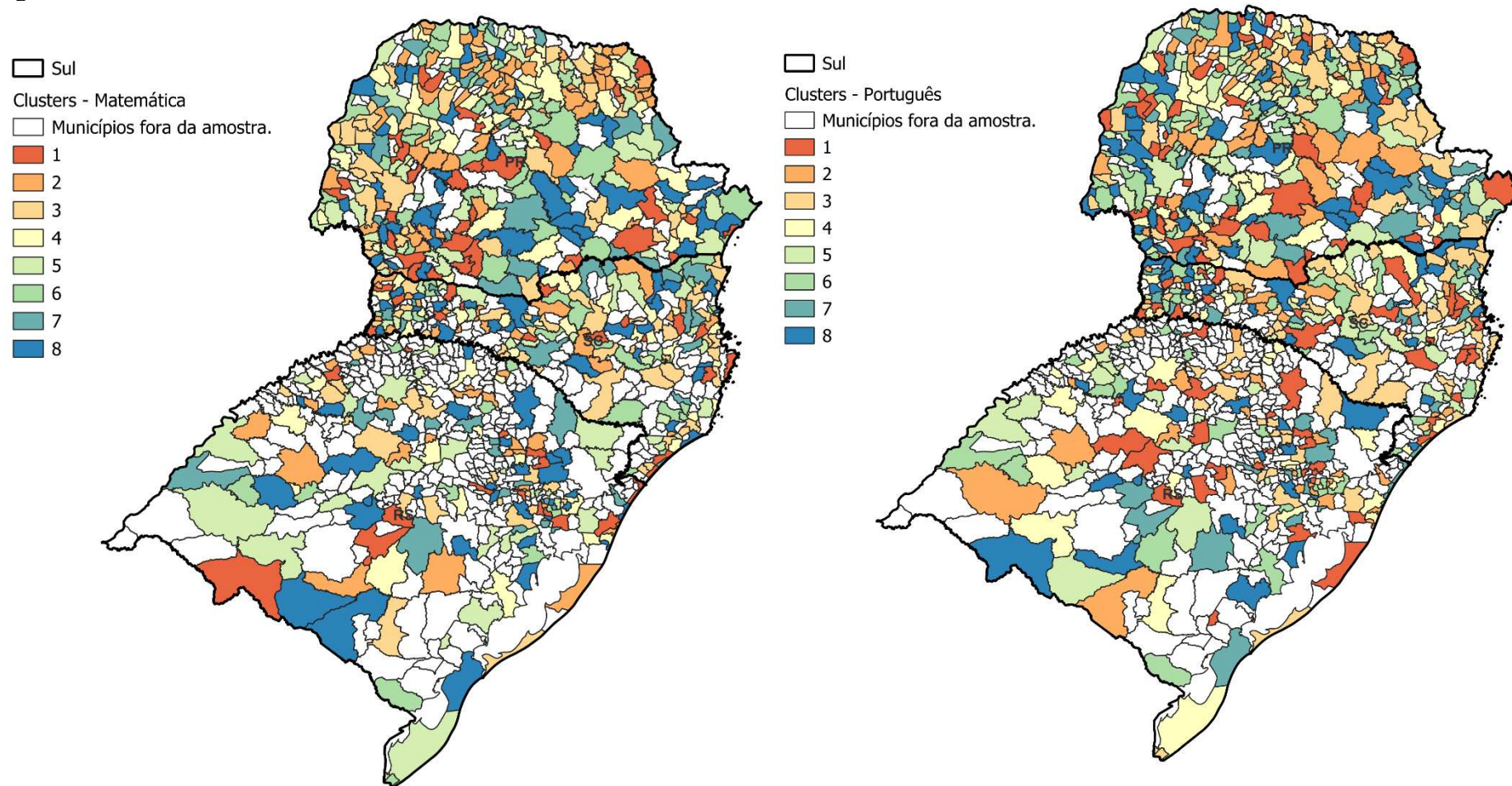
Figura 2.12 – Clusters - Nordeste



Fonte: Elaboração própria.

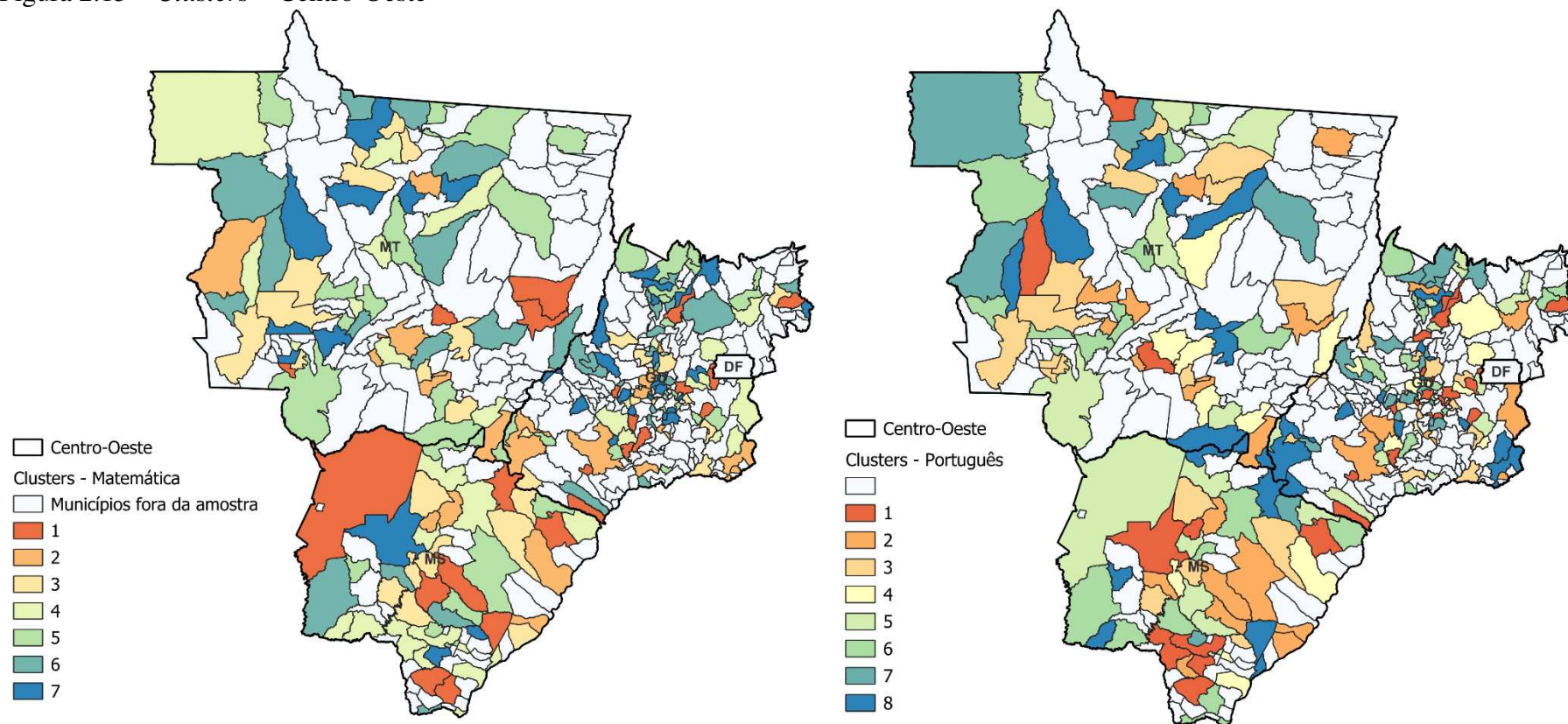
Figura 2.13 – *Clusters* - Sudeste

Fonte: Elaboração própria.

Figura 2.14 – *Clusters* - Sul

Fonte: Elaboração própria.

Figura 2.15 – Clusters – Centro-Oeste



Fonte: Elaboração própria.

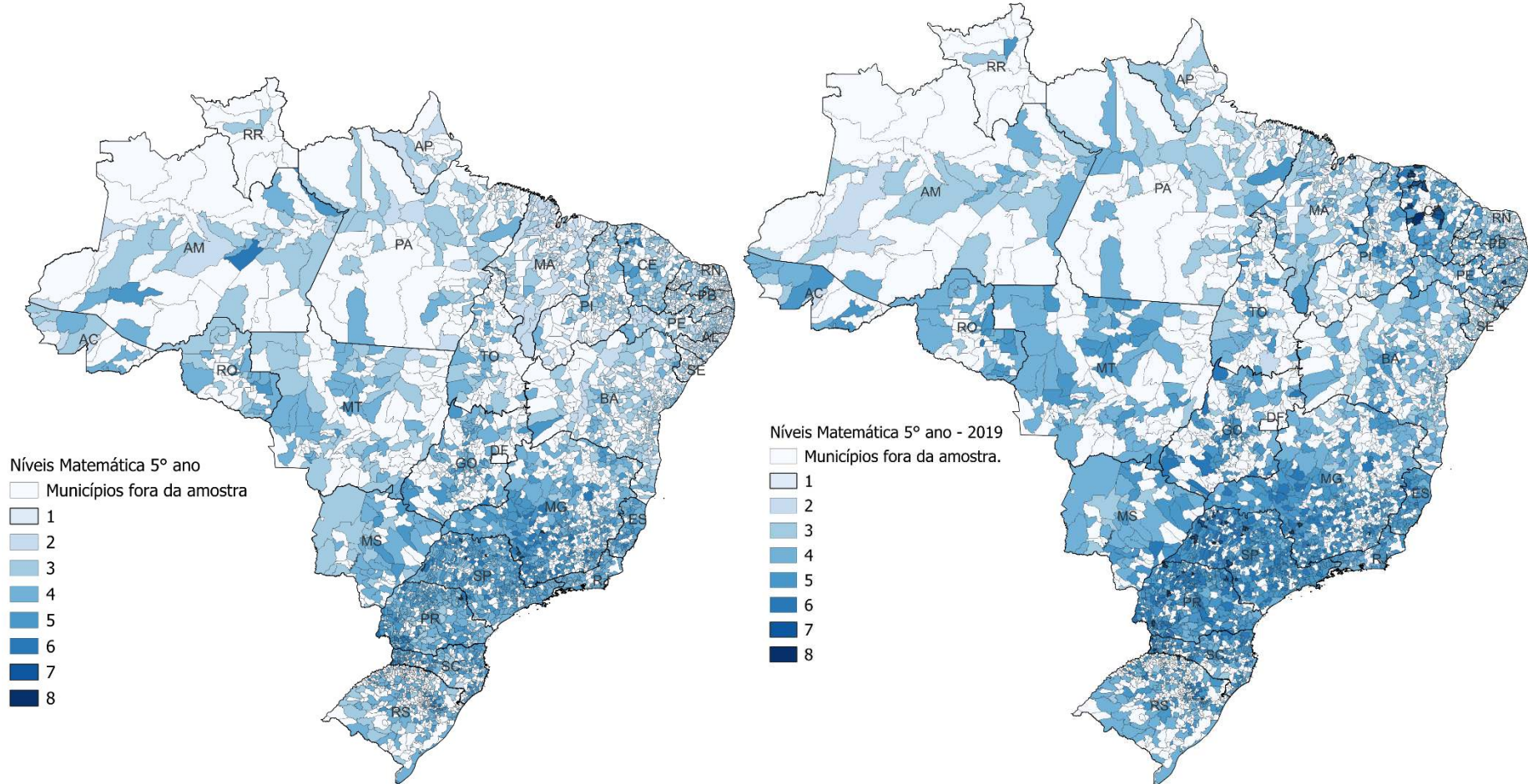
Com respeito à distribuição das notas médias de matemática dos alunos do 5º ano das escolas públicas da rede municipal nos anos 2011, 2019 e 2021, a Figura 2.16 apresenta as notas médias de todas as regiões segundo os níveis de proficiência (

Tabela 2.1). Em 2011, as Regiões Sudeste e Sul apresentaram resultados acima da média nacional. Em 2019, deve-se destacar a melhora significativa do Nordeste em relação a 2011 e, principalmente, os municípios do estado do Ceará.

Entretanto, no ano de 2020, o mundo foi afetado pelas consequências da pandemia da COVID-19. A pandemia foi considerada a pior crise sanitária mundial do último século. Consequentemente, afetando toda a rede escolar mundial. No caso do ensino fundamental brasileiro em 2021, na Figura 2.16 pode-se observar uma queda significativa nas médias das notas de matemática em todas as regiões em relação a 2019. Infelizmente, verifica-se que a pandemia da COVID-19 impactou diretamente nos resultados educacionais no ensino fundamental.

A Figura 2.17 se refere à distribuição das notas médias de português dos alunos do 5º ano das escolas públicas da rede municipal nos anos 2011, 2019 e 2021. Em 2011, assim como as notas de matemática, as Regiões Sudeste e Sul apresentam melhores resultados do que o restante do Brasil. Em 2019, de forma geral, pode-se verificar uma melhoria em todas as regiões brasileiras. Vale a pena destacar, entretanto, que diferentemente do que ocorreu com as notas de matemáticas, em 2021, não houve uma queda significativa nos níveis de proficiência de português.

Figura 2.16 – Níveis de proficiência de matemática do 5º ano das escolas públicas da rede municipal no Brasil - 2011 e 2019

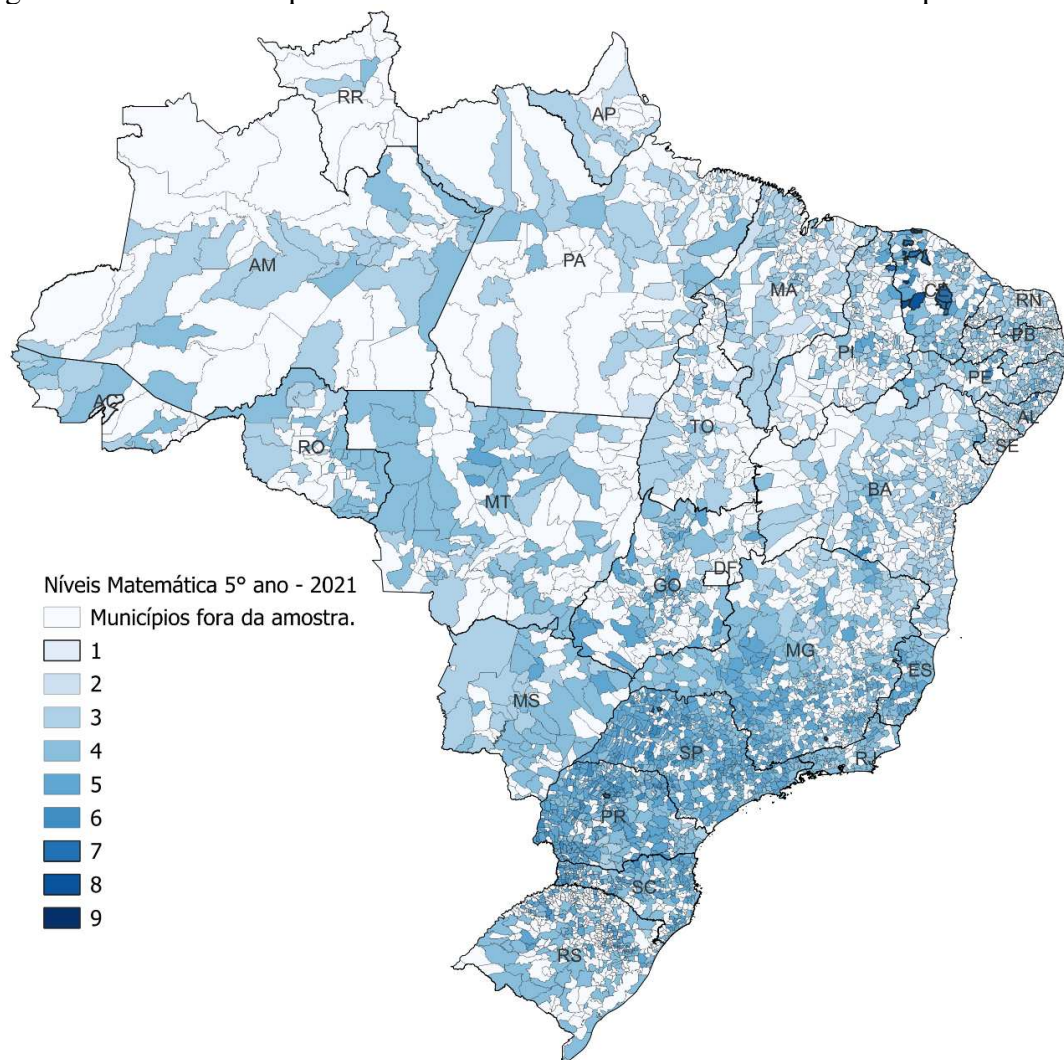


Fonte: Elaboração própria.

Nota: Quanto maior o nível de proficiência, maior a nota média, conforme detalhado na

Tabela 2.1.

Figura 2.17 – Níveis de proficiência de matemática do 5º ano das escolas públicas da rede municipal no Brasil - 2021

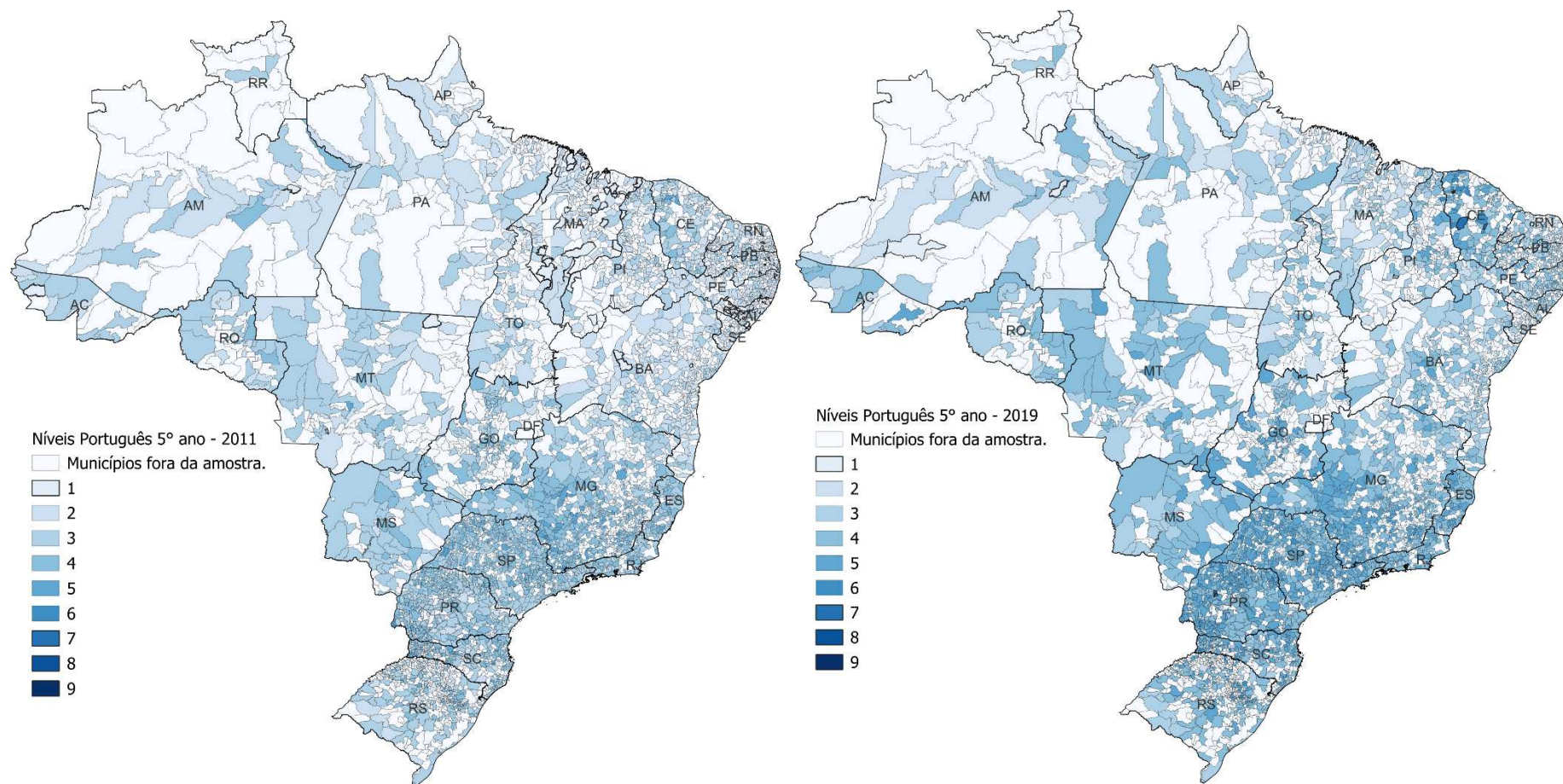


Fonte: Elaboração própria.

Nota: Quanto maior o nível de proficiência, maior a nota média, conforme detalhado na

Tabela 2.1.

Figura 2.18 – Níveis de proficiência de português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal no Brasil - 2011 e 2019

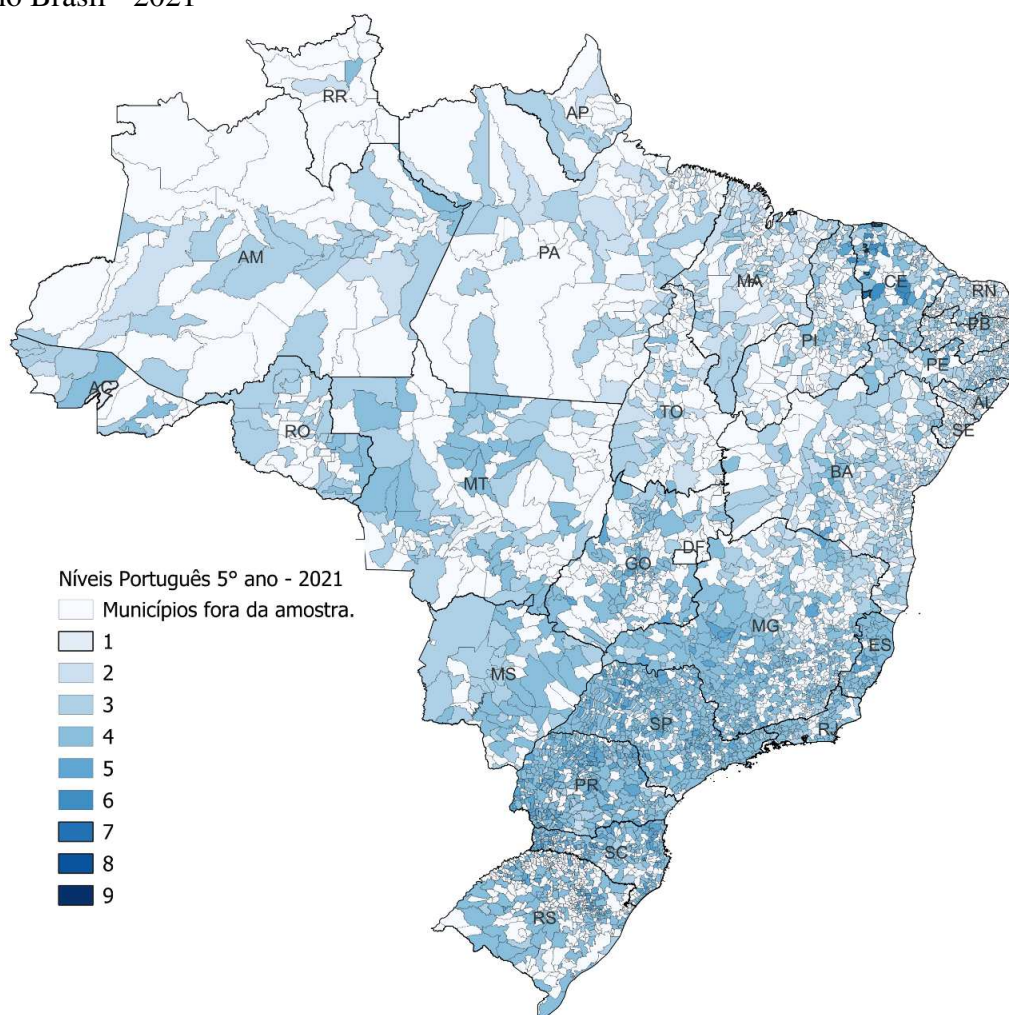


Fonte: Elaboração própria.

Nota: Quanto maior o nível de proficiência, maior a nota média, conforme detalhado na

Tabela 2.1.

Figura 2.19 – Níveis de proficiência de português do 5º ano das escolas públicas da rede municipal no Brasil - 2021



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Quanto maior o nível de proficiência, maior a nota média, conforme detalhado na

Tabela 2.1.

Em relação às variáveis de insumos educacionais, o painel dos 3.159 municípios no período de 2011 a 2021 indica que o gasto municipal médio por estudante do ensino fundamental é, aproximadamente, R\$ 17 mil (em R\$ de 2021). Conforme os resultados apresentados na Tabela 2.2 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Norte (1/2) a Tabela 2.30, observa-se que apenas, em média, os *clusters* das Regiões Sul e Sudeste apresentaram gasto municipal acima da média nacional. Os municípios do *cluster* quatro de português do Centro-Oeste apresentaram o maior gasto por estudante (R\$ 40.292) e esse valor equivale a 2,32 vezes o gasto médio municipal no Brasil.

Vale a ressaltar que o Município de Sobral se encontra no *Cluster* dois no Nordeste em português e matemática. Os dois respectivos *clusters* registraram gasto médio por estudante

no ensino fundamental de R\$ 6.142 e R\$ 7.021, o que representa 35% e 40% da média nacional. Por sua vez, as notas médias de português e matemática se encontram acima da média no Norte e Nordeste.

Além disso, observa-se que os municípios dos *clusters* das regiões Sudeste e Sul apresentaram os maiores resultados médios nas proficiências de português e matemática. Enquanto os municípios da região Norte apresentaram os menores resultados médios nas notas de português e matemática.

Referente ao indicador de número de alunos por turma no 5º do ensino fundamental, o número médio de alunos por turma no 5º ano das escolas públicas da rede municipal é 25 alunos por turma. Deve-se destacar que os *clusters* das regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste registraram tamanho médio das turmas abaixo da média nacional.

Quanto ao insumo de recursos humanos, verifica-se que a relação média nacional entre docente e estudante nos anos iniciais (1º ao 5º ano) das escolas públicas da rede municipal é de 0,053. Na Tabela 2.2 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Norte (1/2) a Tabela 2.30, observa-se que apenas os *clusters* do estados do Norte, Nordeste, *cluster* oito de português e quatro de matemática do Centro-Oeste apresentaram indicador “professor/aluno” abaixo do intervalo de +10% em relação à média nacional, isto é, no intervalo de (0,05; 0,6). Por outro lado, os *clusters* das regiões do Sudeste e Sul têm médias maiores ou igual a esse intervalo.

Com respeito às variações climáticas, vale a pena ressaltar que uma variação negativa significa que houve um aquecimento e um solo menos úmido de um ano para o outro. Um valor positivo significa que o solo ficou mais úmido. Na Tabela 2.2 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Norte (1/2) a Tabela 2.30, a média amostral do indicador climático foi -0,04. Nos resultados apresentados, pode-se observar que apenas foram registradas variações climáticas positivas na região Norte do país. Desta maneira, no período em questão, pode haver ocorrido alguns fenômenos relacionados a enchentes. Por outro lado, os *clusters* na região Sudeste e Sul apresentaram variações climáticas negativas bem mais acentuadas do que o restante das regiões.

Tabela 2.2 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Norte (1/2)

Variável	Norte 1				Norte 2				Norte 3			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	182,13	16,31	143,32	219,53	182,50	15,21	143,30	221,20	189,30	17,25	142,40	228,60
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	28,34	8,01	15,00	66,14	29,21	7.603,00	16,42	59,43	29,15	7,73	12,38	57,38
Gastoef/Nº alunoef	12.394,42	14.502,10	353,81	87.835,13	15.750,87	31.148,30	35,13	271.660,50	9.794,19	18.552,57	18,19	185.562,70
Nº docentesai/Nºalunosai	0,04	0,01	0,02	0,08	0,04	0,01	0,02	0,11	0,04	0,01	0,01	0,07
Densidade demográfica	0,25	0,34	0,01	1,57	0,36	0,74	0,01	5.160,00	0,34	0,49	0,00	2.828,00
Variação climática	0,00	0,26	-0,74	0,61	0,01	0,27	-0,70	0,61	0,00	0,24	-0,70	0,61
Dengue	27,22	60,86	0,00	437,00	107,10	383,00	0,00	4.055,00	266,10	855,95	0,00	5.734,00
N	125				205				180			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.3 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Norte (2/2)

Variável	Norte 4				Norte 5				Norte 6			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	187,78	20,29	135,36	238,92	180,58	16,36	137,50	219,85	183,60	15,08	149,78	223,26
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	31,33	14,70	14,50	95,00	27,86	10,51	13,33	84,32	30,42	17,32	10,61	124,50
Gastoef/Nº alunoef	6.998,40	6.734,99	148,33	39.029,96	24.745,65	44.342,90	271,13	331.800,30	17.096,90	23.716,46	92,97	162.879,00
Nº docentesai/Nºalunosai	0,04	0,01	0,01	0,08	0,04	0,01	0,02	0,07	0,04	0,01	0,01	0,09
Densidade demográfica	0,42	0,70	0,02	3,25	0,30	0,25	0,05	1,05	0,38	0,33	0,01	1,45
Variação climática	-0,02	0,21	-0,53	0,45	0,01	0,30	-0,69	0,63	0,01	0,28	-0,80	0,61
Dengue	76,65	137,33	0,00	918,00	37,08	79,15	0,00	481,00	102,98	257,04	0,00	1.849,00
N	100				110				180			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.4 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Norte (1/3)

Variável	Norte 1				Norte 2				Norte 3			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	202,84	21,16	160,61	250,14	199,73	19,18	156,54	236,73	194,05	16,86	144,23	241,34
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	26,40	7,40	15,67	51,67	26,54	5,95	12,38	44,53	27,79	6,84	16,42	66,14
Gastoef/Nº alunoef	15.490,52	19.160,30	198,42	103.793,30	14.456,21	21.497,75	56,72	149.849,60	9.222,07	13.034,67	158,97	87.835,13
Nº docentesai/Nºalunosai	0,04	0,01	0,01	0,06	0,04	0,02	0,02	0,11	0,04	0,01	0,02	0,08
Densidade demográfica	0,17	0,22	0,01	0,86	0,23	0,29	0,01	1,45	0,34	0,44	0,00	1,69
Variacão climática	0,00	0,24	-0,56	0,51	-0,01	0,26	-0,64	0,61	0,00	0,24	-0,74	0,61
Dengue	341,40	1.061,36	0,00	5.734,00	111,42	278,91	0,00	1.849,00	76,52	149,82	0,00	830,00
N	70				120				135			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.5 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Norte (2/3)

Variável	Norte 4				Norte 5				Norte 6			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	208,34	27,12	143,21	257,38	197,83	15,91	160,58	245,74	195,74	15,82	151,59	246,48
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	33,44	19,68	14,50	95,00	30,54	8,65	16,40	59,43	29,94	9,31	13,33	57,38
Gastoef/Nº alunoef	8065,21	6319,56	148,33	28661,27	7867,34	9382,41	150,57	55467,94	18916,17	40992,67	18,19	331800,30
Nº docentesai/Nºalunosai	0,04	0,02	0,01	0,08	0,04	0,01	0,02	0,08	0,04	0,01	0,02	0,08
Densidade demográfica	0,63	1,01	0,05	3,25	0,29	0,28	0,01	1,01	0,58	0,90	0,02	5,16
Variacão climática	-0,04	0,19	-0,37	0,37	0,00	0,26	-0,67	0,63	0,02	0,26	-0,70	0,61
Dengue	51,83	85,50	0,00	397,00	95,75	216,57	0,00	1517,00	174,30	668,71	0,00	5713,00
N	40				95				120			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.6 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Norte (3/3)

Variável	Norte 7				Norte 8			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	197,65	15,05	153,74	238,96	188,91	13,65	152,95	220,98
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	31,04	17,58	10,61	124,50	30,39	10,42	16,50	84,93
Gastoef/Nº alunoef	15280,70	25436,53	92,97	185562,70	20258,41	35619,12	35,13	271660,50
Nº docentesai/Nºalunosai	0,04	0,01	0,01	0,08	0,04	0,01	0,02	0,07
Densidade demográfica	0,37	0,48	0,01	2,83	0,26	0,23	0,02	1,05
Variação climática	0,01	0,27	-0,80	0,61	0,02	0,29	-0,69	0,61
Dengue	46,11	81,31	0,00	466,00	106,81	430,32	0,00	4055,00
N	170				150			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.7 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (1/3)

Variável	Nordeste 1				Nordeste 2				Nordeste 3			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	184,23	17,76	136,39	255,47	191,40	24,43	138,18	284,68	183,40	16,70	139,28	238,84
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	27,71	8,62	8,83	163,38	25,99	6,21	9,00	64,00	28,56	27,88	9,00	671,00
Gastoef/Nº alunoef	10.126,01	20.433,26	29,17	317.206,70	6.142,20	6.649,99	10,12	49.935,25	10.700,92	18.250,73	4,95	228.612,50
Nº docentesai/Nºalunosai	0,05	0,01	0,02	0,15	0,05	0,01	0,03	0,11	0,05	0,02	0,02	0,13
Densidade demográfica	0,06	0,12	0,00	1,02	0,05	0,07	0,00	0,41	0,07	0,10	0,00	0,56
Variação climática	-0,04	0,20	-0,55	0,51	-0,04	0,17	-0,53	0,36	-0,04	0,25	-0,86	0,65
Dengue	129,92	677,92	0,00	11.462,00	225,42	1.867,93	0,00	27.156,00	204,63	1.360,76	0,00	27.011,00
N	935				450				615			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.8 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (2/3)

Variável	Nordeste 4				Nordeste 5				Nordeste 6			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	187,14	18,51	147,02	259,03	187,94	20,30	131,75	269,22	184,31	18,79	143,87	245,53
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	26,91	8,44	10,11	134,00	26,91	6,74	8,40	68,67	26,30	7,17	8,43	58,00
Gastoef/Nº alunoef	4328,96	4621,41	100,07	34243,77	8637,48	19967,93	21,94	312993,10	9729,01	15077,67	82,47	153755,80
Nº docentesai/Nºalunosai	0,05	0,01	0,03	0,10	0,05	0,01	0,02	0,12	0,05	0,02	0,02	0,13
Densidade demográfica	0,04	0,04	0,00	0,19	0,03	0,04	0,00	0,23	0,07	0,13	0,00	1,22
Variação climática	-0,02	0,22	-0,86	0,60	-0,05	0,20	-0,53	0,50	-0,02	0,24	-0,70	0,60
Dengue	100,53	257,99	0,00	2277,00	131,75	341,81	0,00	3742,00	40,14	90,97	0,00	689,00
N	385				855				425			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.9 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (3/3)

Variável	Nordeste 7				Nordeste 8			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	193,52	28,58	126,95	296,89	184,62	20,69	136,95	288,34
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	26,56	8,66	7,56	102,86	26,82	6,06	7,80	55,00
Gastoef/Nº alunoef	8452,70	13086,37	13,52	159542,20	6399,08	7707,47	28,00	58158,25
Nº docentesai/Nºalunosai	0,05	0,02	0,02	0,13	0,05	0,01	0,02	0,09
Densidade demográfica	0,04	0,06	0,00	0,42	0,04	0,04	0,00	0,28
Variação climática	-0,04	0,17	-0,51	0,33	-0,03	0,24	-0,86	0,56
Dengue	103,03	427,83	0,00	5010,00	120,91	633,56	0,00	9518,00
N	425				480			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.10 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (1/3)

Variável	Nordeste 1				Nordeste 2				Nordeste 3			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	196,73	20,17	142,92	313,25	199,63	25,98	124,46	313,60	194,39	18,35	146,79	270,95
Nºalunos5/ Nº turmas5º	26,72	6,22	8,40	57,50	26,57	7,67	7,56	62,50	26,20	6,51	8,83	58,00
Gastoef/Nº alunoef	9.941,08	22.624,76	13,52	312.993,10	7.020,80	8.596,56	54,97	60.722,07	8.132,13	11.653,41	35,28	118.461,90
Nº docentesai/Nºalunosai	0,05	0,01	0,02	0,10	0,05	0,01	0,02	0,11	0,05	0,02	0,02	0,13
Densidade demográfica	0,05	0,08	0,00	0,56	0,06	0,07	0,00	0,41	0,06	0,08	0,00	0,45
Variacão climática	-0,04	0,20	-0,62	0,50	-0,03	0,17	-0,51	0,36	-0,03	0,23	-0,86	0,56
Dengue	83,01	231,75	0,00	2.276,00	103,37	418,67	0,00	5.010,00	108,92	520,25	0,00	7.204,00
N	805				495				550			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.11 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (2/3)

Variável	Nordeste 4				Nordeste 5				Nordeste 6			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	196,89	16,77	153,35	284,68	200,62	21,18	134,96	298,47	198,13	17,67	150,44	268,97
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	28,13	8,06	10,19	134,00	26,28	6,27	11,25	68,67	28,55	28,65	7,80	671,00
Gastoef/Nº alunoef	9098,65	17068,49	4,95	305669,80	7142,85	12065,94	21,94	184530,00	11377,57	20787,10	58,96	317206,70
Nº docentesai/Nºalunosai	0,05	0,01	0,02	0,15	0,05	0,02	0,02	0,13	0,05	0,01	0,02	0,13
Densidade demográfica	0,06	0,12	0,00	1,02	0,03	0,03	0,00	0,21	0,06	0,11	0,00	1,22
Variacão climática	-0,03	0,24	-0,86	0,65	-0,05	0,19	-0,53	0,50	-0,03	0,21	-0,65	0,60
Dengue	157,24	1112,60	0,00	27011,00	175,80	677,82	0,00	11462,00	37,61	81,35	0,00	689,00
N	880				660				585			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.12 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Nordeste (3/3)

Variável	Nordeste 7				Nordeste 8			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	209,75	38,56	139,83	326,04	204,14	27,37	138,09	313,27
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	25,47	7,31	8,29	65,33	27,68	10,58	13,50	163,38
Gastoef/Nº alunoef	8847,44	11595,15	12,18	104915,60	3838,65	3696,10	10,12	19840,19
Nº docentesai/Nºalunosai	0,05	0,01	0,02	0,10	0,05	0,01	0,02	0,08
Densidade demográfica	0,05	0,06	0,00	0,42	0,03	0,03	0,00	0,18
Variação climática	-0,02	0,16	-0,43	0,30	-0,04	0,22	-0,86	0,56
Dengue	31,67	74,02	0,00	570,00	410,52	2181,35	0,00	27156,00
N	210				385			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.13 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (1/3)

Variável	Sudeste 1				Sudeste 2				Sudeste 3			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	216,25	14,75	165,65	256,00	215,54	15,12	149,77	273,39	215,53	16,03	165,60	270,32
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	23,66	5,53	8,00	80,00	22,99	4,29	10,00	50,00	22,70	5,15	10,50	61,00
Gastoef/Nº alunoef	25.787,42	355.967,80	26,75	11.100.000,00	20.818,21	60.979,27	76,82	1.070.800,00	16.391,59	23.217,58	11,03	171.939,30
Nº docentesai/Nºalunosai	0,06	0,01	0,01	0,11	0,06	0,01	0,02	0,14	0,06	0,01	0,03	0,12
Densidade demográfica	0,03	0,04	0,00	0,26	0,03	0,04	0,00	0,18	0,05	0,06	0,00	0,49
Variação climática	-0,07	0,30	-1,84	1,36	-0,07	0,27	-1,84	1,36	-0,07	0,24	-0,86	0,75
Dengue	685,32	3.938,89	0,00	66.521,00	298,29	910,05	0,00	9.292,00	521,33	2.315,52	0,00	30.947,00
N	985				775				700			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.14 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (2/3)

Variável	Sudeste 4				Sudeste 5				Sudeste 6			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	215,19	15,65	163,41	266,98	215,02	16,36	159,09	260,56	215,80	14,92	170,32	267,51
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	22,45	4,13	10,00	33,00	22,07	4,10	10,00	40,20	21,91	5,05	7,75	49,00
Gastoef/Nº alunoef	20730,39	39237,66	104,54	371345,10	29340,10	291308,80	105,24	6952516,00	26120,43	77267,52	50,02	1172428,00
Nº docentesai/Nºalunosai	0,06	0,01	0,03	0,14	0,06	0,01	0,03	0,11	0,06	0,02	0,03	0,13
Densidade demográfica	0,04	0,05	0,00	0,31	0,04	0,03	0,00	0,23	0,06	0,07	0,00	0,40
Varição climática	-0,07	0,30	-1,84	1,36	-0,07	0,26	-1,84	1,36	-0,06	0,28	-1,84	1,36
Dengue	537,93	1797,56	0,00	20279,00	145,41	358,57	0,00	2694,00	141,61	387,50	0,00	6665,00
N	490				575				910			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.15 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (3/3)

Variável	Sudeste 7				Sudeste 8			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	216,44	15,22	163,49	265,81	217,26	15,13	160,26	269,35
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	22,78	4,14	6,79	46,00	22,17	4,27	6,91	46,00
Gastoef/Nº alunoef	30721,97	204204,70	14,41	5154092,00	28106,68	65917,52	124,47	597521,90
Nº docentesai/Nºalunosai	0,06	0,01	0,03	0,11	0,06	0,01	0,03	0,14
Densidade demográfica	0,02	0,02	0,00	0,12	0,05	0,05	0,00	0,32
Varição climática	-0,08	0,31	-1,84	1,36	-0,07	0,28	-1,84	1,36
Dengue	883,15	6274,44	0,00	124701,00	505,42	2560,96	0,00	38127,00
N	745				640			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.16 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (1/3)

Variável	Sudeste 1				Sudeste 2				Sudeste 3			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	232,44	16,80	181,46	281,07	230,85	17,63	161,05	296,25	228,59	16,02	181,03	277,80
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	22,07	4,70	10,67	52,00	23,34	4,60	8,80	50,00	23,58	5,39	6,79	63,20
Gastoef/Nº alunoef	39.380,21	405.216,40	153,33	11.100.000,00	13.592,57	21.941,57	26,75	174.549,20	16.412,33	36.155,56	104,54	405.557,60
Nº docentesai/Nºalunosai	0,06	0,01	0,03	0,13	0,06	0,01	0,02	0,11	0,06	0,01	0,03	0,11
Densidade demográfica	0,05	0,05	0,00	0,34	0,03	0,04	0,00	0,18	0,03	0,03	0,00	0,19
Varição climática	-0,07	0,23	-1,18	0,77	-0,07	0,32	-1,84	1,36	-0,08	0,20	-0,77	0,64
Dengue	180,61	546,85	0,00	7.812,00	975,99	4.687,35	0,00	66.521,00	412,92	1.454,52	0,00	23.858,00
N	775				770				710			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.17 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (2/3)

Variável	Sudeste 4				Sudeste 5				Sudeste 6			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	232,81	18,32	171,44	285,70	230,62	17,71	179,93	290,36	227,00	16,90	171,94	296,44
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	22,11	4,70	6,91	46,00	22,46	3,96	7,75	34,20	22,95	6,01	8,00	80,00
Gastoef/Nº alunoef	15810,96	20796,18	456,77	201578,40	21089,80	47700,69	11,03	577776,60	40150,33	311243,40	76,82	6952516,00
Nº docentesai/Nºalunosai	0,06	0,01	0,03	0,12	0,06	0,01	0,03	0,12	0,06	0,02	0,01	0,14
Densidade demográfica	0,05	0,05	0,00	0,31	0,04	0,04	0,00	0,30	0,05	0,06	0,00	0,40
Varição climática	-0,06	0,29	-1,84	1,36	-0,07	0,31	-1,84	1,36	-0,05	0,30	-1,84	1,36
Dengue	106,96	231,80	0,00	2220,00	475,32	2178,10	0,00	38127,00	207,67	566,99	0,00	6665,00
N	640				900				810			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.18 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Sudeste (3/3)

Variável	Sudeste 7				Sudeste 8			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	232,17	18,10	176,18	287,10	233,18	18,13	178,82	291,45
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	22,32	3,65	11,10	34,00	22,15	3,92	10,00	31,83
Gastoef/Nº alunoef	24729,58	67602,63	14,41	1172428,00	25439,54	86701,76	58,07	1528292,00
Nº docentesai/Nºalunosai	0,06	0,01	0,03	0,14	0,06	0,01	0,03	0,14
Densidade demográfica	0,04	0,03	0,00	0,21	0,05	0,07	0,00	0,49
Variação climática	-0,08	0,31	-1,84	1,36	-0,07	0,27	-1,84	1,36
Dengue	784,99	6324,79	0,00	124701,00	644,89	2834,06	0,00	45070,00
N	685				530			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.19 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Sul (1/3)

Variável	Sul 1				Sul 2				Sul 3			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	216,93	15,70	153,49	272,54	216,31	15,94	164,09	262,28	217,15	15,24	160,04	255,80
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	20,74	4,59	7,50	48,00	20,93	4,02	11,00	36,00	21,19	4,06	10,25	35,83
Gastoef/Nº alunoef	23.269,31	41.702,42	113,66	499.469,40	27.794,59	103.406,70	132,75	1.788.632,00	17.304,83	37.753,26	21,94	500.710,50
Nº docentesai/Nºalunosai	0,07	0,02	0,03	0,18	0,07	0,02	0,03	0,21	0,06	0,02	0,03	0,15
Densidade demográfica	0,04	0,04	0,00	0,27	0,04	0,03	0,00	0,15	0,03	0,03	0,00	0,20
Variação climática	-0,05	0,20	-0,72	0,41	-0,04	0,19	-0,72	0,41	-0,06	0,19	-0,72	0,45
Dengue	25,94	121,64	0,00	1.971,00	74,23	561,83	0,00	9.898,00	134,15	870,10	0,00	16.471,00
N	475				425				525			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.20 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Sul (2/3)

Variável	Sul 4				Sul 5				Sul 6			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	214,41	17,74	163,65	254,17	214,87	15,41	164,53	269,26	215,83	17,85	162,99	281,23
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	19,92	3,86	8,75	31,00	19,97	4,21	7,45	30,65	20,08	4,07	7,60	38,00
Gastoef/Nº alunoef	33460,31	99626,92	163,07	973443,40	24704,68	64914,42	91,17	1154310,00	27927,72	118600,10	185,83	2208612,00
Nº docentesai/Nºalunosai	0,07	0,02	0,03	0,14	0,06	0,02	0,03	0,13	0,07	0,02	0,04	0,15
Densidade demográfica	0,04	0,04	0,00	0,25	0,04	0,04	0,00	0,27	0,04	0,03	0,00	0,19
Variacão climática	-0,04	0,19	-0,72	0,41	-0,05	0,20	-0,72	0,41	-0,05	0,19	-0,72	0,41
Dengue	34,55	122,26	0,00	1508,00	56,54	225,81	0,00	2834,00	29,24	108,77	0,00	1639,00
N	375				450				415			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.21 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Sul (3/3)

Variável	Sul 7				Sul 8			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	213,91	15,75	137,55	262,70	218,09	14,89	172,99	260,52
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	21,71	3,87	10,00	30,30	20,85	4,78	3,36	48,00
Gastoef/Nº alunoef	12173,05	20075,00	169,88	236526,40	15859,98	25496,17	5,97	249821,30
Nº docentesai/Nºalunosai	0,06	0,02	0,03	0,12	0,06	0,01	0,02	0,11
Densidade demográfica	0,03	0,03	0,00	0,13	0,04	0,06	0,00	0,37
Variacão climática	-0,06	0,18	-0,56	0,45	-0,05	0,19	-0,72	0,41
Dengue	30,32	133,57	0,00	1052,00	89,43	414,67	0,00	5835,00
N	275				455			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.22 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Sul (1/3)

Variável	Sul 1				Sul 2				Sul 3			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	228,91	16,82	136,46	282,86	232,98	17,86	182,50	294,02	229,97	15,12	191,94	279,06
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	20,73	3,79	7,50	48,00	20,42	4,25	8,20	31,67	20,66	4,46	7,60	39,33
Gastoef/Nº alunoef	15.091,70	21.312,42	132,75	236.526,40	30.988,40	99.413,74	209,64	1.788.632,00	31.285,19	126.330,90	30,93	2.208.612,00
Nº docentesai/Nºalunosai	0,07	0,02	0,04	0,18	0,07	0,02	0,03	0,21	0,07	0,02	0,03	0,16
Densidade demográfica	0,04	0,03	0,00	0,18	0,04	0,04	0,00	0,35	0,03	0,03	0,00	0,19
Variação climática	-0,06	0,18	-0,56	0,35	-0,04	0,20	-0,56	0,41	-0,05	0,19	-0,46	0,41
Dengue	18,33	118,91	0,00	1.971,00	70,58	283,56	0,00	3.546,00	37,71	148,11	0,00	1.712,00
N	320				520				510			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.23 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Sul (2/3)

Variável	Sul 4				Sul 5				Sul 6			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	231,70	17,42	167,81	308,50	229,55	18,88	167,83	297,54	227,98	17,83	173,78	297,85
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	20,78	4,24	7,80	31,00	20,57	4,23	9,00	37,50	20,71	4,39	7,45	38,00
Gastoef/Nº alunoef	25779,26	68742,04	21,94	973443,40	16885,87	34612,53	190,42	499469,40	24720,06	52806,51	185,83	642862,80
Nº docentesai/Nºalunosai	0,07	0,02	0,03	0,17	0,06	0,02	0,03	0,15	0,06	0,02	0,03	0,13
Densidade demográfica	0,03	0,02	0,00	0,10	0,04	0,04	0,00	0,25	0,05	0,05	0,00	0,27
Variação climática	-0,05	0,20	-0,72	0,45	-0,05	0,20	-0,72	0,41	-0,04	0,20	-0,72	0,41
Dengue	133,72	709,44	0,00	9898,00	76,84	409,74	0,00	5835,00	35,92	128,44	0,00	1639,00
N	445				450				375			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.24 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Sul (3/3)

Variável	Sul 7				Sul 8			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	232,51	19,27	181,68	294,18	228,40	17,14	173,39	280,77
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	20,47	4,17	10,00	30,65	20,87	4,32	3,36	48,00
Gastoef/Nº alunoef	10634,21	10319,61	70,45	57360,29	19297,96	40425,45	5,97	472408,60
Nº docentesai/Nºalunosai	0,06	0,02	0,04	0,15	0,06	0,01	0,02	0,11
Densidade demográfica	0,03	0,03	0,00	0,20	0,04	0,05	0,00	0,37
Variação climática	-0,05	0,19	-0,72	0,45	-0,06	0,18	-0,46	0,41
Dengue	103,75	997,90	0,00	16471,00	31,23	167,53	0,00	2834,00
N	280				495			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.25 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Centro Oeste (1/3)

Variável	Centro-Oeste 1				Centro-Oeste 2				Centro-Oeste 3			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	208,24	14,27	171,09	245,18	202,91	18,36	165,70	259,96	210,59	14,40	176,84	248,33
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	24,89	4,27	12,33	37,00	22,92	5,04	10,60	36,44	23,32	4,23	14,83	37,33
Gastoef/Nº alunoef	8.224,87	9.709,83	74,10	52.416,07	12.452,91	16.963,35	51,57	108.307,90	15.444,68	28.460,68	674,21	224.567,80
Nº docentesai/Nºalunosai	0,05	0,01	0,03	0,09	0,05	0,01	0,03	0,10	0,05	0,01	0,03	0,10
Densidade demográfica	0,16	0,22	0,00	0,91	0,21	0,16	0,00	0,77	0,25	0,32	0,02	1,33
Variação climática	-0,03	0,25	-0,53	0,56	-0,02	0,27	-0,76	0,56	-0,03	0,31	-1,00	0,70
Dengue	993,81	2.853,03	0,00	18.831,00	988,63	4.930,01	0,00	40.218,00	164,15	258,78	0,00	1.681,00
N	160				125				150			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.26 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Centro Oeste (2/3)

Variável	Centro-Oeste 4				Centro-Oeste 5				Centro-Oeste 6			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	206,61	15,70	163,96	238,82	202,48	15,19	170,80	237,97	201,55	14,78	172,94	232,43
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	23,46	4,37	13,50	36,58	24,02	4,88	12,46	52,00	24,85	5,31	8,50	45,00
Gastoef/Nº alunoef	40291,55	122118,00	464,76	751229,20	9803,66	10790,38	133,90	52179,99	19537,63	37885,45	79,07	270305,60
Nº docentesai/Nºalunosai	0,05	0,01	0,03	0,11	0,05	0,01	0,03	0,09	0,05	0,01	0,03	0,10
Densidade demográfica	0,27	0,48	0,02	2,12	0,22	0,18	0,00	0,73	0,25	0,27	0,00	1,10
Variação climática	-0,04	0,26	-0,87	0,56	-0,03	0,28	-1,12	0,86	-0,03	0,28	-1,04	0,82
Dengue	314,31	658,42	0,00	3874,00	234,01	450,86	0,00	2263,00	206,91	355,69	0,00	2130,00
N	100				145				150			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.27 – Estatísticas descritivas do 5º ano de português das escolas públicas da rede municipal do Centro Oeste (3/3)

Variável	Centro-Oeste 7				Centro-Oeste 8			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota português5º	208,56	14,77	175,88	256,50	211,97	15,42	174,24	250,67
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	23,82	4,47	13,30	36,75	22,16	4,37	10,50	33,00
Gastoef/Nº alunoef	15.700,15	23.203,70	105,77	153.335,30	21074,04	41855,26	477,01	308106,50
Nº docentesai/Nºalunosai	0,05	0,01	0,03	0,10	0,06	0,02	0,03	0,12
Densidade demográfica	0,29	0,39	0,00	1,30	0,38	0,47	0,01	2,64
Variação climática	-0,02	0,28	-0,67	0,70	-0,03	0,23	-0,62	0,53
Dengue	223,30	457,83	0,00	3.081,00	291,63	676,92	0,00	5273,00
N	125				145			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.28 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Centro-Oeste (1/3)

Variável	Centro-Oeste 1				Centro-Oeste 2				Centro-Oeste 3			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	219,88	17,20	175,40	266,62	224,95	20,89	175,73	267,45	218,40	15,96	187,20	260,10
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	24,15	4,89	10,50	33,75	25,14	4,48	16,00	37,00	23,93	4,40	12,46	37,33
Gastoef/Nº alunoef	13.589,03	26.044,79	51,57	224.567,80	13.018,75	19.462,86	182,95	108.307,90	12.121,95	22.730,40	601,82	198.306,60
Nº docentesai/Nºalunosai	0,05	0,02	0,03	0,11	0,05	0,01	0,03	0,08	0,05	0,02	0,03	0,11
Densidade demográfica	0,22	0,23	0,00	0,94	0,18	0,23	0,00	1,14	0,20	0,18	0,02	0,91
Variacão climática	-0,03	0,26	-0,76	0,70	-0,04	0,24	-0,53	0,56	-0,03	0,25	-0,74	0,70
Dengue	1.276,98	5.134,63	0,00	40.218,00	526,53	1.012,12	0,00	5.852,00	207,27	294,20	0,00	1.681,00
N	120				105				150			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.29 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Centro Oeste (2/3)

Variável	Centro-Oeste 4				Centro-Oeste 5				Centro-Oeste 6			
	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	215,30	14,91	167,97	270,09	214,08	14,26	180,49	253,55	216,89	17,65	177,52	263,72
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	23,11	4,08	13,50	35,50	23,84	4,98	13,20	52,00	23,39	5,26	8,50	45,00
Gastoef/Nº alunoef	32641,74	96608,34	122,85	751229,20	10073,41	10810,75	79,07	63137,43	20530,80	41790,62	804,46	305144,90
Nº docentesai/Nºalunosai	0,06	0,02	0,03	0,12	0,05	0,01	0,03	0,10	0,05	0,01	0,03	0,10
Densidade demográfica	0,31	0,45	0,01	2,64	0,21	0,22	0,00	1,22	0,38	0,46	0,02	2,12
Variacão climática	-0,03	0,25	-0,74	0,70	-0,03	0,30	-1,12	0,86	-0,03	0,26	-0,87	0,56
Dengue	321,85	717,12	0,00	5562,00	219,56	418,36	0,00	3081,00	108,13	157,26	0,00	903,00
N	175				205				165			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

Tabela 2.30 – Estatísticas descritivas do 5º ano de matemática das escolas públicas da rede municipal do Centro-Oeste (3/3)

Variável	Centro-Oeste 7			
	Média	D.P	Mín	Máx
Nota matemática5º	217,77	15,43	185,92	272,61
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	23,19	4,54	10,60	33,60
Gastoef/Nº alunoef	14488,88	21687,74	74,10	153335,30
Nº docentesai/Nºalunosai	0,05	0,01	0,03	0,10
Densidade demográfica	0,23	0,33	0,00	1,33
Variação climática	-0,03	0,31	-1,04	0,82
Dengue	639,01	2487,25	0,00	18831,00
N	180			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP, FINBRA, IBGE e CORDEX.

Nota: (1) D.P significa desvio-padrão.

2.4.2 Resultados das Estimativas

Os efeitos climáticos no desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental público municipal no Brasil são discutidos a partir das estimativas dos modelos apresentados na Tabela 2.31 a Tabela 2.40. Nas regiões de português e matemática, pode-se observar que a maioria dos coeficientes do insumo “recursos humanos” é significativa e positivo. Desta maneira, conforme a literatura, o desempenho em matemática e em português dos alunos do 5º ano das escolas públicas da rede municipal é positivamente correlacionado com o número de docentes por estudantes. Nessa linha, Clotfelter, Charles e Ladd (2007) concluem que a experiência do professor tem efeitos positivos no desempenho dos estudantes, especialmente em matemática. No trabalho de Moriconi (2012), destaca-se que a variação na eficácia dos professores explica cerca de 9% da variação nas notas dos alunos.

Referente às características da escola, na literatura da função de produção educacional, o sinal esperado do indicador de número de alunos por turma é negativo. No trabalho de Alves e Ferrão (2019), afirma-se que um maior número de alunos por turma, taxas de reprovação e abandono escolar diminuem a eficiência e elevam os gastos. Nos *clusters* de português e matemática, os coeficientes foram significantes, mas não apresentaram um padrão nos seus respectivos sinais. Nessa perspectiva, Matavelli e Menezes Filho (2020) afirmam que não há evidências estatisticamente significativas de que o tamanho da turma influencie as notas dos alunos.

Quanto aos insumos financeiros, o efeito estimado foi significativo, mas alterando coeficientes positivos e negativos nas duas regiões de português e matemática. Além disso, vale a pena ressaltar que o gasto municipal por estudante sobre o desempenho dos alunos do 5º ano da rede pública municipal, em média, registrou coeficientes próximos a zero. De forma diferente do efeito negativo e próximos de zero acima discutido, Kroth e Gonçalves (2020) afirmam que os gastos em educação elevam as notas na Prova Brasil, mas os gastos ainda são insuficientes para garantir retornos educacionais de qualidade. Nessa linha, Machado Júnior, Irffi e Benegas (2011) constata baixa eficiência dos gastos públicos *per capita* educação.

Como esperado, o coeficiente de variação climática é significativo e negativo na maioria das especificações. De acordo com Marin, Schwarz e Sabarwal (2024), a educação é fundamental para combater a pobreza e garantir um planeta habitável, mas as mudanças climáticas estão ameaçando esse papel. Eventos climáticos extremos, como ciclones, inundações e ondas de calor, estão interrompendo a escolarização, causando perdas de aprendizagem e impactos de longo prazo. O aumento das temperaturas também está prejudicando a aprendizagem, especialmente em regiões mais quentes. Esses efeitos podem

levar a perdas significativas de renda, menor produtividade e maior desigualdade. Apesar disso, a educação é frequentemente negligenciada nas políticas climáticas.

Na região Sul, os coeficientes de variação climática em relação às notas de português e matemática foram significantes e negativas na maioria dos *clusters*. A região Sudeste registrou resultados semelhantes à região Sul, isto é, a maioria dos coeficientes foi significativa e negativo. Nessas regiões, verifica-se uma variação climática desfavorável que impactou negativamente nas notas de proficiência. No período em análise, apesar desse efeito negativo, essas regiões alcançaram as melhores médias de português e matemática do país, o que revela que esses municípios adaptados a mudanças climáticas e que outros fatores educacionais foram mais determinantes no desempenho escolar.

Em relação às regiões do Nordeste, registrou-se maior número de coeficientes negativos em matemática e um maior número de coeficientes positivos nos *clusters* da região de português. Desta maneira, vale a pena destacar que os municípios dos *clusters* de português e matemática se encontram agrupados de formas diferentes. Ou seja, mesmo em municípios pertencentes a *clusters* diferentes, mas próximos do ponto de vista geográfico, as evidências indicam que há municípios mais adaptados para lidar com as variações climáticas do que outros.

Esses fatores de adaptação podem estar relacionados a características pessoais dos alunos, à família, à escola ou a políticas públicas que estão fazendo as notas aumentarem mesmo com as variações climáticas. Ou seja, a adaptação não mitiga os efeitos positivos desses fatores no desempenho escolar.

De forma similar, as regiões Norte e Oeste apresentaram impactos positivos em alguns grupos e negativos em outros dentro de cada região. Entretanto, conforme destacado na seção anterior, o Norte foi a única região que apresentou variações climáticas positivas. Nas regiões mais úmidas, as variações climáticas podem representar enchentes que dificultam o acesso às escolas. Desta maneira, os coeficientes negativos registrados no Norte podem estar relacionados às variações climáticas.

No que se refere à variável dengue, os coeficientes foram significantes, mas não houve um padrão positivo ou negativo nas regiões de português e matemática. Porém, deve-se ressaltar que os coeficientes de dengue seguem um comportamento similar à variação climática nos *clusters* das cinco regiões no Brasil. Dessa forma, verifica-se uma correlação positiva entre os coeficientes de variação climática com os casos de dengue. Segundo Villar (2015), uma consequência do aumento das temperaturas é a proliferação do mosquito da dengue. No estudo de Barron, Gamboa e Rodriguez-Lesmes (2019), os autores exploram como uma epidemia de dengue aguda e inesperada altera a percepção de risco e o comportamento do público em geral.

A análise dos autores revela que, em resposta ao aumento do risco percebido, estudantes de escolas não afetadas ajustam significativamente seu comportamento, afetando importantes resultados educacionais. No trabalho de Roland (2011), o autor investiga os surtos de dengue em municípios do Brasil. No estudo, identifica-se um impacto negativo da dengue no desempenho escolar. Por fim, Carneiro, Koppensteiner e Menezes (2023) mostram que infecções por dengue durante o ano letivo aumentam a retenção em 3,5% e o abandono escolar em 4,6%.

Tabela 2.31– Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Português - Norte

	1	2	3	4	5	6
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	0,494* 0,219	-1,441* 0,228	1,666* 0,194	-0,470* 0,077	-0,254 0,256	0,147 0,103
Nº docentesai/Nºalunosai	-1.733,534* 176,216	165,910 114,267	916,097* 123,700	-356,981** 151,866	1.323,041* 212,701	-302,041* 111,707
Gastoef/Nº alunoef	0,000* 0,000	0,000* 0,000	-0,000** 0,000	-0,001* 0,000	0,000* 0,000	-0,000 0,000
Densidade demográfica	-2.781.168* 23,655	-10,007* 3,663	-89,476* 7,971	110,883* 13,302	-414,470* 54,900	-60,696* 16,412
Dengue	-0,079* 0,013	0,000 0,002	-0,002*** 0,001	-0,022* 0,005	-0,085* 0,014	0,011* 0,003
Varição climática	-0,228 2,809	7,636* 2,104	8,696* 2,093	35,436* 3,927	-14,258* 3,093	-5,227** 2,236
cons	310,479* 14,171	218,860* 10,371	134,924* 9,434	178,219* 7,673	254,430* 24,544	214,304* 8,910

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) * p<0,01, ** p<0,05, *** p<0,1

Tabela 2.32 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Matemática - Norte

	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1,6	1,7	1,8
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	3,256* 0,780	1,493* 0,180	-1,255* 0,305	-0,119 0,171	-1,994* 0,256	1,060* 0,177	-0,026 0,151	-0,318* 0,110
Nº docentesai/Nºalunosai	-1.041,249** 343,363	-149,748 100,347	691,771* 212,342	-204,372 169,963	-926,311* 186,629	910,780* 121,881	-1.017,475* 127,397	505,216* 126,794
Gastoef/Nº alunoef	0,000* 0,000	-0,000* 0,000	0,000* 0,000	-0,001* 0,000	-0,001* 0,000	0,000* 0,000	0,000*** 0,000	0,000** 0,000
Densidade demográfica	41,177 76,424	-116,293* 12,291	92,923* 21,786	48,285*** 22,155	53,688 50,241	1,292 1,168	-44,690** 16,599	-317,548* 49,128
Dengue	0,001 0,002	0,013* 0,003	-0,024* 0,004	0,049** 0,018	-0,008** 0,003	-0,003** 0,001	-0,043* 0,007	0,002* 0,000
Varição climática	-12,884** 4,667	6,075* 2,121	7,303** 3,406	60,742* 12,309	-2,570 3,994	-9,170* 3,158	8,822* 1,974	-4,074*** 2,124
constante	151,952** 38,633	194,587* 7,683	165,619 16,440	199,133* 5,876	285,571* 22,635	121,042* 9,772	257,722* 12,140	259,594* 14,264

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) * p<0,01, ** p<0,05, *** p<0,1

Tabela 2.33 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Português - Nordeste

	1	2	3	4	5	6	7	8
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	0,119* 0,034	0,953* 0,161	-0,061* 0,003	-0,674 0,060	-1,567 0,110	0,856* 0,092	-0,022 0,060	0,629* 0,135
Nº docentesai/Nºalunosai	206,845* 37,105	-439,755* 74,455	357,850* 40,564	822,942 92,740	-293,871 58,790	-423,859* 51,167	952,225* 74,576	1.565,156* 85,031
Gastoef/Nº alunoef	0,000* 0,000	0,001* 0,000	0,000* -3,280	-0,002 0,000	-0,000 0,000	0,000 0,000	0,000* 0,000	0,001* 0,000
Densidade demográfica	-615,419* 100,564	-107,009 78,676	403,216* 95,559	2.651,369 471,804	-6.807,104 666,311	176,894* 28,942	-1.146,712** 490,589	-91,945 60,958
Dengue	0,001 0,001	-0,001* 0,000	-0,000 0,000	-0,010 0,002	0,004 0,001	-0,056* 0,008	0,005** 0,002	0,001* 0,000
Varição climática	22,779* 1,384	62,215* 2,383	-7,513* 1,212	3,989 1,943	22,156 1,697	-1,495 1,736	66,548* 3,409	-2,929*** 1,583
constante	206,773* 5,995	189,530* 7,923	139,345* 6,883	62,184 21,819	456,974 21,776	173,440* 4,548	196,628* 23,035	92,593* 6,707

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) * p<0,01, ** p<0,05, *** p<0,1

Tabela 2.34 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos – Matemática - Nordeste

	1	2	3	4	5	6	7	8
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	-1,087* 0,165	-1,303* 0,143	0,057 0,118	2,556* 0,191	1,177* 0,153	-1,194* 0,153	-1,500* 0,275	0,528* 0,114
Nº docentesai/Nºalunosai	299,055* 51,823	190,544* 36,649	-56,210*** 33,720	122,547** 47,833	-493,719* 49,612	-881,197* 56,293	-77,161 69,401	872,730* 74,276
Gastoef/Nº alunoef	-0,001* 0,000	0,000* 0,000	0,000* 0,000	0,000 0,000	-0,000* 0,000	-0,000* 0,000	0,001* 0,000	0,000 0,000
Densidade demográfica	58,227 173,044	272,888** 109,090	-1.128,568* 199,986	1.921,745* 538,945	304,150*** 169,160	-57,553 213,048	-3.948,419* 800,163	-14,764 43,753
Dengue	-0,028* 0,003	0,004* 0,001	0,007* 0,002	-0,002* 0,000	-0,003* 0,001	-0,018* 0,003	-0,001* 0,000	-0,011* 0,002
Varição climática	-3,806 2,594	-34,865* 1,682	-4,057** 1,552	-28,075* 2,183	-2,846*** 1,618	-33,602* 1,671	-0,058 2,813	3,722** 1,791
constante	237,825* 7,798	232,819* 6,185	270,732* 7,628	109,758* 18,580	227,233* 8,028	309,749* 12,400	384,491* 28,543	163,898* 6,250

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) * p<0,01, ** p<0,05, *** p<0,1

Tabela 2.35 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Português - Sudeste

	1	2	3	4	5	6	7	8
Nºalunos5/ Nº turmas5º	1,273* 0,115	-1,568* 0,125	0,157*** 0,090	3,708* 0,203	-3,892* 0,178	-0,756* 0,094	0,729* 0,136	1,449* 0,114
Nº docentesai/Nºalunosai	1.111,196* 54,858	470,769* 63,768	-374,103* 49,437	155,366** 66,296	-1.760,369* 100,228	49,810 42,492	-656,638* 58,184	-468,904* 56,069
Gastoef/Nº alunoef	-0,000* 0,000	0,000* 0,000	0,000* 0,000	-0,000* 0,000	-0,000* 0,000	-0,000** 0,000	-0,000 0,000	0,000* 0,000
Densidade demográfica	-4.740,018* 365,978	568,473** 246,059	-415,276** 162,170	2.196,853* 403,650	-2.421,607* 406,250	35,197 64,528	-17.633,530* 886,135	-2.081,910* 198,120
Dengue	-0,000*** 0,000	-0,002* 0,000	0,000* 0,000	-0,001* 0,000	0,005* 0,001	-0,008* 0,001	-0,000* 0,000	-0,000* 0,000
Varição climática	-2,876* 0,851	4,807* 1,092	7,027* 1,239	-4,742* 1,183	2,103 1,375	-15,196* 0,967	-4,004* 0,758	-15,488* 0,993
constante	275,391* 12,865	206,714* 10,355	250,700* 7,758	36,385*** 18,710	486,497* 16,507	227,710* 5,868	668,402* 23,221	308,076* 10,567

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) * p<0,01, ** p<0,05, *** p<0,1

Tabela 2.36 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Matemática - Sudeste

	1	2	3	4	5	6	7	8
Nºalunos5/ Nº turmas5º	-0,561* 0,140	0,364* 0,116	0,045 0,113	0,304* 0,108	-2,810* 0,141	1,054* 0,083	1,081* 0,149	4,189* 0,231
Nº docentesai/Nºalunosai	421,204* 54,565	1.307,210* 75,790	-320,488* 45,187	-445,092* 56,914	-784,966* 53,489	389,157* 34,890	-1.022,083* 67,202	160,648** 66,569
Gastoef/Nº alunoef	-0,000* 0,000	0,000* 0,000	0,000* 0,000	-0,000* 0,000	0,000 0,000	0,000*** 0,000	-0,000* 0,000	0,000* 0,000
Densidade demográfica	-766,641* 160,903	2.076,644* 353,313	-1.040,784* 298,093	2.164,812* 235,182	-386,676 299,940	70,173 77,940	-6.821,762* 431,494	178,605 179,459
dengue	0,002* 0,001	0,000 0,000	0,001* 0,000	0,015* 0,002	-0,000* 0,000	-0,003* 0,000	-0,000*** 0,000	0,000** * 0,000
Varição climática	-31,519* 1,544	-5,388* 1,044	22,762* 1,595	-11,912* 1,076	-6,353* 0,857	0,819 0,818	-6,504* 0,975	-13,212* 1,215
cons	254,323* 9,384	82,768* 11,316	274,344* 8,185	152,051* 12,446	352,605* 12,416	176,830* 5,429	505,767* 17,246	121,591* 10,350

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) * p<0,01, ** p<0,05, *** p<0,1

Tabela 2.37 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Português - Sul

	1	2	3	4	5	6	7	8
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	-0,368* 0,109	-1,237* 0,184	0,745* 0,160	2,745* 0,234	-2,315* 0,223	0,514* 0,159	-0,528** 0,259	0,723* 0,121
Nº docentesai/Nºalunosai	122,404* 33,287	448,987* 56,625	47,415 37,737	459,904* 49,251	-574,407* 70,860	-676,586* 49,915	1.144,462* 56,352	873,847* 60,980
Gastoef/Nº alunoef	-0,000* 0,000	0,000** 0,000	0,000* 0,000	-0,000 0,000	0,000* 0,000	-0,000 0,000	-0,000* 0,000	0,000* 0,000
Densidade demográfica	-794,263* 251,995	-797,369* 193,724	-7.761,333* 610,137	904,650* 184,985	46,352*** 23,591	2.698,696* 277,169	-1.007,158* 133,190	452,606* 131,680
Dengue	-0,031* 0,002	-0,001* 0,001	-0,000* 0,000	-0,012* 0,004	0,003* 0,001	-0,021* 0,003	-0,012* 0,003	-0,004* 0,001
Varição climática	-3,072*** 1,836	-42,509* 1,736	-7,826* 1,586	-32,375* 2,515	-20,134* 1,877	-27,632* 2,329	-3,316 2,645	-5,260* 1,943
constante	253,209* 11,166	240,462* 8,549	397,437* 16,817	87,838* 11,683	294,509* 7,971	134,333* 12,305	193,953* 9,368	127,525* 6,670

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) * p<0,01, ** p<0,05, *** p<0,1

Tabela 2.38– Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Matemática - Sul

	1	2	3	4	5	6	7	8
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	-1,087* 0,165	-1,303* 0,143	0,057 0,118	2,556* 0,191	1,177* 0,153	-1,194* 0,153	-1,500* 0,275	0,528* 0,114
Nº docentesai/Nºalunosai	299,055* 51,823	190,544* 36,649	-56,210*** 33,720	122,547** 47,833	-493,719* 49,612	-881,197* 56,293	-77,161 69,401	872,730* 74,276
Gastoef/Nº alunoef	-0,001* 0,000	0,000* 0,000	0,000* 0,000	0,000 0,000	-0,000* 0,000	-0,000* 0,000	0,001* 0,000	0,000 0,000
Densidade demográfica	58,227 173,044	272,888** 109,090	-1.128,568* 199,986	1.921,745* 538,945	304,150*** 169,160	-57,553 213,048	-3.948,419* 800,163	-14,764 43,753
Dengue	-0,028* 0,003	0,004* 0,001	0,007* 0,002	-0,002* 0,000	-0,003* 0,001	-0,018* 0,003	-0,001* 0,000	-0,011* 0,002
Varição climática	-3,806 2,594	-34,865* 1,682	-4,057** 1,552	-28,075* 2,183	-2,846*** 1,618	-33,602* 1,671	-0,058 2,813	3,722** 1,791
constante	237,825* 7,798	232,819* 6,185	270,732* 7,628	109,758* 18,580	227,233* 8,028	309,749* 12,400	384,491* 28,543	163,898* 6,250

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) * p<0,01, ** p<0,05, *** p<0,1

Tabela 2.39 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Português - Centro Oeste

	1	2	3	4	5	6	7	8
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	-1,286* 0,193	2,043* 0,287	-1,001* 0,171	4,326* 0,355	1,092* 0,183	0,449** 0,166	-1,287* 0,242	-0,520* 0,180
Nº docentesai/Nºalunosai	786,704* 83,850	-189,648 119,574	-948,272* 93,850	-45,830 211,664	144,039 113,674	624,931* 85,711	-856,647* 81,770	316,016* 63,935
Gastoef/Nº alunoef	-0,001* 0,000	-0,000* 0,000	-0,000* 0,000	0,000* 0,000	0,001* 0,000	-0,000** 0,000	-0,000 0,000	0,000** 0,000
Densidade demográfica	-43,695* 9,734	-429,108* 66,510	212,822* 32,738	160,539* 31,660	-313,278* 33,396	150,579* 20,318	-20,165** 8,137	-18,680 14,969
Dengue	-0,000 0,000	-0,000* 0,000	-0,019* 0,002	-0,005* 0,001	-0,010* 0,001	-0,012* 0,002	-0,002** 0,001	-0,003* 0,001
Varição climática	13,611* 2,073	-20,723* 2,765	-11,429* 1,466	7,463 4,465	-3,125 1,859	-1,121 1,643	5,507** 2,656	-17,077* 2,562
constante	213,374* 8,071	259,360* 11,391	230,394* 11,182	62,033* 18,349	231,564* 8,448	123,234* 9,802	287,208* 8,058	212,184* 8,012

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (1) Erros-padrão entre parênteses; (2) * p<0,01, ** p<0,05, *** p<0,1

Tabela 2.40 – Resultados do modelo de Efeitos Fixos com desvios-padrão robustos - Matemática - Centro Oeste

	1	2	3	4	5	6	7
Nºalunos5º/ Nº turmas5º	-2,069* 0,371	1,545* 0,254	-0,332 0,216	1,680* 0,340	0,554* 0,193	0,440* 0,114	-1,642* 0,176
Nº docentesai/Nºalunosai	902,790* 83,151	-1.300,647* 193,085	-557,229* 121,027	661,748* 66,106	248,897* 78,963	-99,585 83,555	-531,086* 85,765
Gastoef/Nº alunoef	0,000** 0,000	-0,000* 0,000	-0,000* 0,000	0,000* 0,000	0,001* 0,000	-0,000** 0,000	-0,000** 0,000
Densidade demográfica	-75,663 99,252	-102,343** 55,512	314,858* 51,552	23,387* 7,172	-135,694* 19,796	82,061* 19,081	-25,455 19,400
Dengue	0,000** 0,000	-0,001 0,001	-0,015* 0,002	0,002*** 0,001	-0,006* 0,001	-0,025* 0,003	-0,000 0,001
Varição climática	-11,260* 2,048	-32,993* 3,489	-18,297* 2,493	-3,693*** 1,853	-3,563** 1,369	5,117** 1,978	3,660** 1,737
constante	236,831* 23,684	267,011* 12,270	196,019* 16,115	128,745* 10,963	212,140* 8,074	183,467* 10,003	288,733* 8,340

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo investiga se as variações climáticas podem ser incluídas como um fator importante no desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental no Brasil. Para diminuir os efeitos da heterogeneidade dos municípios, utiliza-se uma metodologia de clusterização em relação às características climáticas das cinco regiões brasileiras. Nesse sentido, para cada região, os municípios foram agrupados utilizando a técnica de classificação não hierárquica de partição *k-mean clustering*. Em seguida, para cada *cluster* das regiões brasileiras, são estimados modelos de efeitos fixos para dados em painel com desvios-padrão robustos.

Em síntese, os resultados sugerem que: (1) há evidências que as variações climáticas impactam significativamente no desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental público municipal; (2) as regiões Sul e Sudeste apresentaram municípios mais adaptados a mudanças climáticas. Esses fatores de adaptação podem estar relacionados a características pessoais dos alunos, à família, à escola ou a políticas públicas que estão fazendo as notas aumentarem mesmo com as variações climáticas; (3) Os resultados indicam uma correlação positiva entre os impactos das variações climáticas e os casos de dengue nas proficiências de português e matemática; e (4) Como esses impactos climáticos e os casos de dengue são positivos em alguns grupos e negativos em outros, mesmo em municípios pertencentes a *clusters* diferentes, mas próximos do ponto de vista geográfico, as evidências podem indicar que há municípios mais adaptados para lidar com as variações climáticas e casos de dengue do que outros.

Portanto, é imprescindível que os governos priorizem os investimentos em educação levando em consideração os desafios impostos pelas mudanças climáticas. Este capítulo destacou que há regiões mais e menos adaptadas às mudanças climáticas. Por isso, é importante a formulação de políticas públicas para mitigar os impactos climáticos sobre a função de produção educacional brasileira do ensino fundamental. Os agentes públicos podem investir em ambientes escolares seguros e resilientes, reduzindo a vulnerabilidade das escolas e dos alunos a desastres naturais e a eventos climáticos severos.

3. EFEITOS DA LEI 14.023/07 SOBRE O BEM-ESTAR NA ECONOMIA CEARENSE

RESUMO

O principal objetivo deste o terceiro capítulo é analisar o impacto da Lei 14.023/07 sobre o ponto de vista de agentes públicos municipais que visam maximizar o bem-estar da população de cada localidade. Em outras palavras, busca-se definir qual a melhor estratégia de financiamento educacional e eficiência que a gestão pública municipal deve tomar a fim de melhorar a qualidade de vida de seus habitantes. Para atingir o objetivo proposto, utiliza-se um modelo dinâmico de equilíbrio geral com duas regiões para analisar como as mudanças nas regras de distribuição do ICMS a partir de 2007 afetaram o sistema educacional no estado do Ceará. O modelo é calibrado de forma que as regiões representem o município de Sobral e o conjunto dos demais municípios cearenses. Os resultados encontrados indicam que há um único equilíbrio de Nash, definido pelas estratégias dominantes para as duas gestões, onde ambas incrementam tanto a despesa quanto a eficiência na educação municipal. Ganhos significativos de bem-estar são observados para as populações das duas regiões, com maior intensidade para a região formada pelo conjunto de municípios com exceção de Sobral. Efeitos positivos significativos também são observados para o produto, consumo, arrecadação e no montante de transferências recebidos pelos municípios. Tais resultados são diretamente associados aos incrementos no capital humano nas duas regiões, motivados pela combinação melhores respostas das gestões municipais ao jogo estabelecido pelo Governo Estadual.

Palavras-Chave: Lei nº 14.023/2007, Equilíbrio Geral, Bem-estar

ABSTRACT

The main objective of this third chapter is to analyze the impact of Law 14.023/07 from the perspective of municipal public agents aiming to maximize the well-being of the population in each locality. In other words, the goal is to define the best educational financing and efficiency strategy that municipal public management should adopt to improve the quality of life for its inhabitants. To achieve this objective, a dynamic general equilibrium model with two regions is used to analyze how changes in ICMS distribution rules since 2007 have affected the educational system in the state of Ceará. The model is calibrated so that the regions represent the municipality of Sobral and the set of other municipalities in Ceará. The findings indicate a unique Nash equilibrium, defined by the dominant strategies for the two administrations, where both increase spending and efficiency in municipal education. Significant well-being gains are observed for the populations of the two regions, with greater intensity for the region consisting of the municipalities excluding Sobral. Significant positive effects are also observed for output, consumption, revenue, and the amount of transfers received by the municipalities. These results are directly associated with increases in human capital in the two regions, driven by better responses from municipal administrations to the game established by the State Government.

Keywords: Law No. 14.023/2007; General Equilibrium; Welfare

3.1 INTRODUÇÃO

A acumulação de capital humano é fundamental para o crescimento econômico, pois alimenta a inovação e os avanços tecnológicos, aumenta a produtividade e a eficiência econômica, e eleva as rendas e o padrão de vida, impulsionando o consumo e a poupança (Romer, 1986; Barro, 1991; Card, 2001).

Neste contexto socioeconômico, em dezembro de 2007, o Ceará iniciou uma reforma modificando a redistribuição das receitas do Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS) pelos estados aos municípios.

A Lei 14.023/07 estabeleceu novos critérios para a distribuição da cota-parte do ICMS entre os municípios do Ceará, baseando-se no desempenho em três índices: 18% distribuído de acordo com o Índice de Qualidade da Educação (IQE), 5% conforme o Índice de Qualidade da Saúde (IQS) e 2% segundo o Índice de Qualidade do Meio Ambiente (IQM).

Esse sistema de incentivos tem o objetivo de encorajar os municípios a investirem de forma mais eficiente e estratégica em programas e políticas que resultem em melhorias mensuráveis nos indicadores de interesse. A ideia é que, ao vincular a receita do ICMS ao desempenho nesses indicadores, os municípios sejam motivados a alocar recursos de maneira mais eficaz para atingir os objetivos estabelecidos. Isso, por sua vez, deve levar a melhorias nos serviços públicos e na qualidade de vida da população, promovendo um uso mais responsável e direcionado dos recursos públicos (Petterini; Irfi, 2013).

Neste contexto, a redistribuição, conhecida como Quota-Parte, é regulada por legislação estadual, que possui autonomia para definir os critérios de distribuição. A reforma fiscal em questão visou alterar as regras da Quota-Parte, sem envolver a realocação de receitas fiscais adicionais (Lautharte; Oliveira; Loureiro, 2021).

Segundo Carneiro e Irfi (2017a), o federalismo fiscal no Brasil permite aos estados imporem condições para repassar parte da arrecadação do ICMS aos municípios, exigindo contrapartidas dos gestores municipais. Isso serve como um mecanismo de indução e coordenação entre os governos. Para ser eficaz, é necessário estabelecer regras claras que incentivem comportamentos desejáveis. No setor educacional, essas contrapartidas podem incluir medidas para melhorar os resultados das redes de ensino locais.

Em um relatório elaborado para o Banco Mundial, Cruz e Loureiro (2020), verificaram que o Ceará, apesar de possuir um dos menores PIBs per capita entre os estados brasileiros, tem registrado um dos maiores avanços no Índice de Desenvolvimento da Educação

Básica (IDEB) no Ensino Fundamental desde 2005. Esse crescimento significativo é resultado de políticas públicas focadas na melhoria da educação, especialmente em regiões mais vulneráveis. A maioria dos municípios cearenses melhorou seus indicadores educacionais, incluindo aprendizado dos alunos e taxas de aprovação escolar. Dez municípios do estado estão entre os 20 melhores do país nesses aspectos, com Sobral se destacando como o melhor colocado nacionalmente, evidenciando um caso de sucesso dentro do estado.

O presente capítulo tem como objetivo analisar o impacto da Lei 14.023/07 sobre o ponto de vista de agentes públicos municipais que visam maximizar o bem-estar da população de cada localidade. Em outras palavras, busca-se definir qual a melhor estratégia de financiamento e eficiência educacional que a gestão pública municipal deve tomar a fim de melhorar a qualidade de vida de seus habitantes.

Para atingir o objetivo proposto, utiliza-se um modelo dinâmico de equilíbrio geral para analisar como as mudanças nas regras de distribuição do ICMS a partir de 2007 afetaram o sistema educacional no estado do Ceará. Esse tipo de modelo permite aos pesquisadores e analistas entenderem melhor como políticas econômicas, como mudanças tributárias, podem influenciar aspectos específicos da sociedade, neste caso, a educação.

Os resultados do modelo determinam o bem-estar da população de diferentes localidades sob combinações de ações distintas entre as gestões municipais. Ao admitir que a gestão pública de cada município tenha perfeita previsão dos resultados, as medidas de bem-estar são utilizadas para definir um jogo estático com tomada de decisão sobre incrementar ou não a despesa e a eficiência educacional no período inicial da reforma. A utilização de um modelo dinâmico de equilíbrio geral para definir um jogo estático entre os municípios é utilizado para definir a melhor estratégia da gestão municipal perante a mudança na regra de distribuição de recursos de ICMS.

As análises macroeconômicas sobre investimento governamental se baseiam nos trabalhos pioneiros de Baxter e King (1993), que foram os primeiros a analisar os efeitos de curto e longo prazo do investimento governamental em um modelo macroeconômico neoclássico de equilíbrio geral dinâmico completo. O modelo considera apenas os efeitos nos níveis de estado estacionário, não nos índices de crescimento. Outras vertentes da literatura têm estudado as consequências do crescimento do capital público em modelos de crescimento endógeno. Veja, por exemplo, os trabalhos de Glomm e Ravikumar (1994, 1997).

O capítulo está organizado da seguinte maneira: a segunda seção faz uma discussão da literatura especializada, a terceira seção detalha o modelo utilizado.

3.2 REVISÃO DE LITERATURA

Promover a educação é amplamente reconhecido como uma estratégia eficaz para atenuar desigualdades sociais e econômicas, assegurando acesso equitativo a oportunidades educacionais capazes de promover transformações significativas na vida dos indivíduos e impactar positivamente a sociedade como um todo. Nesse contexto, é pertinente aprofundar a discussão sobre este tema.

3.2.1 Literatura Internacional

Dentro da literatura econômica, o modelo de capital humano de Becker assume que a decisão de investir em educação é resultado da comparação entre os benefícios esperados e os custos (tanto monetários quanto não monetários) no nível individual. Segundo (Becker, 1962), as pessoas possuem conhecimento, habilidades, competências, educação e experiência, definidos coletivamente como capital humano. Esse capital humano é crucial para as organizações, pois constitui um recurso vital na criação de valor.

A visão tradicional sobre a educação, como defendida por Mincer (1958), destaca-a como um componente essencial do capital humano. Indivíduos investem em educação para adquirir conhecimento e habilidades que aumentam a produtividade e os ganhos ao longo da vida, sendo crucial tanto para o desenvolvimento pessoal quanto para o crescimento econômico.

Conforme descrito, Card e Krueger (1992) investigaram a relação entre a qualidade das escolas públicas e os retornos econômicos da educação nos Estados Unidos. Através da análise de dados do Censo dos EUA, os autores observam que indivíduos que frequentaram escolas com melhores recursos, como menor proporção aluno-professor e salários mais elevados para os professores, tendem a apresentar maiores rendimentos na vida adulta.

É crucial enfrentar o desafio da desigualdade educacional, envolvendo não apenas formuladores de políticas, mas também todos os níveis de governo e partes interessadas. Algumas escolas são mais eficazes em atender igualmente a todos os grupos, e para superar essa disparidade, é essencial um esforço conjunto. Escolas de ensino infantil e fundamental são centros ideais para implementar programas bem planejados que não apenas evitem o fracasso escolar, mas também maximizem o potencial dos alunos (Ferrão, 2022).

Lautharte, Oliveira e Loureiro (2021) encontraram evidências dos efeitos das regras de distribuição do ICMS no Ceará, Brasil, que redistribuiu recursos com base no desempenho educacional dos municípios. Comparando escolas durante períodos-chave de implementação,

descobriu-se que alunos do nono ano expostos ao programa apresentaram melhorias significativas de 0,15 desvio-padrão em testes de matemática e linguagem.

Verifica-se, dessa forma, que a Lei não apenas incentivou melhorias mensuráveis na qualidade da educação, mas também ofereceu um apoio substancial aos municípios para alcançar metas educacionais ambiciosas, como a alfabetização universal até o final do segundo ano escolar. Ao adotar esse modelo, o estado conseguiu não apenas elevar significativamente os níveis de aprendizagem dos alunos no ensino fundamental e médio, mas também demonstrou uma alta eficiência no uso dos recursos disponíveis (Loureiro et al., 2020).

3.2.2 Literatura Nacional

Esses avanços são atribuídos a estratégias que incluem investimentos em formação de professores, revisão curricular, adoção de métodos pedagógicos inovadores e um sistema de gestão escolar eficaz. Além disso, o Ceará adotou práticas de monitoramento e avaliação rigorosas, utilizando dados para orientar decisões políticas e ajustar estratégias ao longo do tempo. Essa abordagem integrada e focada na melhoria contínua tem sido crucial para transformar o cenário educacional no estado, mesmo diante de desafios econômicos significativos (Cruz; Loureiro, 2020; Rivas; Scasso, 2020).

Ao utilizar os resultados das avaliações externas como critério para a transferência de recursos, a Lei 14.023/2007 foi eficaz em promover uma melhoria no desempenho dos alunos. Especificamente, a implementação desta lei resultou em um aumento médio de aproximadamente 4% nas proficiências dos alunos do 5º ano das escolas públicas municipais em português e matemática (Carneiro; Irffi, 2017a).

A mudança nas regras de distribuição do ICMS no Ceará resultou em melhorias no desempenho educacional dos municípios, refletidas no IDEB e na Prova Brasil. (Brandão, 2014). Dessa forma, a alocação de recursos ficou mais equitativa, beneficiando especialmente os municípios menores (Nogueira, 2012).

Petterini e Irffi (2013) analisaram a mudança na lei do ICMS no Ceará em 2007, a partir de municípios da Bahia como controle, encontraram impactos positivos na proficiência dos alunos em português e matemática, indicando investimentos mais eficazes em educação. O estudo sugere que focar nos prefeitos pode ser mais eficaz do que políticas apenas para estudantes ou escolas.

Em outro trabalho, Carneiro e Irffi (2019) utilizaram o problema de Agente-Principal para analisar como a distribuição da cota-parte do ICMS dos estados (Principal) aos

municípios (Agentes) pode promover incentivos aos gestores municipais para melhorar a qualidade das redes locais de ensino. Os autores concluíram que as regras de rateio adotadas pelos estados brasileiros sugerem que Ceará e Pernambuco estão mais alinhados com esse modelo, com o Ceará concentrando mais recursos no campo educacional e possuindo critérios de distribuição mais abrangentes.

No contexto do sistema nacional de educação brasileiro, a assistência técnica e a colaboração entre o governo federal, estados e municípios são cruciais para replicar a experiência educacional bem-sucedida do Ceará. Este estado demonstrou que tais práticas podem significativamente melhorar os resultados educacionais ao coordenar políticas eficazes entre diferentes níveis de governo. No entanto, a maioria dos estados brasileiros enfrenta desafios na colaboração entre governos estaduais e municipais, o que pode dificultar a implementação consistente de estratégias semelhantes às do Ceará em todo o país (Ponne, 2023).

3.3 MODELO

O modelo é uma variante do modelo neoclássico de crescimento, expandido para duas sub-regiões que não transacionam dentro de uma economia fechada e com três níveis de governo, bem como para considerar uma formulação endógena do nível de capital humano dos agentes representativos de cada região em várias etapas de ensino.

Admite-se que a economia cearense seja dividida em duas regiões: i) o município de Sobral (denotada por s) e; ii) uma área integrada de todos os demais municípios cearenses (denotada por m). A única forma de interação entre as regiões é dada a partir da redistribuição dos recursos acumulados pelo governo estadual com o imposto sobre o consumo. A população do Ceará e das duas regiões são fixas:

$$N_{ce} = N_s + N_m \quad (1)$$

Onde N^{ce} , N^s e N^m representam as populações do Ceará, Sobral e da região complementar, respectivamente. As proporções da população de s e m são sequencialmente dadas por n_s e n_m .

3.3.1 Famílias

Em cada região há um contínuo de famílias idênticas que vivem infinitos períodos, de forma que seja possível determinar seu comportamento a partir de um agente representativo. Em cada período, este agente oferta um nível de capital humano inicial ($h_{j,0}$) para o processo acumulação com fluxos de gastos do setor público que vigora por doze períodos, recebendo o seu nível de capital humano ($h_{j,t}$) ao fim. O agente de cada região realiza escolhas sobre o consumo de forma a maximizar seu fluxo descontado de utilidade:

$$U_j = \sum_{t=0}^{\infty} \beta_j^t [\ln(c_{j,t} + \mu_j g_{j,t} + \mu_{ce} g_{ce,t})], \quad j = s, m \quad (2)$$

Seguindo Barro (1981), considera-se que a oferta de serviços públicos seja interpretada como substitutos próximos para despesas de consumo privado dos agentes representativos ($c_{j,t}$). Desta forma, a oferta de serviços públicos de consumo municipais $g_{j,t}$ afeta a utilidade do agente sujeita ao parâmetro de substituição μ_j , enquanto o impacto da oferta de serviços públicos de consumo estaduais $g_{ce,t}$ é ponderado por μ_{ce} .

No período inicial, o agente representativo de cada região recebe uma dotação de capital físico na sua região ($k_{j,0}$), que é incrementada de acordo seus investimentos ($i_{j,t}$):

$$k_{j,t+1} = i_{j,t} + (1 - \delta_j)k_{j,t}, \quad j = s, m \quad (3)$$

Em cada período, os agentes ofertam seus estoques de capital físico e humano para os respectivos setores produtivos locais, recebendo uma taxa de aluguel ($r_{j,t}$) pelo primeiro e uma taxa de salário ($w_{j,t}$) pelo último. Os agentes dividem suas despesas entre consumo e investimento, pagando impostos federais, estaduais e municipais que incidem sobre a renda e o consumo. Assim:

$$(1 - \tau_i^y - \tau_{ce}^y - \tau_f^y)(r_{j,t}k_{i,t} + w_{j,t}h_{j,t}) = (1 + \tau_f^c + \tau_{ce}^c + \tau_f^c)c_{j,t} + i_{j,t} \quad (4)$$

Onde τ_i^y e τ_f^c são alíquotas de impostos municipais que incidem sobre a renda e o consumo respectivamente, sendo τ_{ce}^y e τ_{ce}^c seus correspondentes estaduais, bem como τ_f^y e τ_f^c

determinam os correspondentes federais. O agente representativo da região j escolhe $c_{j,t}$ de forma a maximizar (2), sujeito à (3) e (4).

3.3.2 Capital Humano

A característica da distribuição de recursos avaliada, implica na necessidade de observação do equivalente ao desempenho de estudantes em testes padronizados no 2º, 5º e 9º anos do período fundamental. Admite-se que em cada período, o agente representativo de cada região receba um estoque inicial de capital humano intrínseco ($h_{j,0}$) que irá seguir um fluxo de acumulação de 12 períodos, definindo seu estoque de capital humano futuro ($h_{j,t+13}$). Cada etapa educacional corresponde a um período distinto do modelo e segue a acumulação de capital humano utilizada em Fanti e Gori (2011), adaptada para o modelo de agente representativo e incorporando um parâmetro de eficiência.

As nove primeiras etapas da formação do capital humano, que correspondem ao Ensino Fundamental, são determinadas pelos gastos e eficiência na educação das gestões municipais. Enquanto as três últimas, são determinadas pelos gastos estaduais em educação, correspondendo ao Ensino Médio.

Resumidamente, em cada período, o agente representativo de cada região tem seu estoque de capital humano ($h_{j,t}$) formado nos doze períodos anteriores, a partir de um nível inicial $h_{j,0}$ e dos fluxos de gastos municipais e estaduais em educação. Na primeira etapa, o nível educacional alcançado ($e_{1,j,t}$) é determinado pelos gastos municipais em educação per capita ($ef_{i,t}$), o nível de eficiência da educação municipal ($\xi_{j,t}$) e da dotação de capital humano inicial do agente:

$$e_{1,j,t} = \xi_{j,t} ef_{j,t}^\gamma h_{j,0}^{1-\gamma}, \quad j = s, m \quad (5)$$

Onde γ é a elasticidade da acumulação de capital humano em relação às despesas públicas. Nos períodos seguintes até a conclusão do Ensino Fundamental (9ª etapa), a acumulação de capital humano utiliza como insumo o nível educacional alcançado na etapa anterior:

$$e_{p,j,t} = \xi_{j,t} ef_{j,t}^\gamma e_{p-1,j,t-1}^{1-\gamma}, \quad j = s, m \text{ e } p \in [2,9] \quad (6)$$

No período equivalente ao Ensino Médio, a eficiência e as despesas educacionais são substituídas pelas suas equivalentes do Governo Estadual. No primeiro, o terceiro componente é o nível educacional alcançado ao fim do Ensino Fundamental:

$$e_{10,j,t} = \xi_{ce} em_{j,t}^\gamma e_{9,j,t-1}^{1-\gamma}, \quad j = s, m \quad (7)$$

Onde ξ_{ce} representa o parâmetro de eficiência na educação ofertada pelo Estado, $em_{j,t}$ é a despesa per capita do Governo Estadual em educação na região j . Novamente, as etapas seguintes utilizam o nível acumulado no período anterior como insumo:

$$e_{11,j,t} = \xi_{ce} em_{j,t}^\gamma e_{10,j,t-1}^{1-\gamma}, \quad j = s, m \quad (8)$$

$$e_{12,j,t} = \xi_{ce} em_{j,t}^\gamma e_{11,j,t-1}^{1-\gamma}, \quad j = s, m \quad (9)$$

O capital humano disponível para o agente representativo da região j é definido pelo nível educacional alcançado no período anterior:

$$h_{j,t} = e_{12,j,t-1}, \quad j = s, m \quad (10)$$

3.3.3 Produção

As produções em cada região seguem funções de produção neoclássicas próprias, combinando os estoques de capital físico ($K_{i,t}$) e humano ($H_{i,t}$) locais para gerar sua parcela no produto único da economia estadual:

$$Y_{j,t} = Z_j K_{j,t}^{\sigma_j} H_{j,t}^{1-\sigma_j}, \quad j = s, m \quad (11)$$

Onde Z_j e σ_j representam a produtividade total dos fatores e a participação da renda do capital no produto do município j respectivamente. As firmas representativas de cada região realiza escolhas sobre a demanda por capital físico e humano locais de forma a maximizar seus lucros. As condições de primeira ordem de cada região são:

$$r_{j,t} = \frac{\sigma_i Y_{i,t}}{K_{i,t}}, \quad j = s, m \quad (12)$$

$$w_{j,t} = \frac{(1 - \sigma_i)Y_{i,t}}{H_{i,t}}, \quad j = s, m \quad (13)$$

A produção estadual é dada pela soma dos produtos das duas regiões:

$$Y_{ce,t} = Y_{s,t} + Y_{m,t} \quad (14)$$

3.3.4 Setor Público

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a mudança na regra de distribuição de recursos arrecadados com tributação estadual sobre o consumo entre as prefeituras. Devido a ênfase do trabalho ser na mudança no componente da regra de distribuição associado à educação, a distribuição de recursos segue uma simplificação das Leis Estaduais nº 12.612/1996, 14.023/2007 e 15.922/2015. Destaca-se o componente relacionado à educação em cada texto, aglutinando todos os demais fatores, como saúde, meio-ambiente e população a depender da Lei considerada, em um componente relacionado à participação de cada município na arrecadação.

Assim, inicialmente admite-se que inicialmente a parcela dos recursos arrecadados pelo Governo Estadual seja distribuída a partir da arrecadação bruta realizada em cada região e das despesas educacionais no período anterior. A política simulada muda as parcelas de distribuição entre as duas medidas e substitui o gasto por uma ênfase no capital humano acumulado em determinados anos do ensino fundamental, visando mimetizar o desempenho dos estudantes em testes padronizados conforme a legislação vigente.

O modelo apresenta três esferas governamentais com quatro setores públicos distintos, representados pelo Governos Federal, Estadual e as Prefeituras de cada região. Todos os níveis governamentais apresentam orçamento equilibrado em todos os períodos e arrecadação própria com impostos sobre a renda e o consumo.

O Governo Federal realiza sua arrecadação nas duas regiões do modelo e seus gastos consistem em transferências relacionadas ao Fundo de Participação dos Municípios ($FP_{j,t}$) e ao Fundo de Participação dos Estados recebidos pelo Ceará ($FP_{ce,t}$). Admite-se que as transferências aos governos municipais sejam determinadas como proporções fixas ao tamanho das economias locais:

$$FP_{s,t} = \phi_s Y_{s,t} \quad (15)$$

$$FP_{m,t} = \phi_m Y_{m,t} \quad (16)$$

As transferências realizadas para o setor público estadual variam de forma a equilibrar a restrição do Governo Federal:

$$\tau_f^y(Y_{s,t} + Y_{m,t}) + \tau_f^c(C_{s,t} + C_{m,t}) = FP_{s,t} + FP_{m,t} + FP_{ce,t} \quad (17)$$

O Governo Estadual também arrecada recursos nas duas regiões e recebe transferências do governo federal. Seus gastos se distribuem na oferta de bens de consumo para as famílias ($G_{ce,t}$), no financiamento da educação ($EM_{s,t}$ e $EM_{m,t}$) e realizando transferências para os municípios a partir de uma cota parte na arrecadação sobre o consumo ($CP_{s,t}$ e $CP_{m,t}$). O financiamento da educação do Ensino Médio em cada região segue proporções das economias locais:

$$EM_{s,t} = \rho_s Y_{s,t} \quad (18)$$

$$EM_{m,t} = \rho_m Y_{m,t} \quad (19)$$

Admite-se que uma fração α da arrecadação dos tributos estaduais sobre consumo seja distribuída para as Prefeituras das duas regiões. Como exposto acima, inicialmente a divisão dos recursos transferidos segue uma fração $\alpha_{v,0}$ relacionada ao local de arrecadação, enquanto a parcela restante $\alpha_{e,0}$ segue a proporção de gastos municipais em educação:

$$CP_{j,t} = \alpha \tau_{ce}^c (C_{s,t} + C_{m,t}) \left[\alpha_{v,0} \frac{\tau_{ce}^c C_{j,t}}{\tau_{ce}^c (C_{s,t} + C_{m,t})} + \alpha_{e,0} \frac{EB_{j,t}}{EB_{s,t} + EB_{j,t}} \right], j = s, m \quad (20)$$

A reforma analisada consiste na alteração da regra de distribuição de recursos acima (20). Altera-se os parâmetros de proporção e a regra relacionada à educação, substituindo a ênfase na despesa por uma avaliação de desempenho. A legislação vigente utiliza indicadores calculados a partir do desempenho dos estudantes do 2º, 5º e 9º anos do Ensino Fundamental na rede municipal em testes padronizados e outros indicadores educacionais.

Para tornar factível a avaliação de acordo com o desempenho no modelo, admite-se a hipótese simplificadora de que exista uma relação direta entre a acumulação de capital humano e o desempenho nos testes padronizados, omitindo-se os demais componentes. A relação hipotética permite que os resultados dos testes possam ser traduzidos pela participação de cada região no capital humano total do Estado acumulado até cada uma das três etapas anteriormente mencionadas (2ª, 5ª e 9ª etapas). Isto posto, a nova regra de distribuição de recursos é definida:

$$CP_{j,t} = \alpha \tau_{ce}^c (C_{s,t} + C_{m,t}) \left[\alpha_{v,1} \frac{\tau_{ce}^c C_{j,t}}{\tau_{ce}^c (C_{s,t} + C_{m,t})} + \alpha_{e,1} \left(\sum_{p=2,5,9} \eta_p \frac{E_{p,j,t}}{E_{p,s,t} + E_{p,m,t}} \right) \right] \quad (21)$$

Para $j = s, m$, onde η_p é o peso da p -ésima etapa de acumulação de capital humano na determinação do componente de desempenho educacional e $E_{p,j,t}$ representa o nível educacional agregado alcançado na p -ésima etapa de ensino na região j . A oferta de serviços de consumo públicos do Governo Estadual varia de forma a equilibrar sua restrição orçamentária e se distribuem entre as regiões de acordo com as proporções da população, de forma que os valores em termos per capita de cada região sejam iguais:

$$\tau_{ce}^y (Y_{s,t} + Y_{m,t}) + \tau_{ce}^c (C_{s,t} + C_{m,t}) + FP_{ce,t} = G_{ce,t} + \sum_{j=s,m} CP_{j,t} + EM_{j,t} \quad (22)$$

Cada governo municipal recebe transferências do governo federal, distribuição de recursos do governo estadual, além da sua arrecadação própria. Seus gastos se dividem entre o financiamento da educação básica e na oferta de bens de consumo para as famílias locais:

$$\tau_j^y Y_{j,t} + \tau_j^c C_{j,t} + FP_{j,t} + CP_{j,t} = EF_{j,t} + G_{j,t} \quad (23)$$

3.3.5 Medida de bem-estar

O objetivo do presente trabalho é definir qual seria a melhor estratégia para o setor público de cada região visando o bem-estar da população local gerado a partir da mudança na regra de distribuição da parcela receita tributária estadual incidente sobre o consumo.

Admitindo que as gestões municipais visam maximizar o bem-estar de seus habitantes, as medidas calculadas em cada simulação irão alimentar um jogo estático entre as duas gestões.

Neste contexto, a medida de bem-estar individual os dois agentes representativos segue Lucas (1987) e Cooley e Hansen (1992), definida como o aumento percentual no consumo privado necessário para que o agente representativo se torne indiferente entre o cenário base e a realização dos choques. Para o agente de cada região, a medida x deve satisfazer:

$$\sum_{t=0}^{\infty} \beta_j^t [\ln(c_{j,t} + \mu_j g_{j,t} + \mu_{ce} g_{ce,t})] = \sum_{t=0}^{\infty} \beta_j^t [\ln(\bar{c}_{j,t}(1+x) + \mu_j \bar{g}_{j,t} + \mu_{ce} \bar{g}_{ce,t})] \quad (24)$$

Onde os valores sem destaque representam as variáveis observadas na presença de choques de política para o agente representativo da região j , enquanto os valores destacados indicam os resultados que seriam obtidos na ausência de alteração da regra de distribuição de recursos e mudanças nas políticas educacionais municipais.

3.4 Calibração

O processo de calibração é realizado de forma que o estado estacionário inicial do modelo represente valores observados na economia cearense em 2008, com a respectiva divisão do Estado em Sobral e a agregação dos demais municípios. Foram utilizados dados provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Secretaria do Tesouro Nacional (STN), da Secretaria de Receita Federal do Brasil (SRFB), do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), da Secretaria da Educação do Governo do Estado do Ceará (SEDUC-CE), da Secretaria Fazenda Estadual (SEFAZ-CE), do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e valores encontrados na literatura.

A escolha do período foi motivada pelo exposto na Lei nº 14.023/2007 definir que o primeiro da nova regra de distribuição dos recursos na cota parte dos recursos arrecadados do ICMS seria 2009. Assim, o estado estacionário inicial, representa o ano imediatamente anterior ao qual os recursos foram distribuídos de acordo com a nova regra, capturando o cenário prévio à reforma.

O conjunto de parâmetros e variáveis exógenas do modelo pode ser dividido em grupos, conforme suas interpretações no modelo:

- Estruturais ($n_s, n_m, \delta_s, \delta_m, \sigma_s, \sigma_m, Z_s, Z_m$);
- Comportamentais ($\beta_s, \beta_m, \mu_{ce}, \mu_s, \mu_m$);

- Fiscais federais ($\tau_f^c, \tau_f^y, \phi_s, \phi_m$);
- Fiscais estaduais ($\tau_{ce}^c, \tau_{ce}^y, \rho_s, \rho_m, \alpha, \alpha_{e,0}, \alpha_{v,0}, \alpha_{e,1}, \alpha_{v,1}, \eta_2, \eta_5, \eta_9$);
- Fiscais municipais ($\tau_s^c, \tau_s^y, \tau_m^c, \tau_m^y$);
- Formação de capital humano ($\gamma, \xi_{ce}, \xi_{s,0}, \xi_{m,0}, em_{s,0}, em_{m,0}, h_{s,0}, h_{m,0}$).

As proporções populacionais foram calculadas a partir da participação do município de Sobral na população cearense. De acordo com as estimativas da população do IBGE, encontra-se $n_s = 0,0213$ e, conseqüentemente, $n_m = 0,9787$. As parcelas da renda do capital no produto de cada região são calibradas conforme Pereira, Ferreira e Bezerra (2020), assim $\sigma_s = \sigma_m = 0,3413$. A taxa de depreciação do estoque de capital também é comum para as duas economias, sendo calibrada conforme Kydland e Prescott (1982), $\delta_s = \delta_m = 0,1$. A produtividade total dos fatores é calibrada considerando que o produto per capita da economia cearense de estado estacionário é 1. Desta forma, a produtividade é calibrada para que o produto per capita de estado estacionário em cada região seja equivalente à razão entre seu PIB per capita e o resultado estadual. Para Sobral, encontra-se que a razão é 1,4484, resultando em $Z_s = 4,1690$. A razão para a região complementar do Ceará é dada por 0,9902, definindo $Z_m = 3,4173$.

Os parâmetros de substituição entre gastos de consumo privado e a oferta de serviços público do setor público do governo estadual, bem como das prefeituras seguem o valor de Ferreira e Nascimento (2005), Santana, Cavalcanti e Paes (2012) e Bezerra et al (2014), assim $\mu_{ce} = \mu_s = \mu_m = 0,5$. O fator de desconto intertemporal de cada agente é calculado a partir da solução estacionária de sua respectiva equação de Euler. Pela ausência de informações detalhadas, o cálculo considera que as duas regiões apresentam relações capital-produto iguais à economia brasileira em 2008. De acordo com informações do IPEA, a razão para a economia brasileira foi de 2,3270, resultando em $\beta_s = 0,9672$ e $\beta_m = 0,9678$. Dada a igualdade entre as taxas de depreciação, participações da renda do capital no produto e relação capital-produto, a diferença para os agentes entre as duas regiões é determinada pelas estruturas tributárias municipais.

De acordo com informações da SRFB (2024), a arrecadação tributária federal na economia cearense foi de R\$ 4,5 bilhões de reais em 2008. Admite-se que a arrecadação de Impostos sobre Produto Industrializado (IPI), de Contribuição de Intervenção no Domínio

¹³ Os autores consideram um conceito expandido de renda do capital, incluindo capital e infraestrutura privada de forma explícita. No presente trabalho, a forma única de capital é interpretada como uma agregação do modelo mencionado.

Econômico (CIDE-Combustíveis), bem como de Impostos de Importação e Exportação sejam considerados como tributos sobre consumo para fins de calibração. Desta forma, a arrecadação federal sobre consumo foi de R\$ 568 milhões, enquanto a tributação sobre a renda foi de R\$ 3,9 bilhões. A alíquota de imposto federal sobre a renda é dada pela razão entre a arrecadação federal sobre a renda e o produto da economia cearense, $\tau_f^y = 0,0648$.

Estimativas da participação do consumo das famílias na economia cearense foram obtidas a partir da solução estacionária da restrição de factibilidade do modelo, definida pela soma ponderada das restrições orçamentárias dos agentes. A participação resultante é de aproximadamente 58%, o resultado é utilizado juntamente com a razão entre arrecadação federal sobre consumo e PIB cearense para o cálculo da alíquota federal sobre consumo, $\tau_f^c = 0,0160$.

De acordo com informações da STN (2024a), os municípios cearenses receberam R\$ 2,21 bilhões em recursos a partir do Fundo de Participação dos Municípios em 2008, dos quais R\$ 50,23 milhões foram destinados ao município de Sobral. Utilizando a razão entre o valor recebido e o PIB de cada localidade, encontra-se $\phi_s = 0,0269$ e $\phi_m = 0,0369$.

O processo de calibração considera que o único tributo estadual que incide sobre o consumo é o Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), todo o restante da receita estadual é interpretado como imposto sobre a renda. A receita tributária do Governo do Estado do Ceará em 2008 foi de R\$ 5,31 bilhões, dos quais R\$ 4,64 bilhões foram arrecadados a partir do ICMS. A razão entre a receita de ICMS e o consumo privado, ambos como proporção do PIB estadual, resulta na alíquota estadual de imposto sobre o consumo, $\tau_{ce}^c = 0,1309$. Utilizando a mesma abordagem dos tributos federais, a razão entre o restante da arrecadação estadual e o PIB do Ceará determina a alíquota de tributos sobre a renda, $\tau_{ce}^y = 0,0111$.

As proporções de gastos estaduais em educação em relação ao produto de cada economia (ρ_j), são calibradas de forma que razão entre o gasto em educação e o PIB sejam iguais ao resultado estadual. Considera-se como financiamento da educação estadual, a despesa total na área deduzida dos valores de educação fundamental e infantil. Em 2008, o resultado para a economia estadual foi 0,0246. Considerando o produto per capita e a proporção da população em cada região já calibrados, encontra-se $\rho_s = 0,0170$ e $\rho_m = 0,0248$.

A Constituição Federal de 1988 determina que 25% da arrecadação estadual de ICMS seja distribuída aos municípios, desta forma $\alpha = 0,25$. Antes da publicação da Lei Estadual nº 14.023/2007, a regra de distribuição era determinada pela Lei Estadual nº 12.612/1996. O texto determina que 75% dos recursos fossem distribuídos de acordo com o

Valor Adicionado Fiscal, 5% para pela proporção da população, 12,5% pelas despesas municipais na manutenção do ensino e 7,5% de forma equitativa. Adaptando o texto às limitações do modelo, 12,5% destes recursos estão associados à participação de cada região na despesa total em educação dos municípios e 87,5% devido à localidade da arrecadação, desta forma $\alpha_{e,0} = 0,125$ e $\alpha_{v,0} = 0,875$.

As alterações presentes nas Leis Estaduais 14.023/2007, 15.922/2015 e 17.320/2020 indicam que 65% dos recursos são distribuídos pelo Valor Adicionado Fiscal, 18% relacionado a indicadores que revelem melhorias no aprendizado e aumento da equidade, 15% em função de indicadores de saúde e 2% em função ao Índice de Qualidade do Meio Ambiente. Realizando uma adaptação semelhante, determina-se $\alpha_{v,1} = 0,82$ e $\alpha_{e,1} = 0,18$.

Uma simplificação adicional é realizada para incorporar a regra de distribuição no modelo proposto. Conforme exposto no Decreto nº 35.087/2022, o Índice de Qualidade da Educação (IQE), base para o cálculo de distribuição de ICMS, é composto por 95% do componente educacional e 5% de um componente socioeconômico. O componente educacional apresenta peso 0,05 para taxa de aprovação e pesos 0,4, 0,3 e 0,25 para resultados de testes padronizados dos alunos 2º, 5º e 9º anos do Ensino Fundamental respectivamente. O ajuste realizado desconsidera a parcela do componente socioeconômico, atribuindo 100% para o componente educacional. Neste último, o peso da taxa de aprovação é atribuído ao 9º ano do Ensino Fundamental. Finalmente, como exposto anteriormente, admite-se a hipótese de que os resultados nos testes padronizados são capturados pelo processo de acumulação do capital humano em cada etapa de Ensino. Assim, os determinantes para distribuição dos recursos relacionados à educação são determinados pela participação de cada região no capital humano acumulado total da economia cearense na 2ª, 5ª e 9ª etapas deste processo – que correspondem aos períodos dos testes aplicados. Desta forma, determina-se $\eta_2 = 0,4$, $\eta_5 = 0,3$ e $\eta_9 = 0,3$.

Para as finanças municipais, considera-se como arrecadação sobre consumo os valores relacionados ao Imposto Sobre Serviços, enquanto o restante da receita é interpretado como arrecadação sobre a renda. Em 2008, a arrecadação tributária do município de Sobral foi de R\$ 13,610 e R\$ 6,776 milhões de tributos sobre a renda e consumo respectivamente. Para a região complementar os resultados foram R\$ 714,264 milhões sobre a renda e R\$ 366,337 sobre o consumo. Tomando a razão da receita tributária sobre a renda e o produto de cada economia encontra-se $\tau_s^y = 0,0073$ e $\tau_m^y = 0,0122$. A participação de cada localidade no consumo das famílias é determinada pela participação de cada localidade na arrecadação de ICMS.

Utilizando a razão entre a receita incidente sobre consumo e o consumo das famílias de cada localidade, encontra-se, $\tau_s^c = 0,0113$ e $\tau_m^c = 0,0105$.

A elasticidade da acumulação de capital humano em relação à despesa educacional é calibrada conforme Zhang et al (2003), assim $\gamma = 0,15$. Por simplicidade, no estado estacionário inicial as medidas de eficiência educacional ofertadas por todos os níveis do setor público são padronizadas na unidade, $\xi_{ce} = \xi_{s,EE} = \xi_{m,EE} = 1$, onde o subscrito “EE”, indica os valores iniciais de cada variável.

A despesa na oferta de educação básica dos municípios é calibrada a partir das despesas com educação fundamental e infantil da Prefeitura de Sobral e da soma das demais prefeituras cearenses disponibilizadas pela STN (2024b). Em 2008, as despesas foram na ordem de R\$ 53 milhões e R\$ 2 bilhões para Sobral e o aglomerado dos demais municípios respectivamente. Considerando resultado unitário para o produto per capita estadual inicial, utiliza-se como referência a razão entre o gasto educacional per capita de cada administração e o PIB per capita estadual em 2008. Conforme as informações coletadas e os demais parâmetros calibrados, encontra-se $ef_{s,EE} = 0,0412$ e $ef_{m,EE} = 0,0389$.

Os níveis iniciais de capital humano dos agentes representativos são calibrados de forma que, levando em consideração a calibração já realizada, seus resultados na segunda educacional etapa repliquem os resultados do desempenho médio SPAECE-Alfa para Sobral e demais municípios em 2008. Para a primeira localidade a média foi de 167,90, enquanto para o agrupamento de municípios encontra-se 126,83. Isto posto, a calibração de $h_{s,0}$ e de $h_{m,0}$ deve satisfazer:

$$\frac{167,90}{126,83} = \frac{\xi_{s,EE} ef_{s,EE}^\gamma (\xi_{s,EE} ef_{s,EE}^\gamma h_{s,0}^{1-\gamma})^{1-\gamma}}{\xi_{m,EE} ef_{m,EE}^\gamma (\xi_{m,EE} ef_{m,EE}^\gamma h_{m,0}^{1-\gamma})^{1-\gamma}} \quad (24)$$

Admitindo o valor inicial de $h_{m,0} = 100$, encontra-se $h_{s,0} = 144,25$ como solução para a equação acima.

3.5 SIMULAÇÕES

O objetivo do presente trabalho é verificar qual a melhor estratégia a setor tomada pelas gestões públicas municipais a partir da mudança na regra de distribuição de recursos pela cota parte de ICMS no Ceará, enfatizando a mudança de ênfase de gastos para resultados no componente educacional.

Neste trabalho, foi construído um modelo de equilíbrio geral de duas regiões com acumulação de capital humano em vários períodos para simular os resultados de bem-estar das

duas populações sob combinações de ações distintas entre as gestões municipais. Ao admitir que a gestão pública de cada município tenha perfeita previsão dos resultados, as medidas de bem-estar são utilizadas para definir um jogo estático com tomada de decisão sobre incrementar ou não a despesa e a eficiência educacional no período inicial da reforma.

Devido à complexidade das regras de distribuição, algumas simplificações foram realizadas. Inicialmente, a partir do destaque na parcela associada na educação, considera-se que toda a fração que não seja associada ao tema seja distribuída de acordo com a região original de arrecadação do imposto. Neste contexto, a distribuição anterior à mudança seria 87,5% pela região de arrecadação e 12,5% em relação ao componente educacional, enquanto a reforma proposta as proporções são 82% e 18% respectivamente.

Além da alteração de proporções, o componente educacional teve priorização alterada de gastos para desempenho. Visando interpretar a legislação no modelo, admite-se a hipótese simplificadora de que o componente educacional prévio à reforma seja delimitado pela participação de cada localidade no financiamento da educação básica por parte dos municípios.

A reforma realizada pela Lei 14.023/07 determina que o componente educacional seja definido pelo IQE. O indicador é composto por 5% de fatores socioeconômicos e 95% pelo desempenho educacional. Neste último a aprovação dos estudantes da rede pública municipal é responsável por 5%, enquanto o desempenho destes estudantes aplicados no 2º, 5º e 9º anos do Ensino Fundamental determinam 40%, 30% e 25% restantes respectivamente. A simplificação realizada no componente desconsidera a parcela associadas aos fatores socioeconômicos. Dentro do componente de desempenho educacional, definido como a totalidade do indicador, a parcela associada à aprovação dos estudantes é realocada para os testes padronizados aplicados no último ano do Ensino Fundamental.

Finalmente, considera-se que o desempenho dos estudantes nos testes aplicados segue o nível educacional acumulado na etapa de ensino correspondente. Assim, o correspondente no modelo ao desempenho em testes aplicados aos alunos do 2º do Ensino Fundamental é dado pela participação de cada localidade no nível educacional agregado alcançado no Ceará. Neste contexto, a regra de distribuição é alterada de (20) para (21).

Realizada a equivalência da reforma para o modelo utilizado, definem-se as estratégias possíveis para a gestões municipais. Na tomada de decisão, cada prefeitura antecipa os resultados de bem-estar de sua população levando em consideração a ação tomada pela outra gestão municipal. Assim, define-se um jogo estático onde os *pay-offs* de cada prefeitura são representados pelos ganhos de bem-estar simulados de sua população em cada combinação de ações. Por hipóteses, neste jogo cada gestão municipal apresenta perfeita previsão do resultado

de bem-estar em cada combinação de políticas. Adicionalmente, considera-se que a decisão é tomada apenas após a mudança da regra. Neste contexto, o espaço de estratégia de cada prefeitura é aumentar a eficiência da educação pública fundamental em 10% ou manter o nível inicial, bem como aumentar em 10% as despesas públicas municipais em relação ao estado estacionário inicial na educação ou não.

O aumento nas despesas relacionadas à educação em cada região reduz os respectivos orçamentos municipais disponíveis e, conseqüentemente, reduz a parcela relacionada a oferta de serviços públicos de consumo. Tal efeito pondera negativamente os ganhos de bem-estar associados ao aumento de renda devido ao incremento no capital humano. Para os parâmetros de eficiência, admite-se que os incrementos disponíveis para as gestões municipais sejam determinados por fatores organizacionais, sem alteração na estrutura de gastos.

Assim, cada gestão apresenta quatro ações possíveis, totalizando 16 simulações realizadas. Os resultados de bem-estar definem o jogo estático a ser resolvido entre as gestões municipais no primeiro período, cujo resultado de equilíbrio é discutido a seguir.

Tabela 41 - Resultados de bem-estar simulados

		ξ_m aumenta	ξ_m aumenta	ξ_m mantido	ξ_m mantido
		ef_m aumenta	ef_m mantido	ef_m aumenta	ef_m mantido
ξ_s aumenta	ef_s aumenta	48,53; 50,45	48,23; 43,01	46,84; 5,33	46,64; 0,12
ξ_s aumenta	ef_s mantido	41,60; 50,43	41,30; 42,99	39,89; 5,31	39,69; 0,10
ξ_s mantido	ef_s aumenta	6,96; 50,35	6,63; 42,91	5,11; 5,22	4,90; 0,01
ξ_s mantido	ef_s mantido	2,10; 50,33	1,77; 42,90	0,23; 5,21	0,01; -0,00

Fonte: Elaboração própria.

O equilíbrio de Nash do jogo acima é composto por estratégia dominantes para ambas as gestões municipais, aumentando a eficiência e as despesas educacionais em 10%. Neste caso, os ganhos de bem-estar para a população de Sobral são de 48,53%, enquanto para a população da localidade formada pelo conjunto dos demais municípios cearenses é de 50,45%.

Neste cenário, o produto per capita de cada região incrementa em aproximadamente 75% no longo prazo, a maior renda impacta positivamente nas despesas de consumo privado em ambas as regiões, explicando os ganhos de bem-estar. Os resultados pronunciados indicam o papel relevante dos gastos e eficiência educacionais no processo de formação do capital humano. Ainda no resultado de equilíbrio, os ganhos de arrecadação e transferências dos entes

municipais gerados pela acumulação de capital humano mais que compensam o incremento nas despesas em educação básica, resultando em incrementos na oferta de serviços públicos de consumo municipais em ambas as regiões. Resultado também observado nas despesas estaduais. Tais resultados também ajudam a determinar os pronunciados ganhos de bem-estar apresentados.

Em relação a participação de cada região na distribuição de recursos, no contexto de ações iguais do equilíbrio de Nash, o município de Sobral apresenta incremento de 0,02 pontos percentuais. Conseqüentemente, observa-se uma queda equivalente no agrupamento dos demais municípios. O resultado pode ser associado ao maior nível de capital humano intrínseco da população de Sobral, potencializando os resultados na acumulação de capital humano associados aos incrementos nos gastos e na eficiência da educação em termos relativos.

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da Lei nº 14.023/2007, o Governo do Estado do Ceará alterou a regra de repasse aos municípios da parcela da arrecadação de ICMS determinada pela Constituição Federal de 1988. A norma federal indica que 25% da arrecadação de ICMS de pelo governo estadual seja distribuída aos seus municípios, dos quais no mínimo 65% devem ser determinados pelo valor adicionado fiscal, enquanto no máximo 35% são distribuídos conforme a norma estadual. Em linhas gerais, a mudança realizada em 2007 pela gestão estadual retira o papel de critérios populacionais, igualitários e focados na despesa em educação dos municípios, passando a enfatizar indicadores de saúde, qualidade do meio ambiente e desempenho educacional, sendo este último componente o foco de análise do presente trabalho.

Atualmente, conforme exposto na Lei nº 17.320/2020, os 35% definidos pela legislação estadual são distribuídos de forma que 2% são determinados pelo Índice de Qualidade do Meio Ambiente, 15% em função de indicadores de qualidade da saúde e 18% em função de indicadores que revelem a melhoria nos resultados de aprendizagem.

Alteração do componente educacional saindo da despesa e analisando os resultados educacionais servem de mecanismo de alinhamento entre as gestões municipais e o Governo Estadual. A partir dos incentivos financeiros, as prefeituras mudam o foco de maior gasto para a melhor qualidade educacional e, conseqüentemente, melhor desempenho dos estudantes.

Isto posto, o presente trabalho objetiva avaliar os impactos da mudança de regra sobre o comportamento das gestões públicas municipais acerca das despesas e qualidade da educação básica fornecida. Utiliza-se um modelo dinâmico de equilíbrio geral expandido para incorporar o processo de acumulação de capital humano e uma simplificação da regra de

distribuição implementada no Ceará. Enfatiza-se o município de Sobral devido ao notável desempenho educacional alcançado pelo município, aglomerando todos os demais municípios em uma única região complementar. São realizadas simulações onde cada município pode aumentar ou não a eficiência ou a despesa em educação municipal, sendo esta concorrente com a oferta de demais serviços públicos dentro do orçamento das prefeituras. Admite-se que as gestões municipais podem antecipar os resultados de bem-estar de suas populações em todas as combinações de estratégias possíveis entre as duas regiões, visando maximizá-los em um jogo estático a ser resolvido no momento da mudança na regra de distribuição.

Os resultados encontrados indicam que há um único equilíbrio de Nash, definido pelas estratégias dominantes para as duas gestões, onde ambas incrementam tanto a despesa quanto a eficiência na educação municipal. Ganhos significativos de bem-estar são observados para as populações das duas regiões, com maior intensidade para a região formada pelo conjunto de municípios com exceção de Sobral. Efeitos positivos significativos também são observados para o produto, consumo, arrecadação e no montante de transferências recebidos pelos municípios. Tais resultados são diretamente associados aos incrementos no capital humano nas duas regiões, motivados pela combinação melhores respostas das gestões municipais ao jogo estabelecido pelo Governo Estadual.

CONCLUSÕES GERAIS

Nesta tese, realizaram-se três exercícios empíricos para investigar os determinantes na educação do 5º ano do Ensino Fundamental no Brasil. Mais especificamente, esta tese tem como objetivos estimar a eficiência dos gastos públicos, analisar possíveis efeitos climáticos seja na dispersão dessa eficiência, ou agindo como um determinante do desempenho escolar do ensino fundamental municipal entre os anos 2011 a 2021 e, por fim, propor um modelo de equilíbrio geral para definir qual a melhor estratégia de financiamento educacional e eficiência que a gestão pública municipal deve tomar a fim de melhorar a qualidade de vida de seus habitantes.

No primeiro capítulo, o objetivo é investigar se há ineficiência na educação fundamental da rede pública municipal no Brasil. Para tanto, a partir de dados de um painel balanceado de 3.159 municípios brasileiros para os anos 2011, 2013, 2015, 2017, 2019, 2021, estima-se a ineficiência técnica educacional dos municípios brasileiros para o 5º ano do ensino fundamental, por meio da estimação de um modelo de fronteira estocástica a partir do estimador de máxima verossimilhança marginal simulada proposto por Belotti e Ilardi (2017). Os resultados também demonstram que há ineficiência na educação fundamental pública municipal; em cada estado, a capital predomina como o município mais eficiente; e os municípios eficientes em transformar os insumos educacionais em desempenho em matemática também são eficientes em obter o máximo resultado em português para dado nível de insumos educacionais. Essas evidências apontam, portanto, que é imprescindível que as políticas públicas educacionais priorizem a avaliação periódica da alocação dos insumos educacionais a fim de identificar e mitigar os fatores determinantes da ineficiência, permitindo um melhor uso dos recursos públicos em educação.

No segundo capítulo, o objetivo é verificar se variações climáticas podem ser incluídas como um fator importante no desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental no Brasil. Vale a pena destacar que, para diminuir os efeitos da heterogeneidade nestes municípios, utiliza-se uma metodologia de clusterização em relação às características climáticas das cinco regiões brasileiras. Desta maneira, para cada região, os municípios foram agrupados utilizando a técnica de classificação não hierárquica de partição *k-mean clustering*. Em seguida, para cada cluster das regiões brasileiras, são estimados modelos de efeitos fixos para dados em painel com desvios padrões robustos. Dentre os principais resultados, encontram-se evidências de que as variações climáticas e os casos de dengue impactam significativamente no desempenho escolar do 5º ano do ensino fundamental público municipal. Como esses impactos

são positivos em alguns grupos e negativos em outros, mesmo em municípios pertencentes a clusters diferentes, mas próximos do ponto de vista geográfico, as evidências podem indicar que há municípios mais adaptados para lidar com as variações climáticas e casos de dengue do que outros.

Por fim, o terceiro capítulo tem como objetivo analisar o impacto da Lei 14.023/07 sob o ponto de vista de agentes públicos municipais que visam maximizar o bem-estar da população de cada localidade. Em outras palavras, busca-se definir qual a melhor estratégia de financiamento educacional e eficiência que a gestão pública municipal deve tomar a fim de melhorar a qualidade de vida de seus habitantes. Para atingir o objetivo proposto, utiliza-se um modelo dinâmico de equilíbrio geral com duas regiões para analisar como as mudanças nas regras de distribuição do ICMS a partir de 2007 afetaram o sistema educacional no estado do Ceará. O modelo é calibrado de forma que as regiões representem o município de Sobral e o conjunto dos demais municípios cearenses. Os resultados encontrados indicam que há um único equilíbrio de Nash, definido pelas estratégias dominantes para as duas gestões, onde ambas incrementam tanto a despesa quanto a eficiência na educação municipal. Ganhos significativos de bem-estar são observados para as populações das duas regiões, com maior intensidade para a região formada pelo conjunto de municípios com exceção de Sobral. Efeitos positivos significativos também são observados para o produto, consumo, arrecadação e no montante de transferências recebidas pelos municípios. Tais resultados são diretamente associados aos incrementos no capital humano nas duas regiões, motivados pela combinação de melhores respostas das gestões municipais ao jogo estabelecido pelo Governo Estadual.

REFERÊNCIAS

- AGHION, P.; HOWITT, P. **Endogenous growth theory**. Cambridge, MA: MIT Press, 1998.
- AKBAR, R. Evaluating The Efficiency Of Indonesia's Secondary School Education. **JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)**, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2018.
- ALATAŞ, S.; ÇAKIR, M. The effect of human capital on economic growth: A panel data analysis. **Yönetim Bilimleri Dergisi**, v. 14, n. 27, p. 539-555, 2016.
- ALVES, M. T. G.; FERRÃO, M. E. Uma década da Prova Brasil: evolução do desempenho e da aprovação. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 30, n. 75, p. 688-720, 2019.
- AMÉRICO, B. L.; LACRUZ, A. J. Contexto e desempenho escolar: análise das notas na Prova Brasil das escolas capixabas por meio de regressão linear múltipla. **Revista de Administração Pública**, v. 51, n. 5, p. 854-878, 2017.
- ARAÚJO-JÚNIOR, J. N.; JUSTO, W. R.; ROCHA, R. M.; GOMES, S. M. F. P. O. Eficiência técnica das escolas públicas dos estados do Nordeste: uma abordagem em dois estágios. **Revista Econômica do Nordeste**, p. 61-73, 2016.
- ARAÚJO JÚNIOR, J. N. **Análise intertemporal na eficiência dos gastos municipais do Nordeste com educação básica: uma abordagem com DEA e Índice de Malmquist**. 76f. Dissertação (Mestrado em Economia). Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade Federal de Pernambuco, 2017.
- AZARIADIS, C.; DRAZEN, A. Threshold externalities in economic development. **The quarterly journal of economics**, v. 105, n. 2, p. 501-526, 1990.
- BALTAGI, B.H. AND GRIFFIN, J.M. (1997) **Pooled estimators vs their heterogeneous counterparts in the context of dynamic demand for gasoline**. *Journal of Econometrics* 77(2): 303–327
- BARRO, R. J. Output effects of government purchases. **Journal of political Economy**, v. 89, n. 6, 1981.
- BARRO, R. J. Economic growth in a cross section of countries. **The quarterly journal of economics**, v. 106, n. 2, p. 407-443, 1991.
- BARRO, R. J.; LEE, J. W. International comparisons of educational attainment. **Journal of monetary economics**, v. 32, n. 3, p. 363-394, 1993.
- BARRO, R. J. Human capital and growth. **American economic review**, v. 91, n. 2, p. 12-17, 2001.
- BAXTER, M.; KING, R. G. Fiscal policy in general equilibrium. **The American Economic Review**, p. 315-334, 1993.

BARRON, K.; GAMBOA, L. F.; RODRIGUEZ-LESMES, P. Behavioural response to a sudden health risk: Dengue and educational outcomes in Colombia. **The Journal of Development Studies**, v. 55, n. 4, p. 620-644, 2019.

BECKER, G. S. Investment in human capital: A theoretical analysis. **Journal of political economy**, v. 70, n. 5, Part 2, p. 9-49, 1962.

BECKER, G. S. A Theory of the Allocation of Time. **The economic journal**, v. 75, n. 299, p. 493-517, 1965.

BENHABIB, J.; SPIEGEL, M. M. The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. **Journal of Monetary economics**, v. 34, n. 2, p. 143-173, 1994.

BENEDICTO, B. V.; TEIXEIRA, E. C. O efeito do perfil do diretor escolar sobre a proficiência dos alunos no estado de Minas Gerais. **Economia Aplicada**, v. 24, n. 1, p. 5-28, 2020.

BEZERRA, A R.; PEREIRA, R. A. C.; CAMPOS, F. A. O. Efeitos de crescimento e bem-estar da recomposição dos investimentos públicos no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.44, n.3, 2014.

BONHOMME, S., AND E. MANRESA (2015): **Grouped Patterns of Heterogeneity in Panel Data**, *Econometrica*, 83, 1147–1184.

BRANDÃO, J. B. **O Rateio de ICMS por Desempenho de Municípios no Ceará e seu Impacto em Indicadores do Sistema de Avaliação da Educação** 2014. 88 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2014.

BULMAN, G.; FAIRLIE, R. W. Technology and education: Computers, software, and the internet. In: **Handbook of the Economics of Education**. Elsevier, p. 239-280, 2016.
CAMERON, A. C.; MILLER, D. L. A practitioner's guide to cluster-robust inference. **Journal of human resources**, v. 50, n. 2, p. 317-372, 2015.

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, 1992.

CARD, D. Estimating the return to schooling: Progress on some persistent econometric problems. **Econometrica**, v. 69, n. 5, p. 1127-1160, 2001.

CARNEIRO, D.; IRFFI, G. Avaliação comparativa das leis de incentivo à educação no Ceará. In: **ENCONTRO REGIONAL DE ECONOMIA**, v. 22, n. 3, p. 4, Fortaleza, 2017a.

CARNEIRO, D.; IRFFI, G. Problema do risco moral na educação básica: um modelo agente-principal para a distribuição de recursos da cota parte do ICMS. In. **Encontro Nacional de Economia**, 46, Rio de Janeiro, 2019.

- CARNEIRO, J.; KOPPENSTEINER, M. F.; MENEZES, L. **The Effect of Dengue Fever on Schooling Outcomes**. School of Economics, University of Surrey, 2023.
- CARVALHO, R. M. **Três ensaios sobre produtividade agrícola**. Fortaleza – CE, 2003. 133 p. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Economia – CAEN. Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Universidade Federal do Ceará.
- CLOTFELTER, C. T.; LADD, H. F.; VIGDOR, J. L. Teacher credentials and student achievement: Longitudinal analysis with student fixed effects. **Economics of education review**, v. 26, n. 6, p. 673-682, 2007.
- COOLEY, T. F.; HANSEN, G. D. Tax Distortions in a Neoclassical Growth Model. **Journal of Economic Theory**, v.58, n.2, 290–316, 1992.
- CRUZ, G.; ROCHA, R. Efeitos do FUNDEF/B sobre frequência escolar, fluxo escolar e trabalho infantil: uma análise com base nos Censos de 2000 e 2010. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 48, n. 1, p. 39-75, 2018.
- CRUZ, L.; LOUREIRO, A. Alcançando um nível de educação de excelência em condições socioeconômicas adversas: O caso de Sobral. **World Bank Group**, 2020.
- DUDA, R. O.; HART, P. E.; STORK, D. G. **Pattern classification**. Hoboken: Wiley, 2000.
- DUVAL, E. Attention please! Learning analytics for visualization and recommendation. In: **Proceedings of the 1st international conference on learning analytics and knowledge**. 2011. p. 9-17.
- EVERITT, B. (1993). *Cluster Analysis*, 3rd edn, Edward Arnold, New York
- FARRELL, M. Sex differences in block play in early childhood education. **The Journal of Educational Research**, v. 51, n. 4, p. 279-284, 1957.
- FERNANDEZ-VAL, I. (2005). ‘**Bias correction in panel data models with individual specific parameters**’, Boston University – Department of Economics – Working Papers Series WP2005-041
- FILMER, D.; ROGERS, H.; ANGRIST, N.; SABARWAL, S. Learning-adjusted years of schooling (LAYS): Defining a new macro measure of education. **Economics of Education Review**, v. 77, p. 101971, 2020.
- FMI – FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL. *World Economic Outlook*. FMI, Washington, 2021. Disponível em: < <https://www.imf.org/en/Publications/WEO> >
- 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.
- FERRÃO, M. E. The evaluation of students’ progression in lower secondary education in Brazil: Exploring the path for equity. **Studies in Educational Evaluation**, v. 75, p. 101220, 2022.
- FERREIRA, J. **Boas práticas administrativo-pedagógicas que colaboram para o desempenho dos alunos de escolas municipais do ensino fundamental do estado de São**

Paulo no IDEB. [s.l] 2015. 414f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

FERREIRA, P. C.; NASCIMENTO, L. G. **Welfare and growth effects of alternative fiscal rules for infrastructure investment in Brazil.** EPGE 604. Fundação Getúlio Vargas, 2005. Ensaio Econômicos.

GARCÍA-BARRERA, A. Las necesidades educativas especiales: un lastre conceptual para la inclusión educativa en España. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 25, p. 721-742, 2017.

GEVA-MAY, I. Higher education and attainment of policy goals: Interpretations for efficiency indicators in Israel. **Higher Education**, v. 42, p. 265-305, 2001.

GLAESER, E. L.; SAKS, R. E. Corruption in america. **Journal of public Economics**, v. 90, n. 6-7, p. 1053-1072, 2006.

GLEWWE, P.; HANUSHEK, E. A.; HUMPAGE, S. D.; RAVINA, R. School resources and educational outcomes in developing countries: A review of the literature from 1990 to 2010. **National Bureau of Economic Research** (no. w17554), 2011.

GLOMM, G.; RAVIKUMAR, B. Public investment in infrastructure in a simple growth model. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 18, n. 6, p. 1173-1187, 1994.

GLOMM, G.; RAVIKUMAR, B. Productive government expenditures and long-run growth. **Journal of Economic Dynamics and control**, v. 21, n. 1, p. 183-204, 1997.

GROSSKOPF, S. Efficiency and productivity. **The measurement of productive efficiency: Techniques and applications**, p. 160-194, 1993.

GRAHAM, B. S. AND POWEL, J. L. (2012). **Identification and estimation of irregular' correlated random coefficient models**, *Econometrica*, Vol. 80, pp. 2105–2152.

GROSSMAN, M. Education and nonmarket outcomes. **Handbook of the Economics of Education**, v. 1, p. 577-633, 2006.

HANUSHEK, E. A.; WOESSMANN, L. The economics of international differences in educational achievement. **Handbook of the Economics of Education**, v. 3, p. 89-200, 2011.

HANUSHEK, E. A. Education production functions. In: **The economics of education**. Academic Press, 2020. p. 161-170.

HUSSAINI, M. H. AL. Impact of Climate on Student Education and Their Future Development. **International Journal of Integrative Sciences**, v. 2, n. 4, p. 513-522, 2023.

IRES, F. N.; MARIANO, F. Z.; BENEVIDES, A. A. Índice de motivação multidimensional e desempenho escolar no brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 74, n. 3, p. 305-324, 2020.

JAIN, A. K.; DUBES, R. C. **Algorithms for clustering data**. Prentice-Hall, Inc., 1988.

JAIN, A. K. Data clustering: 50 years beyond K-means. **Pattern recognition letters**, v. 31, n. 8, p. 651-666, 2010.

JOHNES, J.; PORTELA, M.; THANASSOULIS, E. Efficiency in education. **Journal of the Operational Research Society**, v. 68, n. 4, p. 331-338, 2017.

KAUFMAN, L. AND ROUSSEEUW, P.J. (1990). Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis, New York, John Wiley & Sons.

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, 2019.

KYDLAND, F. E.; PRESCOTT, E. C. Time to Build and Aggregate Fluctuations. **Econometrica**, v. 50, n. 6, 1345–1370, 1982.

LAUTHARTE, I.; OLIVEIRA, V. H.; LOUREIRO, A. Incentives for mayors to improve learning: evidence from state reforms in Ceará, Brazil. **World Bank**, Washington, DC, 2021.

LEAL FILHO, W.; BALASUBRAMANIAN, M.; ZUÑIGA, R. A. A.; SIERRA, J. The effects of climate change on children's education attainment. **Sustainability**, v. 15, n. 7, p. 6320, 2023.

LEVINE, R.; RENELT, D. A sensitivity analysis of cross-country growth regressions. **The American economic review**, p. 942-963, 1992.

LOCHNER, L.; MORETTI, E. The effect of education on crime: Evidence from prison inmates, arrests, and self-reports. **American economic review**, v. 94, n. 1, p. 155-189, 2004.

LOUREIRO, A.; CRUZ, L.; LAUTHARTE, L.; EVANS, D. K. The State of Ceará in Brazil is a role model for reducing learning poverty. **World Bank**, Washington, DC, 2020.

LU, H.; HUANG, S. Clustering panel data. In: **SIAM international workshop on data mining held in conjunction with the 2011 SIAM international conference on data mining**. 2011. p. 1-10.

LUCAS, R. E. On the mechanics of economic development. **Journal of monetary economics**, v. 22, n. 1, p. 3-42, 1988.

MACHADO JÚNIOR, S. P.; IRFFI, G.; BENEGAS, MAURICIO. (2011). Análise da Eficiência Técnica dos Gastos com Educação, Saúde e Assistência Social dos Municípios Cearenses. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 36, jan./jun.

MANKIW, N. G.; ROMER, D.; WEIL, D. N. A contribution to the empirics of economic growth. **The quarterly journal of economics**, v. 107, n. 2, p. 407-437, 1992.

MARIN, S. V.; SCHWARZ, L.; SABARWAL, S. **The Impact of Climate Change on Education and what to Do about it**. World Bank, 2024.

MATAVELLI, I. R.; MENEZES FILHO, N. A. Efeitos de tamanho da sala no desempenho dos alunos: Evidências usando regressões descontínuas no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 74, p. 352-401, 2020.

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, 2007.

MCINTOSH, S.; VIGNOLES, A. Measuring and assessing the impact of basic skills on labour market outcomes. **Oxford Economic Papers**, v. 53, n. 3, p. 453-481, 2001.

MILLER, P.; MULVEY, C.; MARTIN, N. What do twins studies reveal about the economic returns to education? A comparison of Australian and US findings. **The American Economic Review**, v. 85, n. 3, p. 586-599, 1995.

MINCER, J. Investment in human capital and personal income distribution. **Journal of political economy**, v. 66, n. 4, p. 281-302, 1958.

MINCER, J. **Human capital and economic growth**, NBER Working Papers 803, National Bureau of Economic Research, Cambridge, M. A. 1981.

MORICONI, G.M. **Medindo a eficácia dos professores: O uso de modelos de valor agregado para estimar o efeito do professor sobre o desempenho dos alunos**. 114f. Tese de Doutorado. Tese (CDAPG)-Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2012.

MONTEIRO, J. Gasto público em educação e desempenho escolar. **Revista Brasileira de Economia**, v. 69, n. 4, p. 467-488, 2015.

MOREIRA, A. R. B. Eficiência do gasto da educação fundamental municipal. Brasília, DF: **IPEA**, 2017. (Texto para Discussão, 2308).

NAGARI, S. S.; INAYATI, L. Implementation of clustering using k-means method to determine nutritional status. **J. Biometrika dan Kependud**, v. 9, n. 1, p. 62, 2020.

NELSON, R. R.; PHELPS, E. S. Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. **The American economic review**, v. 56, n. 1/2, p. 69-75, 1966.

NUSCHE, D.; RABELLA, M. F.; LAUTERBACH, S. **Rethinking education in the context of climate change: Leverage points for transformative change**. OECD Education Working Paper No 307, 2024.

NOGUEIRA, C. A. G. Efeitos Distributivos Das Políticas Públicas: O Caso da nova metodologia de cálculo da cota parte do ICMS do Ceará. **Revista FSA (Centro Universitário Santo Agostinho)**, v. 9, n. 1, p. 55-69, 2012.

OKPALA, C. O.; OKPALA, A. O.; SMITH, F. E. Parental involvement, instructional expenditures, family socioeconomic attributes, and student achievement. **The Journal of Educational Research**, v. 95, n. 2, p. 110-115, 2001.

PETTERINI, F. C.; IRFFI, G. D. Evaluating the impact of a change in the ICMS tax law in the state of Ceará in municipal education and health indicators. **Economia**, v. 14, n. 3-4, p. 171-184, 2013.

PONNE, B. G. Better Incentives, Better Marks: A Synthetic Control Evaluation of the Educational Policies in Ceará, Brazil. **Brazilian Political Science Review**, v. 17, n. 1, p. e0005, 2023.

PROCÓPIO, I. V.; FREGUGLIA, R. S.; CHEIN, F. Desigualdade de oportunidades na formação de habilidades: Uma análise com dados longitudinais. **Economia Aplicada**, v. 19, n. 2, p. 326-348, 2015.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). RELATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (RDH-PNUD). Relatório de Desenvolvimento Humano 2021/2022. Disponível em:

< <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-05/hdr2021-22ptpdf.pdf> >

PSACHAROPOULOS, G.; PATRINOS, H. A. Returns to investment in education: a decennial review of the global literature. **Education Economics**, v. 26, n. 5, p. 445-458, 2018.

QUEIROZ, M. V. A. B.; SAMPAIO, R. M. B.; SAMPAIO, L. M. B. Dynamic efficiency of primary education in Brazil: Socioeconomic and infrastructure influence on school performance. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 70, p. 100738, 2020.

RAPOSO, I. P. A.; GONÇALVES, M. B. C. **Acompanhamento longitudinal do desempenho escolar de alunos da rede pública de ensino fundamental do Recife**. Relatório de pesquisa. Núcleo de Estudos em Estatísticas Sociais - *NEES*. Fundação Joaquim Nabuco. Recife, 2020. Disponível em: <

https://antigo.fundaj.gov.br/images/documentos/DIPES/Relatorio_2.pdf >

RAPOSO, I. P. DE A., & GONÇALVES, M. B. C. (2020). Peer effects and educational achievement: evidence of causal effects using age at school entry as exogenous variation for Peer quality. *Economía*, 21(1), 18–37.

RIVAS, A.; SCASSO, M. **Las llaves de la educación: Estudio comparado sobre la mejora de los sistemas educativos subnacionales en América Latina**. CIAESA, Instituto Natura, Fundación Santillana y Universidad de San Andrés, 2020.

RIVERA, E. B. B. R.; CONSTANTIN, P. D. Produtividade total dos fatores nas principais lavouras de grãos brasileiras: análise de Fronteira Estocástica e Índice de Malmquist. **In. Anais do 35º Encontro Nacional de Economia** Recife: ANPEC, 2007.

< <http://www.anpec.org.br/encontro2007/artigos/A07A121.pdf> >

RODRIGUES, L. O.; COSTA, E. M.; SILVA, V. H. M. C.; MARIANO, F. Z.; JESUS FILHO, J. A note on performance differences between urban and rural schools in Brazil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 74, p. 494-507, 2021.

ROLAND, D. A. **O efeito da saúde sobre o desempenho escolar**. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ROMER, P. M. Increasing returns and long-run growth. **Journal of political economy**, v. 94, n. 5, p. 1002-1037, 1986.

ROMER, P. M. Endogenous technological change. **Journal of political Economy**, v. 98, n. 5, Part 2, p. S71-S102, 1990.

ROMERO, C.; VENTURA, S. Educational data mining: a review of the state of the art. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (applications and reviews)**, v. 40, n. 6, p. 601-618, 2010.

SARAFIDIS, VASILIS, and NEVILLE WEBER. 2015. **A partially heterogeneous framework for analysing panel data**. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 77: 274–96.

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, 2020.

SALGADO JUNIOR, A. P. Proposta de metodologia para identificação de fatores que possam influenciar no desempenho de alunos de escolas municipais do ensino fundamental em testes padronizados de avaliação em larga escala. 2013. 340 f. Tese (Livre-docência – Área de concentração: Produção) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.

SANTANA, P. J.; CAVALCANTI, T. V. d. V.; PAES, N. L. Impactos de longo prazo de reformas fiscais sobre a economia brasileira. **Revista Brasileira de Economia**. v. 66, p. 247-269. 2012.

SANTANA, F. L.; NETTO JÚNIOR, J. L. S. (2015) Oferta Pública Educacional e o Background Familiar: Evidências para as Microrregiões Brasileiras de 2000 e 2010. *Análise Econômica*, Porto Alegre, ano 33, n. 64, p. 51-82, set.

SCHULTZ, T. W. Capital formation by education. **Journal of political economy**, v. 68, n. 6, p. 571-583, 1960.

SCHULTZ, T. W. Education and economic growth. **Teachers College Record**, v. 62, n. 10, p. 46-88, 1961.

SCHETTINI, B. P. Avaliação da eficiência técnica dos municípios brasileiros na educação básica. Brasília: **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 48, n. 1, p. 37-69, 2018.

SENGUPTA, D.; NANDA, A. K. Log-concave and concave distributions in reliability. **Naval Research Logistics (NRL)**, v. 46, n. 4, p. 419-433, 1999.

SILVA, F. S. **Eficácia escolar, liderança e aprendizagem nas escolas estaduais brasileiras: uma análise multivariada em painel**. 169f. Tese de Doutorado. Tese (CDAPG)-Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2020.

SOLOW, R. M. Technical change and the aggregate production function. **The review of Economics and Statistics**, v. 39, n. 3, p. 312-320, 1957.

TABOSA, F.J. S.; CASTELAR, P. U. (2022). Analysis of the Efficiency of State Public Expenditure in Education and Health: The Brazilian Case After the Fiscal Responsibility Law. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 52, n. 1, abr.

TUPY, O; YAMAGUCHI, T. Eficiência e produtividade: conceitos e medição. **Agricultura em São Paulo**, v.45, n.2, p.39-51, 1998.

TUYISHIMIRE, E.; MABUTO, W.; GATABAZI, P.; BAYISINGIZE, S. Detecting learning patterns in tertiary education using k-means clustering. **Information**, v. 13, n. 2, p. 94, 2022.

TZENIOS, N. Clustering students for personalized health education based on learning styles. **Sage Science Review of Educational Technology**, v. 3, n. 1, p. 22-36, 2020.

UNESCO. institute for statistics data centre. 2009.

UNESCO. Education for All (EFA) Global Monitoring Report (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010).

VANKAYALAPATI, R.; GHUTUGADE, K. B; VANNAPURAM, R.; PRASANNA, B. P. S. K-Means algorithm for clustering of learners performance levels using machine learning techniques. **Rev. d'Intelligence Artif.**, v. 35, n. 1, p. 99-104, 2021.

WELCH, F. Education in production. **Journal of political economy**, v. 78, n. 1, p. 35-59, 1970.

WIDIYANINGTYAS, T.; PRABOWO, M. I. W.; PRATAMA, M. A. M. Implementation of K-means clustering method to distribution of high school teachers. In: **2017 4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)**. IEEE, p. 1-6, 2017.

VILLAR, L. A.; ROJAS, D. P.; BESADA-LOMBANA, S.; SARTI, E. Epidemiological trends of dengue disease in Colombia (2000-2011): a systematic review. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 9, n. 3, p. e0003499, 2015.

WOODHALL, M. Human capital concepts. In: **Economics of education**. Pergamon, 1987. p. 21-24.

WORLD BANK. **World Development Indicators 2006**. Washington, DC: World Bank, 2006.

WORLD BANK. **World Development Indicators 2008**. Washington, DC: World Bank, 2008.

ZHANG, J.; ZHANG, J.; LEE, R. Rising longevity, education, savings, and growth. **Journal of Development Economics**, v. 70, n. 1, p. 83-101, 2003.