



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS

DAVID NOGUEIRA SILVA MARZZONI

GASTO PÚBLICO COM EDUCAÇÃO BÁSICA: APLICAÇÃO DO MÉTODO  
DEA PARA AVALIAR (IN)EFICIÊNCIA DOS ESTADOS

ORIENTADORA: PROFA. DRA. ELISABETH DE OLIVEIRA VENDRAMIN

CAMPO GRANDE - MS

2023

Prof. Dr. Marcelo Augusto dos Santos Turine  
Reitor da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Cláudio Cesar da Silva  
Diretor da Escola de Administração e Negócios

Prof. Dr. Luiz Miguel Renda dos Santos  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis

DAVID NOGUEIRA SILVA MARZZONI

GASTO PÚBLICO COM EDUCAÇÃO BÁSICA: APLICAÇÃO DO MÉTODO DEA  
PARA AVALIAR (IN)EFICIÊNCIA DOS ESTADOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências. Versão Corrigida. A original encontra-se disponível na ESAN/UFMS.

ORIENTADORA: PROFA DRA ELISABETH  
DE OLIVEIRA VENDRAMIN

CAMPO GRANDE - MS

2023

## FOLHA DE APROVAÇÃO

David Nogueira Silva Marzzoni. Gasto público com educação básica: aplicação do método DEA para avaliar (in)eficiência dos estados.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Contabilidade e Controladoria

Aprovado em: 11/set/2023

### **Banca examinadora**

Prof. Dr. Michel Melo Arnaud

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará/UNIFESSPA

Membro Titular Externo

Profa. Dra. Marcielle Anzilago

Escola de Administração e Negócios/UFMS

Membro Titular Interno

Profa. Dra. Elisabeth de Oliveira Vendramin

Escola de Administração e Negócios/UFMS

Professora Orientadora – Presidente da Banca Examinadora

## **Agradecimentos**

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar a bom porto sem o precioso apoio de várias pessoas.

Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer a minha orientadora, Prof. Dra. Elisabeth de Oliveira Vendramin, que mesmo sem me conhecer pessoalmente, foi um grande suporte para mim, dando paciência, sorrisos, acolhimento, empenho e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho e em todos aqueles que realizei durante as aulas e eventos acadêmicos. Muito obrigado por me ter corrigido quando necessário sem nunca me desmotivar, sua companhia nas aulas remotas durante a pandemia covid-19 deu sentido a minha vida.

Expresso meu profundo agradecimento ao Prof. Michel Melo Arnaud (UNIFESSPA) por sua inestimável colaboração e orientação durante o processo de pesquisa.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos os professores do programa de mestrado (PPGCC) pelos seus ensinamentos e orientações durante toda a minha jornada acadêmica na UFMS.

Desejo igualmente agradecer a todos os meus colegas do Mestrado em Ciências Contábeis (UFMS), especialmente a Joseli, Renato, Guilherme, Nataly, Doris Day, Denis e Eumir, cujo apoio e amizade estiveram presentes em todos os momentos.

Agradeço a secretaria do programa de pós-graduação em ciências contábeis, Cibelle Olarte e Cibelly Urias, que me ajudou com todas as informações para cumprir as regras do programa (PPGCC/UFMS).

Por último, quero agradecer à minha família e amigos pelo apoio incondicional que me deram, especialmente aos meus pais (Teofilo/Ivanilde) pelo amor, minha irmã (Isabel) pelos conselhos, e meus amigos (Raulim e Wairan) pelos momentos de diversão.

*Vá com pressa,  
Atalhe caminho,  
Entre pelas janelas,  
Coma na panela.*

*Faça sem motivo,  
Esbarre,  
Escancare,  
Mas não proteste!*

*(Yanna Pereira, 2020)*

## RESUMO

Marzzoni, David Nogueira Silva. Gasto público com educação básica: aplicação do método DEA para avaliar (in)eficiência dos estados. (Dissertação de Mestrado). Escola de Administração e Negócios – ESAN, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campo Grande, MS, Brasil.

O Brasil desde meados dos anos 2000 vem adotando medidas para aumentar o nível de escolaridade dos brasileiros, uma vez que, a educação é o caminho mais pertinente para o desenvolvimento de um país. Diante disso, esta pesquisa tem por objetivo analisar a eficiência dos Estados na aplicação dos recursos para Educação básica. A eficiência foi mensurada por uma abordagem quantitativa com a utilização do método Análise Envoltória de Dados, operacionalizada com o auxílio do programa *R Studio*; *software* livre e gratuito. Para tanto, os Estados foram tomados como unidades decisórias (DMU) e os escores de eficiência computados com orientação aos resultados. Os insumos (*inputs*) foram: Gasto *per capita* com educação, Número de Instituições Públicas na Educação Básica, Número de docentes na educação Básica. Concernente aos produtos (*output*) serão um conjunto de indicadores de acompanhamento escolar: IDEB – Serie dos Anos iniciais, IDEB - Serie dos Anos Finais, IDEB - Ensino Médio. Ademais, foi realizado um levantamento bibliográfico e documental a partir de dissertações, teses, periódicos científicos. Como resultados da análise transversal para o ano de 2020 foram estimados os escores de eficiência das 27 UF, enquanto unidades tomadoras de decisão, sendo que cinco estados foram classificados como eficientes, doze tiveram ineficiência fraca, oito estados ineficiência moderada e dois ineficiência forte. Observou-se que os Estados com maiores gastos *per capita* se mostraram com ineficiência forte, sendo eles Alagoas com R\$ 7 372,49/hab e Goiás com R\$ 6 005,47/hab. De maneira oposta, Estados com menores gastos *per capita* foram identificados como eficientes, Amazonas (R\$ 2665,96/hab, menor valor), Paraíba (2808,48/hab) e Sergipe (3087,00/hab). O que indica não haver uma relação direta exclusiva entre gasto e eficiência. Além disso, foi observado que há uma correlação muito forte entre as variáveis eficiência e transparência, uma vez que, que quatro (AP, AM, PB, SE) dos cinco Estados classificados como eficientes também obtiveram resultados positivos na Transparência das contas públicas.

**Palavras-chave:** Educação. Gasto *per capita*. Eficiência.

## ABSTRACT

Marzzoni, David Nogueira Silva. Public expenditure on primary education: application of the DEA method to assess (in)efficiency of states. (Master's Dissertation). Escola de Administração e Negócios – ESAN, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campo Grande, MS, Brasil.

Since the mid-2000s, Brazil has been adopting measures to increase the level of education of Brazilians, since education is the most relevant path for the development of a country. Therefore, this research aims to analyze the efficiency of the States in the application of resources for Basic Education. Efficiency was measured by a quantitative approach using the Data Envelopment Analysis method, operationalized with the aid of the R Studio program, free and free software. For this purpose, the States were taken as decision-making units (DMU) and the efficiency scores computed with orientation to the results. The inputs were: Per capita expenditure on education, Number of Public Institutions in Basic Education, Number of teachers in Basic Education. Concerning the products (output), there will be a set of school monitoring indicators: IDEB – Initial Years Series, IDEB – Final Years Series, IDEB – Secondary Education. Furthermore, a bibliographical and documentary survey was carried out based on dissertations, theses, scientific journals. As a result of the cross-sectional analysis for the year 2020, the efficiency scores of the 27 FUs were estimated, as decision-making units, with five states being classified as efficient, twelve having weak inefficiency, eight states having moderate inefficiency and two having strong inefficiency. It was observed that the States with the highest per capita expenditures showed strong inefficiency, namely Alagoas with R\$ 7,372.49/inhabitant and Goiás with R\$ 6,005.47/inhabitant. On the other hand, States with lower per capita expenses were identified as efficient, Amazonas (R\$ 2665.96/inhabitant, lower value), Paraíba (2808.48/inhabitant) and Sergipe (3087.00/inhabitant). This indicates that there is no exclusive direct relationship between spending and efficiency. In addition, it was observed that there is a very strong correlation between the variables efficiency and transparency, since four (AP, AM, PB, SE) of the five States classified as efficient also obtained positive results in the Transparency of public accounts.

**Keywords:** Education. Spending per capita. Efficiency.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estruturação da dissertação .....	14
Quadro 2 – Princípios orçamentários .....	18
Quadro 3 – Legislação relacionada ao orçamento público no Brasil.....	21
Quadro 4 – Definição dos principais termos do DEA.....	24
Quadro 5 – Esquema de Mensuração da Eficiência.....	25
Quadro 6 – Estudos que incorporaram o método DEA à educação .....	31
Quadro 7 – Unidades tomadoras de decisão .....	36
Quadro 8 – Variáveis selecionadas .....	37
Quadro 9 – Parâmetros para classificação do grau de correlação .....	38
Quadro 10 – Escore dos índices de eficiência.....	38

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas para o método DEA.....	35
Figura 2 – Mapa dos escore de eficiência dos Estados na Educação básica, ano de 2020 .....	44
Figura 3 – Estados <i>Benchmarks</i> de eficiência na educação básica, ano 2020 .....	47
Figura 4 – Números de vezes que os <i>Benchmarks</i> foram referência .....	48
Figura 5 – Mapa com índices de Transparência da CGU (2020).....	49

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gasto <i>per capita</i> com educação básica por Estados, ano 2020.....	40
Gráfico 2 – Gráfico de dispersão da Eficiência (associada a Transparência).....	50

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CF	Constituição Federal
DEA	Análise Envoltória de dados
DMUs	Decision Making Units
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
FUNDEF	Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental
FUNDEB	Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IQGP	Índice de Qualidade do Gasto Público
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LDO	Lei de Diretrizes Orçamentárias
LOA	Lei Orçamentária Anual
LRF	Lei de Responsabilidade Fiscal
MCASP	Manual de Contabilidade Aplicada ao Setor Público
ONU	Organização das Nações Unidas
PCASP	Plano de contas Aplicado ao Setor Público
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PPA	Plano Plurianual
PPL	Problema de Programação Linear
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
SIOPE	Sistema de Informações Sobre Orçamentos Públicos em Educação
STN	Secretaria do Tesouro Nacional
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 OBJETIVOS .....	12
1.1.1 Objetivo geral .....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA PARA PESQUISA .....	13
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	14
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
2.1 FINANÇAS PÚBLICAS.....	15
2.1.1 Orçamento Público .....	16
2.1.2 Orçamento Público para Educação.....	21
2.2 DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA).....	23
2.2.1 Eficiência.....	24
2.2.2 Principais Modelos do DEA.....	25
2.3 ESTUDOS ANTERIORES .....	30
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>33</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	33
3.2 COLETA DE DADOS .....	33
3.3 ESTRATÉGIA DO ESTUDO .....	34
3.4 IDENTIFICAÇÃO DAS DMUS.....	35
3.4.1 Seleção das variáveis ( <i>inputs</i> e <i>outputs</i> ) da análise DEA.....	36
3.4.2 Modelo DEA – Variable Returns to Scale (VRS) .....	38
3.5 <i>SOFTWARE</i> PARA ESTIMAR O MODELO DEA – <i>R Studio</i> .....	39
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
4.1 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA .....	40
4.2.1 Estados <i>Benchmarks</i> .....	45
4.2.2 Relação entre Eficiência e Transparência.....	48
4.3 ANÁLISE LONGITUDINAL DA EFICIÊNCIA.....	50
4.4 DISCUSSÕES E IMPLICAÇÕES .....	52
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>67</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A educação é considerada uma das principais formas que há para o estado promover o desenvolvimento de uma comunidade, em razão de representar o meio mais exequível de garantia para o desenvolvimento econômico e social (Mendonça, 2014). Ou seja, a educação simboliza as transformações da base material da sociedade, e consiste em uma dimensão concreta da vida material, que se modela em consonância com as condições de existência dessa mesma sociedade (Bueno; Gomes, 2011).

No Brasil a Constituição Federal (1988) assegura o direito social à educação (art. 6º). A LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação) definiu a educação básica sendo: educação infantil, ensino fundamental e ensino médio. Destaca-se também o direcionamento apresentado pela referida lei, quando ressalta que “a educação básica tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhes meios para progredir no trabalho e estudos posteriores” (Brasil, 1996, p.7). Assim como no Brasil, os demais países democráticos consideram a educação um direito fundamental de natureza social, e várias são as legislações que validam tal afirmação (Martins; From, 2016).

Para garantir a concretização desse direito, são previstos percentuais mínimos constitucionais que cada ente federado (União, estados e municípios) deve necessariamente aplicar em educação. No tocante a aplicação de recursos, observa-se nos últimos anos significativo crescimento nas despesas dos Estados brasileiros com educação. Essa elevação dos gastos públicos com educação, deve-se ao fato de que o Estado brasileiro, nas últimas duas décadas, tem mostrado grande interesse pelo seu desenvolvimento educacional. Pois, com a promulgação da Constituição de 1988, ficou estabelecida a universalização da educação básica, tornando-se direito de todos e dever do Estado, sendo de competência dos três entes federativos (União, Estados e Municípios) a responsabilidade do financiamento da educação brasileira.

Anualmente, a manutenção do sistema educacional público movimenta uma grande quantidade de dinheiro. Estes recursos são oriundos das receitas tributárias dos entes federativos. Cabe à União destinar no mínimo 18% da Receita Líquida Tributária (RLT) e aos Estados e Municípios 25% da RLT para manutenção e desenvolvimento do ensino (Benício, Rodopoulos, Bardella, 2015). Além disso, a Emenda Constitucional nº 108/2020 torna permanente uma das principais fontes de financiamento da educação no país, o Fundo de

Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (FUNDEB), a contribuição do Governo Federal para o novo FUNDEB vai aumentar gradativamente até alcançar o percentual de 23% dos recursos que compõe o fundo em 2026.

Contudo, um grande volume de recursos destinados à educação, por si só não garante retorno eficiente do Estado. Para se obter o *feedback* há diversos indicadores oficiais direcionados para avaliar a qualidade da educação no país, um deles é o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), que tem como objetivo avaliar o desempenho dos alunos do ensino básico, o cálculo é realizado a partir dos dados obtidos no Censo Escolar, e das médias de desempenho no Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB). O objetivo em avaliar o desempenho do Brasil a partir do IDEB é direcionar o país a atingir a mesma média de conteúdo de alunos de países desenvolvidos OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico). Segundo o Banco Mundial (2017), o Brasil está gastando 62% mais do que precisaria para atingir o desempenho atualmente observado em escolas públicas, o que corresponde a quase 1% do PIB, ainda de acordo relatório da OCDE, enquanto as despesas com educação no Brasil chegaram a 6% do PIB, a média para os países da OCDE está em 5,5% e para os países da América Latina em 4,6% (OCDE, 2018).

Para Beghini e Tosta (2017), um dos desafios do Estado é a alocação dos recursos públicos para que seja realizado de forma a promover o máximo de benefício social, com efetividade, economicidade, transparência e moralidade. Nesse sentido, identificar fatores associados à eficiência contribui para que o Estado possa criar mecanismos para potencializar aspectos positivos na alocação dos recursos (Machado Junior, Irffi, Benegas, 2011), gerando efetividade e correta aplicação dos investimentos públicos (ZUBYK, *et al.*, 2019).

Ademais, para que educação seja eficaz, é necessário estabelecer mecanismos de divulgação de informações e prestar contas que sejam acessíveis e compreensíveis para todos os envolvidos. Como Sen (2000) destacou a transparência na área da educação é um componente essencial para a promoção da qualidade e *accountability* nos sistemas educacionais. Além disso, ajuda a prevenir práticas corruptas e promove a integridade no setor educacional.

Sendo assim, como forma de contribuir para os estudos na área das finanças públicas, a presente dissertação lança a seguinte questão: *Qual o grau de eficiência dos Estados brasileiros em relação a alocação dos gastos públicos com Educação Básica?*

Para esta pesquisa o conceito de eficiência enquanto princípio da administração pública não será abordado, uma vez que, se utilizará a compreensão de eficiência entendida pelo método Análise Envoltória de Dados, mais conhecido no Brasil por sua sigla em inglês DEA (Data Envelopment Analysis), o qual, estabelece que a eficiência é formulada como um Problema de Programação Linear (PPL), não paramétrica, que avalia a eficiência técnica e relativa de unidades produtivas, chamadas de DMU (Decision Making Units), ou unidades tomadoras de decisão, a qual, compara entidades que realizam tarefas semelhantes e se distingue pela quantidade de recursos utilizados (inputs) e de bens produzidos (outputs) (Passoni; Murback, 2014). Diversos estudos têm se destinado a avaliar e compreender a eficiência dos gastos públicos utilizando o método DEA (Dumitrescu et al., 2020; Storti-Pereira, 2018; Ferri, 2017; Monte, Leopoldino, 2017; Begnin, Tosta, 2017; Scherer, 2016; Dufrechou, 2016;).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem por objetivo geral analisar o nível de eficiência dos Estados brasileiros na alocação de recursos direcionados para função educação básica.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo geral se concretize, foram definidos objetivos específicos para esta dissertação:

- a) caracterizar os gastos com educação básica;
- b) estimar o nível de eficiência dos Estados;
- c) verificar a relação entre a eficiência e indicadores de transparência;
- d) identificar os Estados *Benchmarks*.

## 1.2 JUSTIFICATIVA PARA PESQUISA

É importante estudar a eficiência na aplicação dos recursos públicos na educação básica por pelo menos quatro motivos. O primeiro refere-se ao fato de que gastos com educação são os investimentos públicos que mais geram crescimento, uma vez que, elevam o nível de capital humano, que conseqüentemente promove o crescimento da economia (Zoghbi, *et. al.*, 2009).

O segundo motivo diz respeito a legislação constitucional brasileira que prevê a eficiência como um dos princípios norteadores da administração pública, princípio este, que foi acrescido pela emenda constitucional nº 19, de 1998. Além de que, a eficiência nos gastos públicos pode gerar economias importantes para o orçamento, assim como tem a capacidade de reduzir as desigualdades e o caráter regressivo de muitas políticas (Benício; Rodopoulos; Bardella, 2015).

O terceiro motivo está relacionado a importância dos estudos na vida profissional de uma pessoa. O cidadão mediano que, ao menos, concluiu o ensino médio tem seu salário 32% maior que a pessoa que completou o Ensino Fundamental (Pieri, 2018); e ainda, quando comparado ao indivíduo que concluiu o nível superior com o que apenas terminou o ensino fundamental, a diferença sobe para 230%. Ou seja, avançar na educação escolar formal incrementa significativamente a vida econômica dos brasileiros.

Por fim, a quarta justificativa se respalda no sentido de que estudos na área da educação podem melhorar as tomadas de decisão dos gestores. Levando em conta, que dispor de informações confiáveis, de boa qualidade, pautadas em pesquisas, possibilita aos gestores e colaboradores um trabalho mais eficiente, além de minimizar certos problemas comumente existentes na maioria das organizações (Dantas, 2013).

Ademais, a grande maioria dos trabalhos que tratam da eficiência nos gastos públicos com educação, fazem análises estáticas pela perspectiva da “gestão” da administração pública (Scherer, 2016; Ferri, 2017). Diferentemente deste estudo que buscará relacionar a eficiência também pelo viés contábil, analisando indicadores de transparência e *accountability*.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A seguir o Quadro 1 sistematiza a estrutura adotada nesta dissertação, expondo uma prévia dos elementos textuais que compõe a disposição do trabalho.

Quadro 1 – Estruturação da dissertação

SEÇÃO	DESCRIÇÃO
INTRODUÇÃO	Esta seção fornece uma visão global da pesquisa, apresenta o tema educação, contextualiza o assunto e realiza uma breve descrição da ferramenta Análise Envoltória de Dados (DEA). Além disso, delimita o problema proposto, a questão direcionadora, a justificativas para a pesquisa, e os objetivos geral/específicos.
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	A seção revisão bibliográfica está dividido em três partes, e aborda os principais estudos que serviram como métrica para este projeto de pesquisa. Na primeira seção é discutido os principais estudos que abordam o tema finanças públicas, estabelecendo características e definições. A segunda seção retoma a importância da accountability e o funcionamento da prestação de contas. A terceira seção descreve o método Análise Envoltória de Dados, e como é utilizado para mensurar a eficiência matematicamente.
METODOLOGIA	Neste capítulo é apresentado o procedimento metodológico do estudo, aborda a descrição das etapas que serão utilizadas para aplicação propriamente dita da Análise Envoltória de Dados. E, ainda, apresenta os estágios das fases que irão compor a definição dos modelos DEA a serem utilizados, junto com o cronograma de execução.
RESULTADOS	Nesta seção são demonstrados os resultados obtidos a partir do estudo. Os resultados da pesquisa foram promissores e contribuíram para uma compreensão mais aprofundada do tema estudado. Através da análise dos dados coletados e da aplicação do método DEA, pudemos avaliar a eficiência dos gastos públicos com educação básica.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção encontra-se organizada em duas partes, com o objetivo de realizar uma revisão dos trabalhos já existentes no tocante a educação e a utilização dos recursos públicos, sendo elas: seção 2.1 “finanças públicas” a qual, é retomada uma revisão sobre o conceito de orçamento e organização do orçamento público para educação; seção 2.2 “Análise Envoltória de Dados” a qual, aborda os estudos empregado pelo DEA e apresenta a definição do método e os principais modelos.

### 2.1 FINANÇAS PÚBLICAS

As finanças públicas de um Estado são de grande importância para todas as nações. Segundo definição de Baleeiro (2003, p. 6), finanças públicas “procura explicar os fenômenos ligados à obtenção e dispêndio do dinheiro necessário ao funcionamento dos serviços a cargo do Estado, ou outras pessoas de direito público, assim como os efeitos outros resultantes dessa atividade governamental”. Sua principal função é compreender o papel que o governo deve desempenhar no funcionamento da economia (Gruber, 2015). Embora, haja variações no tamanho que o setor público exerce nos diversos países do mundo, as finanças públicas são fundamentais para o funcionamento das economias (Maciel, 2013).

Para Musgrave (1959) há três elementos das finanças públicas que são essenciais para guiar, corrigir e suplementar os mecanismos de mercados nas economias: políticas de alocação, distribuição e estabilização. Segundo Gremaud (2005) elas são descritas da seguinte maneira:

- I. *Função Alocativa*: ocorre quando há necessidade de o poder público fornecer bens e serviços que não puderam ser oferecidos de forma satisfatória pelo sistema de mercado, bem como as garantias sociais e políticas como acesso à justiça, liberdade e diversidade cultural;
- II. *Função Distributiva*: ocorre quando o Estado redistribui renda entre classes sociais através da tributação, das transferências, subsídios e dos gastos com bens públicos.

- III. *Função Estabilizadora*: corresponde à intervenção do Estado na economia, visando garantir o máximo de crescimento econômico, estabilidade de preços e pleno emprego, dado que estes não ocorrem de maneira automática.

Diante do exposto, percebe-se que as finanças públicas de um Estado exercem diferentes níveis de atuação. O grande desafio, portanto, para o gestor público, é como balanceá-las para uma melhor eficiência dos gastos públicos (Maciel, 2013).

### 2.1.1 Orçamento Público

O orçamento é conceituado como “um programa de obras, serviços e encargos públicos, expresso em termos de dinheiro, com previsão da receita e fixação da despesa, a ser executado dentro de um ano financeiro” (Meireles, 1989, p.326). No Brasil, o primeiro sinal de organização orçamentária surgiu com a vinda de D. João VI, que iniciou um processo de organização das finanças com a necessidade de disciplinar a cobrança dos tributos aduaneiros (Giacomoni, 2005).

Com passar dos tempos o orçamento público foi se aperfeiçoando. Segundo Cruz (1988, p. 25 e 26), após a aprovação da Constituição Federal de 1988 “tem-se um substancial melhoria na composição do mecanismo orçamentário brasileiro.

Para Silva (2004, p.181), o orçamento público – da União, dos Estados e dos Municípios “tem a finalidade de evidenciar, em termos qualitativos e quantitativos, física e monetariamente, as políticas econômico-financeiras que o governo pretende executar”.

O orçamento é formado por receitas e despesas. As receitas “são disponibilidades de recursos financeiros que ingressam durante o exercício orçamentário e constituem elemento novo para o patrimônio público.” (Brasil, 2011, p.11). Já as despesas, representam os ingressos e aplicações dessas receitas num determinado período. Portanto, o orçamento corresponde ao fluxo previsto de ingressos e de aplicações de recursos em determinado período (Brasil, 2011), compondo uma importante ferramenta de planejamento para qualquer entidade, de qualquer natureza.

O orçamento público no Brasil é regido prioritariamente pela CF de 1988, pela Lei nº 4.320 de 1964 e pela Lei Complementar nº 101 de 2000. Estas leis, além de outras

infraconstitucionais, apresentam as diretrizes necessárias para sua formulação na União, Estados, Distrito Federal e Municípios.

O orçamento público como instrumento de administração e gestão pública envolve todo um processo interligado de planejamento, programação, orçamentação, execução, monitoramento e avaliação (Garcia, 2009). De acordo Cruz (1988, p. 24) tem múltiplas finalidades no setor público, dentre elas destacam-se:

- I estabelecer limites para a receita e a despesa do exercício seguinte;
- II instrumentalizar financeiramente o planejamento;
- III prever o balanço do exercício;
- IV autorizar ao Poder Executivo, por certo período, a realização de uma programação definida;
- V possibilitar aos órgãos de representação um controle político sobre os Executivos;
- VI expressar, num plano, o programa de operações do governo e os meios necessários para a sua implementação etc.

Em suma, a principal finalidade do orçamento é o limite para os gastos públicos e o controle político feito pela população, através de seus representantes políticos. É fundamental a contribuição emprestada pelo orçamento para a administração, porém, nem sempre acontece, devido ao conturbado quadro político que geralmente o restringe (Garcia, 2009).

É importante destacar ainda que para o orçamento público ser legal, além da legislação pertinente deve observar os princípios legais orçamentários. Que servem para aumentar a coerência e efetividade do orçamento, mas não possuindo caráter absoluto ou dogmático (Vasconcellos, 2009).

Os princípios orçamentários são válidos para os três níveis do Estado, na elaboração, execução e controle do orçamento público. O artigo 37 da Constituição Federal de 1988, refere-se à obediência aos princípios constitucionais, isto é, somente é permitido realizar aquilo que estiver expressamente autorizado na lei. Ao contrário da iniciativa privada onde podem realizar tudo aqui que não esteja vedado por lei. O Quadro 2 apresenta os princípios que mais destacam-se, de acordo Silva (2004).

Quadro 2 – Princípios orçamentários

PRINCÍPIO	DEFINIÇÃO
Princípio da Unidade	Todas as receitas e despesas devem estar contidas numa só lei orçamentária. Esse princípio está relacionado estritamente com a prática da movimentação financeira do Tesouro, cujos recursos devem fluir para uma caixa única, mantendo sob um só comando as disponibilidades (Silva, 2004).
Princípio da Anualidade	Prevê que o orçamento deva ter vigência de um ano, conforme artigo 34 da Lei 4.320/64.
Princípio da Universalidade:	A compreensão que se deve ter do orçamento como plano financeiro global, ou seja, “o orçamento deve compreender todas as receitas e os gastos necessários para a manutenção dos serviços públicos” (Silva, 2004).
Princípio da Exclusividade	Estabelece “que a lei de meios não poderá conter dispositivo estranho à fixação das despesas e previsão das receitas, bem como a autorização para destinação do superávit ou cobertura do déficit” (Silva, 2004).
Princípio da Legalidade	Faz alusão “fazer ou deixar de fazer somente aquilo em que a lei expressamente autorizar”, ou seja, cumprir os ditames da lei (Silva, 2004).
Princípio do Equilíbrio	Proíbe a realização de operações de crédito (empréstimos) que fossem maiores que o montante das despesas de capital, a não ser as de finalidade precisa, autorizadas mediante créditos suplementares ou especiais e aprovados pelo Poder Legislativo por maioria absoluta (Silva, 2004).
Princípio da Publicidade	Destaca que “por sua importância e significação o orçamento público deve merecer ampla publicidade” (GIACOMONI, 2005, p. 87). Devem ser divulgados para que o público possa inteirar-se das realizações pretendidas e realizadas pelos governos (Silva, 2004).
Princípio da Clareza:	A publicidade deve ser completada com outro preceito formal relativo à clareza do orçamento. “Sem descuidar das exigências da técnica orçamentária, especialmente em matéria de classificação das receitas e despesas, o orçamento deve ser claro e compreensível para qualquer indivíduo” (Silva, 2004).
Princípio da Especificação	Infere que, de acordo com esse princípio, “as receitas e as despesas devem aparecer no orçamento de maneira discriminada, de tal forma que se possa saber, pormenorizadamente, a origem dos recursos e sua aplicação” (Giacomoni, 2005, p. 82).
Princípio da Uniformidade	Entende-se que “o orçamento deve reunir também a condição de conservar estrutura uniforme por meio dos distintos exercícios, ou seja, deve atender ao princípio da uniformidade, também denominado consistência”. Os dados orçamentários devem ter homogeneidade nos vários exercícios para que se possa fazer uma comparação ao longo do tempo.
Princípio da Precedência	Pode ser conjugado com a anualidade e resulta do fato de que a autorização prévia das despesas constitui um ato obrigatório para o Poder Legislativo, para não haver a paralisação dos serviços públicos ou pagamentos ilegais de despesa.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023) a partir de Silva (2004).

Além dos princípios orçamentários a serem seguidos, o planejamento se dá através de três leis orçamentárias: o Plano Plurianual (PPA), a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e a Lei Orçamentária Anual (LOA). Todos previstos no art. 165, da Constituição (1988).

### 2.1.1.1 Plano Plurianual (PPA)

O Plano Plurianual é o dispositivo legal de planejamento governamental de médio prazo (duração de quatro anos) previsto pelos Artigos 165, I e 165, § 1º da Constituição de 1988, tem por fundamento o encadeamento entre as ações anuais de governo (previstas no orçamento anual). Estabelece de forma regionalizada, objetivos e metas da Administração Pública organizado em programas, estruturado em ações, que resultem em bens e serviços para a população, detalhando os atributos das políticas públicas executadas, tais como metas financeiras, públicos-alvo e produtos a serem entregues à sociedade etc. (Brasil, 1988). Para Bruno (2013), o PPA é uma simples previsão de gastos, que pode ocorrer ou não, sem qualquer órgão de controle da sua execução e garantia nenhuma de efetividade. O PPA tem como princípios básicos (Brasil, 1988):

- I Identificação clara dos objetivos e prioridades do governo;
- II Identificação dos órgãos gestores dos programas e órgãos responsáveis pelas ações governamentais;
- III Organização dos propósitos da administração pública em programas;
- IV Integração com o orçamento;
- V Transparência.

### 2.1.1.2 Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO)

Lei de Diretrizes Orçamentárias estabelece quais serão as metas e prioridades para o ano seguinte. Segundo Bruno (2013), a LDO também é uma inovação da Constituição de 1988, introduzida, em especial, para aproximar o planejamento, expresso no PPA, do Orçamento. A Constituição (1988) diz que a LDO:

“Compreenderá as metas e prioridades da administração pública federal, incluindo as despesas de capital para o exercício financeiro subsequente, orientará a elaboração da lei orçamentária anual, disporá sobre as alterações na legislação tributária e estabelecerá a política de aplicação das agências financeiras oficiais de fomento”.

Além dessas atribuições iniciais, a Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) estabelece outras competências à LDO, de modo que, atualmente, está também deve dispor sobre:

equilíbrio entre receitas e despesas; riscos fiscais; programação financeira; critérios e formas de limitação de empenho em caso de risco; controle de custos; condições e exigências para transferências de recursos a entidades públicas e privadas; entre outras.

#### 2.1.1.3 Lei de Orçamentária Anual (LOA)

A Lei Orçamentária Anual é um instrumento legal que detalha as receitas (previsão de recursos) que o governo irá arrecadar e fixa os gastos e despesas para o ano seguinte (Brasil, 1988). É conhecida também como uma peça de execução orçamentária, pois é nela que o governo põe em prática os programas e projetos que foram previstos no Plano Plurianual (PPA) e priorizados na Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO). A Constituição define que a LOA está disposta por três tipos de orçamentos, sendo: orçamento fiscal, seguridade social e de investimento das empresas estatais.

Os gastos na Lei Orçamentária estão separados por assuntos e as diversas áreas do governo, como no caso da saúde, educação, segurança pública (Gadelha, 2017). De acordo com o autor, poderá ser implementado um programa de melhoria no ensino educacional, ou voltado para a eficiência dos gastos na área educacional. De qualquer maneira, nenhum dos planos deverá ficar de fora de lei durante o exercício financeiro.

Segundo Feitosa e Oliveira (2013), a relação entre a lei com o processo está vinculada a execução orçamentária, através da arrecadação da receita através de impostos, taxas, contribuições e o Poder Executivo aplicando os recursos, no caso da execução da despesa durante o exercício financeiro, considerando o que está previsto no Plano Plurianual, Lei de Diretrizes Orçamentárias e a Lei Orçamentária Anual.

Portanto, compreende-se que o processo de elaboração do orçamento é complexo para os três níveis do Estado, uma vez que, envolve várias etapas de planejamento do orçamento. O quadro 3 apresenta a base legal relacionada ao orçamento público brasileiro.

Quadro 3 – Legislação relacionada ao orçamento público no Brasil

DISPOSITIVO LEGAL	CARACTERÍSTICAS
Constituição Federal de 1988	Título VI (Da Tributação e do Orçamento), Capítulo II (Das Finanças Públicas); Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, art. 35; Criação dos instrumentos legais: PPA, LDO) e LOA <i>Objetivo:</i> Instituir os dispositivos constitucionais que tratam de matéria orçamentária de caráter de geral, ser observados por todos os entes federados.
Lei de Responsabilidade Fiscal (Lei Complementar 101/2000)	Regulamenta o artigo 163 da Constituição Federal de 1988, estabelecendo as normas orientadoras das finanças públicas no país. <i>Objetivo:</i> Condicionar a ação dos governantes aos limites estritos de sua efetiva capacidade de gasto, de forma a prevenir déficits fiscais e o consequente descontrole das contas públicas.
Lei 4.320/1964 (Acolhida com status de Lei Complementar pela CF/1988)	Estatui normas gerais de Direito Financeiro para elaboração e controle dos orçamentos e balanços da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal, de acordo com o disposto no art. 5º, inciso XV, letra b, da Constituição Federal de 1988. <i>Objetivo:</i> Estimular o planejamento, o controle, a transparência nas informações contábeis orçamentárias, financeiras e patrimoniais sobre as operações realizadas pelas entidades governamentais e sobre a responsabilidade dos seus agentes.
Decreto-Lei 200/1967	Em seu artigo 7º, já definia o orçamento público como um dos quatro instrumentos básicos do planejamento, ao lado dos planos e programas nacionais, setoriais e regionais, do programa de governo e da programação financeira. <i>Objetivo:</i> Modernizar a administração pública por meio da utilização de instrumentos gerenciais de gestão, normatiza e padroniza procedimentos nas áreas de pessoal, compras governamentais e execução orçamentária.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023) a partir da legislação vigente.

### 2.1.2 Orçamento Público para Educação

A principal forma de financiamento da educação no Brasil são os impostos, e, ao final dos anos noventa passou a contar também com transferências vinculadas ao Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério (FUNDEF) criado a partir da Emenda Constitucional nº 14, de 12 de setembro de 1996, regulamentado pela Lei nº 9.424/1996, com a finalidade de homogeneizar os gastos da área de educação e valorizar os profissionais do magistério.

O FUNDEF era caracterizado como um fundo de natureza contábil, com tratamento idêntico ao Fundo de Participação dos Estados (FPE) e ao Fundo de Participação dos Municípios (FPM), dada a automaticidade nos repasses de seus recursos aos Estados e Municípios, de acordo com coeficientes de distribuição estabelecidos e publicados previamente (Barros, Moreira, 2012). O montante de recursos arrecadados nesse fundo era dividido entre o

estado e seus municípios com base no número de alunos matriculados no ensino fundamental em cada rede de ensino, mantendo-se a exigência de aplicação mínima de 25% das receitas de impostos e originária de impostos na educação.

Além do FUNDEF outra fonte de relevância para o financiamento é o salário-educação, criado em 1964 e diretamente destinado ao ensino fundamental, que foi reafirmado pela Ementa Constitucional nº 53 de 19 de dezembro de 2006 (Brasil, 2006). Posteriormente, em 2007 foi criado o FUNDEB (Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica) que substituiu o FUNDEF, a principal diferença entre os dois é que o FUNDEB além de atender o ensino fundamental, objeto do antecessor, também atende a educação infantil e o ensino médio, nas modalidades de educação de jovens e adultos (Brasil, 2007); sendo que, a destinação do investimento é feita de acordo com o número de alunos da educação básica, com base em dados do censo escolar do ano anterior. Portanto, os municípios recebem os recursos do FUNDEB com base no número de alunos da educação infantil e nas séries iniciais do ensino fundamental, e os Estados com base nos alunos matriculados nas séries finais do ensino fundamental e no ensino médio (Andrade, 2017). O não cumprimento dos dispositivos legais pode decorrer em sanções administrativas, civis ou penais (Brasil, 2004), cujas penalidades são:

- a) Rejeição das contas, mediante parecer prévio do Tribunal de Contas competente, com o conseqüente encaminhamento da questão ao respectivo Poder Legislativo e, caso a rejeição seja confirmada, à autoridade competente e ao Ministério Público;
- b) impossibilidade de celebração de convênios junto às administrações federal e estadual quando exigida certidão negativa do respectivo Tribunal de Contas;
- c) impossibilidade de realização de operações de crédito junto a instituições financeiras (empréstimos junto a bancos);
- d) perda da assistência financeira da União e do Estado, conforme artigos 76 e 87, § 6º, da LDB – Lei 9.394/96;
- e) intervenção da União e do Estado no Município (CF, art. 35, III).

A partir de dezembro de 2020 o Fundeb foi instituído como instrumento permanente de financiamento da educação pública por meio da Emenda Constitucional nº 108/2020, regulamentado pela Lei nº 14.113/2020. Isto significa, que Independentemente da fonte de origem dos valores que compõem o Fundo, todo o recurso gerado é redistribuído para aplicação

exclusiva na manutenção e no desenvolvimento da educação básica pública, bem como na valorização dos profissionais da educação, incluída sua devida remuneração (Brasil, 2020).

Além dos instrumentos legais mencionados, está no congresso em análise a lei de responsabilidade educacional (LRE) que traz consigo penas mais rígidas aos gestores que não cumprirem e legislação educacional, destaca-se que a proposta da norma é “a ideia de uma Lei de Responsabilidade Educacional que assegure e induza a qualidade da política educacional ao invés de buscar somente garantir a responsabilização dos gestores públicos” (Brasil, 2017).

## 2.2 DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)

O termo *Data Envelopment Analysis* – DEA traduzido para o português como Análise Envoltória de Dados, é um método de programação matemática que busca analisar o desempenho, em termos de eficiência relativa, de diferentes unidades tomadoras de decisão (DMUs – *Decision Making Units*), a partir de um conjunto de *inputs* e *outputs*. as DMUs localizadas na fronteira de eficiência servirão de referência (*benchmark*) para as ineficientes.

As origens do DEA são reveladas inicialmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), com base nos princípios derivados do modelo de Farrell (1957). O método é definido pelos autores como um ajuste de superfícies ótimas de produção, cujo objetivo é medir a eficiência da utilização de recursos qualquer que seja a combinação dos mesmos ou tecnologias adotadas.

A primeira aplicação da metodologia DEA teve como objetivo avaliar os resultados de um programa de acompanhamento de estudantes carentes, instituído em escolas públicas americanas de ensino fundamental, apoiadas pelo Governo Federal dos Estados Unidos da América. O ponto principal era comparar o desempenho de um conjunto de alunos de escolas que participavam do referido programa com o de alunos de escolas que não aderiram ao programa (Charnes, Cooper E Rhodes, 1978).

Este método tem tido uma ampla utilização nos mais variados domínios, desde área da indústria (Raimundo, 2015; Sousa Junior, 2010; Anjo, *et al.*, 2005; Chávez, Lenin, Hernández, 2006), saúde (Franceschina, 2019; Medeiros, Marcolino, 2018; Andrade, 2017), educação (Gunay, 2019; Geissler, Mew, Weber, Steiner, 2015; Essid, *et al.*, 2014) hotelaria (Oliviera, Pedro, Marques, 2015; Paço, Pérez, 2015; Xavier, Moutino, 2014), segurança pública (Freitas,

2020; Fernandes, 2016; Galdino, Guimarães, Filho, 2015) e até futebol (Wakim, 2019; Salles, *et al.*, 2018; Da Silva Dantas, Boente, 2011) entre outros.

Para mensurar a eficiência a partir do método DEA, alguns conceitos precisam ser apresentados para uma melhor compreensão do estudo. O Quadro 4 expõe o resumo dos principais termos indicados na literatura.

Quadro 4 – Definição dos principais termos do DEA

<b>ELEMENTOS</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>
<i>Decision Making Unit – DMU</i>	As DMU são as unidades em análise, quando se calcula a eficiência; elas são chamadas de DMU, pois na análise de eficiência pressupõem-se unidades autônomas.
<i>Inputs</i>	São os recursos empregados pelas DMUs para gerar determinados resultados, que podem ser caracterizados como despesas realizadas (mão de obra, matéria-prima, equipamentos).
<i>Outputs</i>	São produtos ou resultados alcançados pelas DMUs.
Orientação do modelo	Direção do modelo DEA, será ao insumo quando o foco é redução desse elemento/ ao produto quando a ênfase é dada ao aumento desse produto.
<i>Benchmark</i>	Compreende-se com uma DMU eficiente que serve de referência para as DMUs ineficientes.
Fronteira de eficiência	São os melhores resultados apresentados pelo conjunto de DMUs, a fronteira de eficiência representa o lugar geométrico formado pelas DMUs eficientes.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023), a partir de Zhu (2016).

### 2.2.1 Eficiência

Para uma melhor compreensão deste estudo, torna-se importante apresentar conceito de eficiência. O debate sobre eficiência é bastante amplo, podendo admitir significados diferentes a depender da área do conhecimento em que se está trabalhando (Mattos, Terra, 2015).

Penã (2008) eficiência é a combinação ótima dos insumos e métodos necessários (*inputs*) no processo produtivo de maneira que resulte no máximo de produtos possíveis (*outputs*). Mello *et. al.* (2005) afirmam que eficiência consiste em comparar o que foi produzido, dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos. Ou seja, eficiência é a capacidade de fazer corretamente as ações, de minimizar a relação insumo e produto e, desse modo, otimizar a utilização de recursos.

Para o DEA a eficiência de uma unidade produtiva é medida através da comparação entre os valores observados e os valores ótimos de suas saídas (*output*) e entradas (*input*). A eficiência pode ser aumentada tanto pela maximização dos *outputs* (saídas) quanto pela minimização dos

*inputs* (entrada), no primeiro caso, diz-se que o modelo é orientado aos *outputs* e no segundo caso, orientado aos *inputs* (Barbosa, Fuchigamia, 2018). Essa comparação pode ser feita, em linhas gerais, pela razão entre a quantidade mínima necessária de recursos e a quantidade de produtos gerados (Ray, 2004).

Segundo Mello *et al.* (2005) existem duas formas básicas de uma unidade não eficiente tornar-se eficiente, a primeira é reduzindo os recursos, mantendo constantes os produtos (*orientação a inputs*); a segunda é fazendo o inverso (*orientação a outputs*). Existe ainda formas híbridas que não serão consideradas aqui por não fazerem parte do escopo deste estudo.

Quadro 5 – Esquema de Mensuração da Eficiência

<i>Input</i> → X <sub>1</sub>	Firma = F <sub>DMU</sub>	<i>Output</i> → Y <sub>1</sub>
<i>Input</i> → X <sub>2</sub>		<i>Output</i> → Y <sub>2</sub>
<i>Input</i> → X <sub>3</sub>		<i>Output</i> → Y <sub>3</sub>
Produtividade Máxima	<i>Produtividade</i> F <sub>DMU</sub> = $\frac{y_1 + y_2 + y_3}{x_1 + x_2 + x_3}$	

Fonte: Adaptado de Ray (2004).

A produtividade é compreendida como um indicador de eficiência produtiva do sistema analisado. Dessa forma, quanto maior for a produtividade de determinado sistema, mais eficiente ele será. Mello *et al.* (2005), afirma que uma maior ou menor produtividade de uma unidade são as decisões por ela tomadas.

Ademais, um termo muito confundido com eficiência e a eficácia. A diferença entre elas se dá em razão que a eficácia leva em consideração apenas o que foi produzido, sem preocupar-se com os recursos necessários para a produção (Majada, 2019). Ou seja, eficácia é a capacidade de atingimento da produção estabelecida como meta.

### 2.2.2 Principais Modelos do DEA

Abordados os conceitos gerais do método DEA, a seguir serão apresentadas as principais características dos modelos básicos da técnica, e ainda serão demonstrados os

principais estudos da literatura nacional e internacional que utilizaram a técnica para abordar o tema educação.

### 2.2.2.1 Modelo Charnes, Cooper e Rhodes – CCR

Conforme já mencionado, o método DEA foi apresentado por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978. Eles buscaram compreender a eficiência em um contexto de múltiplas saídas e múltiplas entradas e sem a exigência de pesos pré-atribuídos (Banker, Charnes e Cooper, 1984). O modelo CCR (Charnes, Cooper e Rhodes) também conhecido como *Constant Returns to Scale* – CRS têm como base, que qualquer variação nos insumos (*inputs*) acarretará proporcional variação nos produtos (*outputs*) (MELLO, *et al.*, 2005). Neste modelo a eficiência relativa de cada DMU é calculada por meio da divisão entre a sua produtividade e a maior produtividade dentre as DMUs, obtendo-se a fronteira de eficiência por uma reta com ângulo de 45° (De Almeida, Mariano e Rebelatto, 2007; Peña, 2008).

Quando o modelo CCR é orientado a *inputs*, a eficiência será obtida a partir da otimização da divisão entre a soma ponderada das saídas (*output*) e a soma ponderada das entradas (*input*) (Mello, *et al.*, 2005). Nas equações (1) são formalizadas as condições matemáticas, originando o Modelo CCR orientado a *inputs* em sua forma fracionária.

$$\begin{aligned} \text{Max } Eff_0 &= \left( \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}} \right) \\ \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}} &\leq 1, k = 1, \dots, n \\ v_i, u_j &\geq 0, \forall i, j \end{aligned} \quad (1)$$

Onde:

$Eff_0$  = eficiência da DMU 0 em avaliação;

$u_j$  = peso do *output* j da DMU 0,  $j = 1, \dots, s$ ;

$v_i$  = peso do *input* i da DMU 0,  $i = 1, \dots, r$ ;

$y_{jk}$  = quantidade do *output* j da DMU k,  $k = 1, \dots, n$  e  $j = 1, \dots, s$ ;

$x_{jk}$  = quantidade do *input* j da DMU k;

- $y_{i0}$  = quantidade do *output*  $i$  da DMU em análise;  
 $x_{j0}$  = quantidade do *input*  $j$  da DMU em análise;  
 $\theta$  = Eficiência da DMU em análise

Ademais, o modelo admite que para cada DMU seja atribuído o conjunto de pesos que mais a beneficiará, com a ressalva de que esses mesmos valores aplicados a outras DMUs não resultem em uma razão superior a 1 (Kassai, 2002). Além disso, primeira restrição no modelo (1) é desdobrada conforme com o número de DMUs, isto é, uma restrição para cada DMU e possibilitando encontrar os pesos mais favoráveis de *inputs* e *outputs* para a DMU em análise, a segunda restrição representa a restrição de não negatividade dos pesos (variáveis de decisão) e a função objetivo maximiza a eficiência DMU 0 em análise (Maciel, 2015).

Por outro lado, a modelagem orientada a *output* na formulação matemática pode ser observada na equação (2). Importante destacar que nas equações (1) e (2) as variáveis de decisão são os pesos  $v_i$  e  $u_j$ . Esses são denominados de multiplicadores, derivando daí a nomenclatura dos modelos em questão (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978).

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Eff_0 &= \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} \\
 \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} &= 1 \leq 1 \\
 \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} &\leq 0, \forall k \leq 1 \\
 v_i, u_j &\geq 0, \forall i, j
 \end{aligned} \tag{2}$$

Onde:

- $Eff_0$  = eficiência da DMU 0 em avaliação;  
 $u_j$  = peso do *output*  $j$  da DMU 0,  $j = 1, \dots, s$ ;  
 $v_i$  = peso do *input*  $i$  da DMU 0,  $i = 1, \dots, r$ ;  
 $y_{ik}$  = quantidade do *output*  $j$  da DMU  $k$ ,  $k = 1, \dots, n$  e  $j = 1, \dots, s$ ;  
 $x_{jk}$  = quantidade do *input*  $j$  da DMU  $k$ ;  
 $y_{i0}$  = quantidade do *output*  $i$  da DMU em análise;  
 $x_{j0}$  = quantidade do *input*  $j$  da DMU em análise;  
 $\theta$  = Eficiência da DMU em análise

O problema apresentado é de programação fracionária, que deve ser resolvido para cada uma das DMUs e pode ser transformado em um problema de programação linear (PPL). Para tal, obriga-se que o denominador da função objetivo deva ser igual a uma constante, normalmente igual à unidade (Mello *et al.*, 2005). É importante ressaltar que todo problema de programação linear possui um problema dual a ele associado. Esse também é chamado de modelo do envelope, ao passo que aquele é denominado de modelo dos multiplicadores, conforme já mencionado (Mariz, 2015).

#### 2.2.2.2 Modelo Banker, Charnes e Cooper – BCC

O modelo BBC, também chamado de VRS (*Variable Returns to Scale*) foi criado em 1984 por Banker, Charnes e Cooper. Distintamente do modelo CCR, permite retornos variáveis de escala, de modo a admitir que as DMUs operem em escalada diferenciada, o que dentro do modelo dos multiplicadores significa uma variável a mais e no modelo envelope, uma restrição a mais. Ademais, o modelo BCC admite que a produtividade máxima se dê de acordo com a escala de produção. (Banker, Charnes e Cooper, 1984).

A Equação 3 representa o modelo BCC dos multiplicadores com orientação a *inputs*. Vale destacar que assim como na Equação 2, o modelo BCC (3) busca maximizar o índice de eficiência, com a diferença de que a soma ponderada dos *outputs* é acrescida do fator de escala  $u^*$  (Maciel, 2015). Segue o modelo da equação:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Eff_0 &= \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} + u_* \\
 \sum_{j=1}^r v_j x_{j0} &= 1 \leq 1 \\
 \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + u_* &\leq 0, k = 1, \dots, n \leq 1 \\
 v_i, u_i &\geq 0, u_* \in \mathfrak{R}
 \end{aligned} \tag{3}$$

Onde:

$Eff_0$  = eficiência da DMU 0 em avaliação;

$u_j$  = peso do *output* j da DMU 0,  $j = 1, \dots, s$ ;

$v_i$  = peso do *input* i da DMU 0,  $i = 1, \dots, r$ ;

$y_{ik}$  = quantidade do *output* j da DMU k,  $k = 1, \dots, n$  e  $j = 1, \dots, s$ ;

- $x_{jk}$  = quantidade do *input* j da DMU k;  
 $y_{i0}$  = quantidade do *output* i da DMU em análise;  
 $x_{j0}$  = quantidade do *input* j da DMU em análise;  
 $u_*$  = representa o fator de escala.

De acordo Maciel (2015), considera-se que a função objetivo (3) representa a eficiência; a primeira restrição assegura que a soma ponderada dos *inputs* seja igual a 1; a segunda restrição, é aplicada de acordo com o número de DMUs e garante que os pesos escolhidos se aplicados às outras DMUS não crie uma razão maior que 1. Enquanto, a terceira restrição impõe a não negatividade dos pesos. Nesse caso, o fator de escala ( $u^*$ ) pertence ao conjunto dos números Reais ( $\mathfrak{R}$ ), de tal modo, que quando se tem orientação a *inputs*,  $u^*$  positivo indica retornos crescentes de escala; o valor de  $u^*$  negativo indica retornos decrescentes de escala e se  $u^*$  for nulo, indica retornos constantes de escala.

Por sua vez, a Equação (4) representa o modelo BCC do envelope com orientação a *outputs*. Nesse caso a função objetivo representa a eficiência; 1ª restrição representa a normalização e a 2ª restrição garante que os pesos escolhidos aplicados às outras DMUs não crie uma razão maior que 1, uma vez que,  $v^*$  é interpretado como fator de escala. Sendo assim, conforme Banker, Charnes, Cooper (1984), quando  $v^*$  for positivo a situação será de retornos decrescentes de escala; quando  $v$  for negativo a situação será de retornos crescentes de escala e se  $v^*$  for nulo, será de retornos constantes de escala.

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Eff_0 &= \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} + v_* \\
 \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} &= 1 \leq 1 \\
 - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - v_* &\leq 0, \forall k \leq 1 \\
 v_i, u_j &\geq 0, u_* \in \mathfrak{R}
 \end{aligned} \tag{4}$$

Onde:

- $Eff_0$  = eficiência da DMU 0 em avaliação;  
 $u_j$  = peso do *output* j da DMU 0,  $j = 1, \dots, s$ ;  
 $v_i$  = peso do *input* i da DMU 0,  $i = 1, \dots, r$ ;  
 $y_{ik}$  = quantidade do *output* j da DMU k,  $k = 1, \dots, n$  e  $j = 1, \dots, s$ ;

- $x_{jk}$  = quantidade do *input* j da DMU k;  
 $y_{i0}$  = quantidade do *output* i da DMU em análise;  
 $x_{j0}$  = quantidade do *input* j da DMU em análise;  
 $u_*$  = representa o fator de escala.

Enfim, aplicação do modelo BCC é sugerida quando as unidades de produção em análise estão em condições distintas de escalas, de tecnologias etc. E indicada quando não existe garantia de proporcionalidade entre as variáveis da análise (Santos, 2013).

Em suma, o método DEA mede a eficiência relativa de uma DMU, ou seja, compara o que foi produzido (*outputs*), dado os recursos (*inputs*), com que poderia ter sido produzido no mesmo contexto. Desta forma, a DEA responde às questões de como medir a eficiência relativa e de como propor melhorias, tanto nos *inputs* quanto nos *outputs*, para as unidades que não estão na fronteira se tornarem eficientes (Canal; Amado; Hurtado, 2015). Relativo aos modelos clássicos apresentados (CCR; BCC), destaca-se, que a principal diferença entre eles se refere ao retorno de escala de suas atividades. Assim, o modelo CCR aceita que variações na quantidade de *inputs* produzam variações proporcionais nos *outputs*, assumindo retornos constantes. Por outro lado, o modelo BCC considera retornos variáveis de escalas: crescentes, decrescentes e constantes (Mariz, 2015).

### 2.3 ESTUDOS ANTERIORES

O uso do método DEA no contexto da Educação apresenta estudos com diferentes preocupações. Na literatura nacional e internacional constam várias pesquisas que buscaram conhecer a eficiência dos gastos públicos em educação. No Quadro 6 são apresentados uma síntese dos trabalhos em que o DEA foi utilizado para mensurar a eficiência na educação, destacando os autores, unidades decisórias (DMU), método e um breve resumo da pesquisa.

Quadro 6 – Estudos que incorporaram o método DEA à educação

AUTOR(S)	DMU	MÉTODO	RESUMO
<b>LITERATURA NACIONAL</b>			
Majada (2019)	Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia	DEA/ VRS/ Outputs	Objetivo deste estudo foi investigar o nível de eficiência dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia brasileiros para o ano de 2018. A partir da Análise Envolvória de Dados, foi possível concluir que a Instituição mais eficiente no ano de 2018 foi o Instituto Federal Farroupilha (IFFar).
Matias, <i>et al.</i> (2018)	47 municípios paulistas	DEA/ VRS/ Inputs	O estudo teve como objetivo avaliar o nível de gasto em educação municipal em relação à eficiência na promoção de Educação Básica de qualidade. Foram analisados 47 municípios paulistas, através da DEA num modelo utilizando três <i>inputs</i> e seis <i>outputs</i> para os anos de 2007, 2009 e 2011. Os resultados indicam aumento do gasto total em educação, porém, a maior alocação de recursos não proporcionou melhores resultados, tendo em vista a aplicação ineficiente.
Araújo Junior (2017)	Municípios da região nordeste	DEA/VRS/ Output	O trabalho tem como objetivo mensurar e analisar a eficiência estática e dinâmica dos municípios nordestinos com gastos em educação, para os anos de 2007 e 2013. Os resultados indicam que os municípios nordestinos melhoraram a eficiência nos gastos públicos com educação entre o período de 2007 e 2013. Contudo, ainda mantém baixos níveis de eficiência.
Scherer <i>et al.</i> (2016)	Estados brasileiros	DEA/VRS/ Output	A presente pesquisa buscou medir a eficiência dos Estados brasileiros na utilização dos gastos públicos na área de educação. Os resultados demonstraram que apenas um Estado tem o Nível de Eficiência Máxima, três Estados possuem um Nível Médio de Eficiência e 23 Estados possuem um Grau de Eficiência baixo, representando cerca de 85,19% do Estados que possuem um baixo nível de eficiência na alocação dos seus recursos na área da Educação no Ensino Fundamental.
Rosano-Pena <i>et al.</i> (2012)	Municípios do Estado do Goiás	DEA/ VRS/ Malmquist	A pesquisa buscou mensurar o nível de eficiência dos gastos municipais com educação do Estado de Goiás. Os resultados revelam o progresso nos níveis de produtividade e suas causas: variação da eficiência produtiva e das mudanças tecnológicas. Mostram também que, se as redes de ensino mantiverem a dinâmica apresentada no período analisado, o número inicial de estados de eficiência (nove) deve ser mantido.
<b>LITERATURA INTERNACIONAL</b>			
Agasist <i>et al.</i> (2014)	27 Estados-membros – EU	DEA/ VRS/ Malmquist	Mensurar o nível de eficiência nos gastos públicos com educação da União Europeia, entre 2006 e 2009. Resultados apontam que a despesa com o ensino primário e secundário (até ao nível CITE-3), conforme reportado pela OCDE (vários anos), apresenta grandes variações, entre cerca de 2,5% do PIB (Grécia) e mais de 5% (Dinamarca). Nesse desafio, alguns países surgem como capazes de manter a eficiência em seus gastos com educação (ou seja, obtendo bons resultados em termos de produção educacional com um montante limitado de gastos), enquanto outros não alcançaram resultados semelhantes.
Essid <i>et al.</i> (2014)	Escolas E. Médio/ Tunísia	DEA/ VRS/ Malmquist / Bootstrap	O trabalho buscou mensurar a evolução da produtividade das escolas de ensino médio da Tunísia entre 2000/2001 e 2003/2004. A aplicação da metodologia mostra a alta sensibilidade às variações amostrais das mudanças observadas no índice e de seus componentes. No entanto, indicou que

			praticamente não há variação significativa de produtividade ao longo do período estudado.
Prasetyo <i>et al.</i> (2013)	81 países	DEA/ VRS/ Malmquist	A pesquisa buscou estimar o nível de eficiência nos gastos públicos com saúde e educação de 81 países, entre 2006 e 2010. Constatou-se que há países que sempre se posicionaram na fronteira eficiente durante o período amostral, por exemplo: Armênia, Austrália, Bangladesh, Chile, Geórgia, Japão, Coreia do Sul, República Democrática do Laos, Madagascar, Níger, Noruega, Filipinas, Serra Leoa, Cingapura, NÓS e Zâmbia. No entanto, apenas Cingapura e Zâmbia conseguem manter melhorias positivas entre os países que estão listados nas fronteiras eficientes.
Thanassoulis (2011)	Instituições de superior na Inglaterra.	DEA/ VRS/ Malmquist	À medida que o número de alunos no ensino superior no Reino Unido se expandiu nos últimos anos, tornou-se cada vez mais importante entender sua estrutura de custos. Este estudo tem por objetivo analisar a sua estrutura de custos, eficiência e produtividade, das instituições de ensino superior na Inglaterra. Os resultados revelam que, para a maioria das instituições, a produtividade diminuiu durante o período de estudo.
Johnes (2008)	Instituições de Ensino Superior do Reino Unido	DEA/ VRS/ Malmquist	Este estudo teve por objetivo mensurar a produtividade das Instituições de Ensino Superior do Reino Unido, entre 1996/1997 e 2004 e 2005. A análise mostra que as IES experimentaram um aumento médio anual na produtividade de 1 por cento. Investigações posteriores revelam que as IES têm desfrutado de um aumento médio anual na tecnologia de 6% combinado com uma diminuição na eficiência técnica de 5%.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Verificados os estudos anteriores, observa-se que a educação pública no Brasil e no apresentam certa vulnerabilidade acerca da alocação dos recursos, e há muito o que melhorar. Tendo em vista, a pertinência de pesquisas utilizando o DEA para analisar a eficiência na educação, não foram identificados na literatura estudos que avalie mudança do nível de eficiência no Brasil num interstício de cinco anos relacionando com a *Transparência*. Motivo pelo qual esta pesquisa se propõe a analisar.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são descritas as fases do procedimento metodológico que serão norteadoras para a execução da pesquisa. São levantados tópicos acerca da caracterização da pesquisa, estratégia do estudo, identificação das unidades tomadoras de decisão, escolhas das variáveis e seleção do modelo DEA.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa terá de natureza aplicada, uma vez que, busca “gerar conhecimento para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos” (Prodanov; Freitas, 2013, p.51). Em relação aos objetivos a pesquisa caracteriza-se como descritiva. Quanto aos procedimentos classifica-se, como pesquisa bibliográfica e documental. Segundo Lakatos e Marconi (2008), a pesquisa documental está alicerçada em fontes primárias, por exemplo: documentos escritos ou não, acervos de arquivos públicos; arquivos particulares de instituições e domicílios, e fontes estatísticas.

Quanto à abordagem do problema, este trabalho trata-se de uma pesquisa com caráter quantitativo. A abordagem quantitativa se caracteriza pelo emprego de quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, como no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas, desde as mais simples às mais complexas, como coeficiente de correlação, análise de regressão etc. (Richardson, 2010). Demonstrada a caracterização da pesquisa, descreve-se a seguir, o passo a passo adotado na metodologia utilizada.

#### 3.2 COLETA DE DADOS

A população investigada consistirá nos vinte seis Estados brasileiros mais o Distrito Federal. Inicialmente, pretende-se avaliar a eficiência relativa referente aos gastos *per capita* realizados por cada unidade federativa.

Para a obtenção dos dados necessários a coleta foi extraída por meio de consultas aos Anuários Brasileiro de Educação Básica (ABEB) onde são divulgados registros relativos à

educação básica no Brasil, disponíveis no site do Senado Federal. Serão selecionadas 5 (cinco) edições do Anuário referente ao período de 2017 a 2021, diante deste recorte, a pesquisa caracteriza-se como longitudinal, pois visa analisar a eficiência dos Estados e as variações nas características dos mesmos ao longo de um tempo. Ou seja, busca identificar no intervalo de cinco anos quais os Estados que melhoraram, permaneceram ou pioraram na otimização de seus recursos. Os dados são retratados em forma de taxas por 100 mil habitantes e números absolutos de registros do ABSB. Vale ressaltar que os anuários contêm a explicação de como são registrados os indicadores, e suas definições metodológicas.

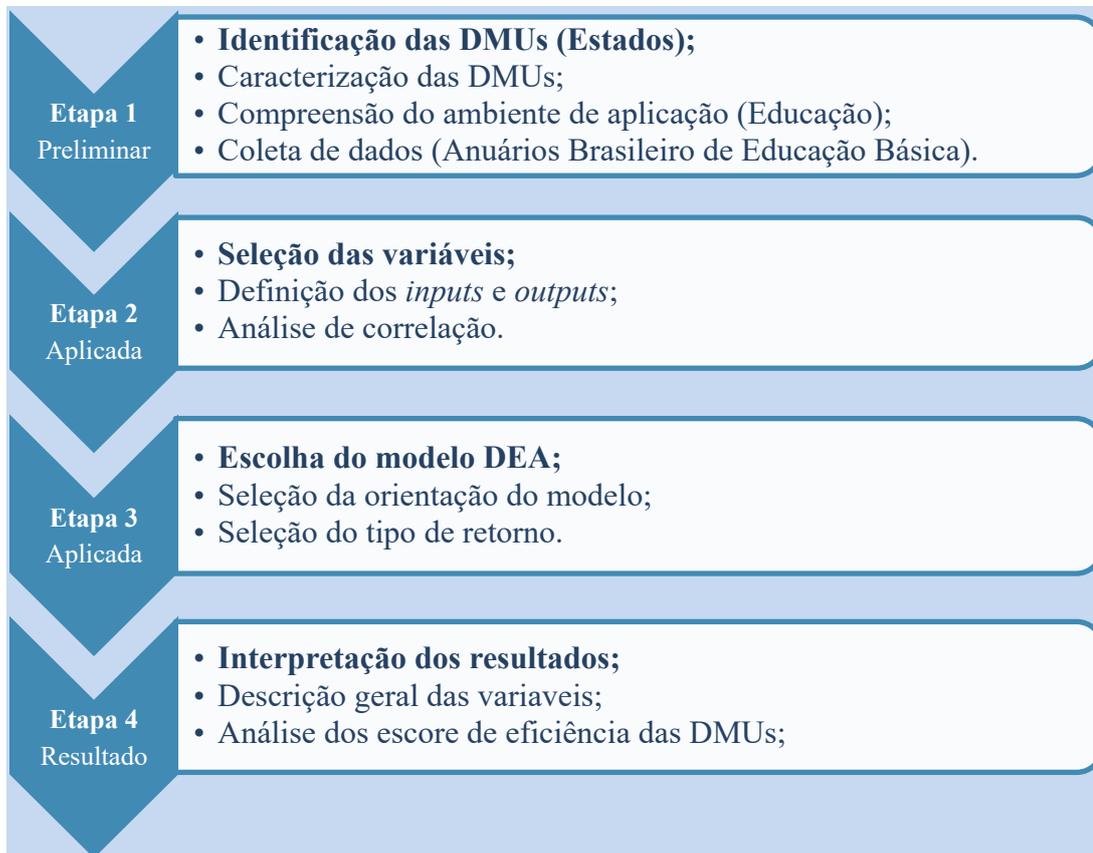
Após o levantamento dos dados no ABEB, foram organizados em uma planilha no *Excel*, com descrição de todas as variáveis que integram o problema. Em seguida, a identificação das unidades tomadoras de decisão (DMUs), e das variáveis que possibilitarão a elaboração do modelo DEA, com a definição dos *inputs* e *outputs*. Adiante estas etapas serão melhor descritas conforme recomenda a literatura.

### 3.3 ESTRATÉGIA DO ESTUDO

Esta pesquisa utilizou o método não-paramétrico *Data Envelopment Analysis* (DEA) para estimar a eficiência dos Estados brasileiros na alocação dos gastos com educação básica. Este método possui ampla aceitação na academia, a julgar pelo fato de ser a metodologia mais utilizada para esse propósito (Majada, 2019; Matias, *et al.*, 2018; Essid, *et al.*, 2014; Prasetyo, *et al.*, 2013; Thanassoulis, 2011).

Para o emprego do método DEA são utilizadas três etapas (Boução *et al.*, 2019; Banker, Charnes e Cooper, 1984) são elas: (i) a identificação das DMUs; (ii) a seleção das variáveis (*inputs* e *outputs*); (iii) a aplicação do modelo DEA adequado (identificar orientação do modelo e tipo de retornos). Além da escolha do *software* para processamento do modelo DEA. A seguir a Figura 2 apresenta as etapas dos respectivos procedimentos seguidos pelo método DEA.

Figura 1 – Etapas para o método DEA



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Nesta fase de estratégia e diretrizes do estudo, também foi realizado o levantamento bibliográfico dos principais assuntos abordados, consolidando alguns conceitos que proporcionou ao pesquisador o percurso a ser seguido acerca do estudo. Além do mais, possibilitou aplicações das práticas do DEA com alguns modelos preliminares, testes-piloto no *software* DEA-P, para assim, verificar a dinâmica da metodologia.

### 3.4 IDENTIFICAÇÃO DAS DMUS

A quantidade de DMUs é um pré-requisito para se realizar uma análise de eficiência segura, entretanto, não há um número ideal estabelecido, apenas recomendações. Gomes e Baptista (2004) afirma que se deve evitar o uso de um modelo com grande número de variáveis

e sem relação de causalidade. A Equação 5 demonstra a relação entre a quantidade de variáveis e o tamanho da amostra, em que:  $n$  = número de DMUs;  $m$  = número de *inputs*;  $s$  = número de *outputs*.

$$N \geq \max \{m, s; 3 (m + s)\} \quad [5]$$

Para Cooper, Seiford e Tone (2000) o número de DMUs deve ser, no mínimo, três vezes maior que a quantidade de *input* ( $m$ ) somada com a de *output* ( $s$ ) ou maior que a multiplicação de *inputs* e *outputs*. Considera-se DMU para esta pesquisa cada um dos Estados brasileiros mais o Distrito Federal, conforme mostra o Quadro 7.

Quadro 7 – Unidades tomadoras de decisão

Unidade Federativa	DMU	Unidade Federativa	DMU
Acre	DMU1	Paraíba	DMU15
Alagoas	DMU2	Paraná	DMU16
Amapá	DMU3	Pernambuco	DMU17
Amazonas	DMU4	Piauí	DMU18
Bahia	DMU5	Rio de Janeiro	DMU19
Ceará	DMU6	Rio Grande do Norte	DMU20
Distrito Federal	DMU7	Rio Grande do Sul	DMU21
Espírito Santo	DMU8	Rondônia	DMU22
Goiás	DMU9	Roraima	DMU23
Maranhão	DMU10	Santa Catarina	DMU24
Mato Grosso	DMU11	São Paulo	DMU25
Mato Grosso do Sul	DMU12	Sergipe	DMU26
Minas Gerais	DMU13	Tocantins	DMU27
Pará	DMU14		

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

### 3.4.1 Seleção das variáveis (*inputs* e *outputs*) da análise DEA

A seleção das variáveis de entrada (*inputs*) e de saída (*outputs*) são fundamentais para viabilizar o método DEA, além do mais devem guardar adequação com a realidade das DMUs, bem como aos objetivos da pesquisa (Barros, 2017; Charnes, Cooper e Rhodes, 1978). Uma vez que, para comparar o desempenho da Educação básica nos estados quantitativamente, é necessário definir indicadores mensuráveis que representem esta função, através de dados reais, analisados de forma longitudinal, por um período (Begnini, Tosta, 2017).

Para os *Input* foram utilizadas as seguintes variáveis: Gasto *per capita* com educação básica, Nº de Instituições da Educação Básica, Nº de docentes na educação Básica. Em linhas

gerais, estes indicadores são forma de investimento mais elementar nas ações de política para Educação (Gorur, 2015; OECD, 2010).

Para os *outputs* os respectivos IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica): anos iniciais, anos finais e ensino médio. Estas variáveis foram escolhidas com base na sua relevância para Educação Básica, além de, já terem sido estudadas em outros trabalhos (Matias, *et al.*, 2018; Scherer, Besen, Araújo, Serafim Jr., 2016). O Quadro 8 mostra as variáveis com suas características.

Quadro 8 – Variáveis utilizadas para a pesquisa

Variável		Definição	
Input	Y <sub>1</sub>	Gasto <i>per capita</i> com educação básica	Gasto <i>per capita</i> com educação básica é o valor médio gasto por pessoa em um determinado período para a oferta de serviços educacionais (educação básica). Ou seja, é o resultado da divisão do valor total de gastos com educação pelo número de habitantes.
	Y <sub>2</sub>	Nº de Instituições da Educação Básica	Quantidade de escolas públicas na esfera municipal e estadual que ofertam vagas para educação básica.
	Y <sub>3</sub>	Nº de docentes na educação Básica	Quantidade de professores que trabalham ministrando aulas em escolas públicas na esfera municipal e estadual
Output	X <sub>2</sub>	IDEB – Anos iniciais	O IDEB para os anos iniciais corresponde aos primeiros cinco anos do ensino fundamental, compreendendo do 1º ao 5º ano. O IDEB para essa etapa busca avaliar o nível de aprendizagem das crianças em habilidades básicas de leitura, escrita e matemática. O índice varia de 0 a 10, sendo que 10 representa a nota máxima de qualidade educacional.
	X <sub>3</sub>	IDEB – Anos finais	O IDEB para os anos finais corresponde aos últimos quatro anos do ensino fundamental, compreendendo do 6º ao 9º ano. O IDEB para essa etapa busca avaliar o nível de aprendizagem dos estudantes em disciplinas como português e Matemática, bem como outras habilidades essenciais. O índice varia de 0 a 10, sendo que 10 representa a nota máxima de qualidade educacional.
	X <sub>4</sub>	IDEB – Ensino médio	IDEB do ensino médio é calculado de uma combinação entre os dados de desempenho dos estudantes em avaliações nacionais e as taxas de aprovação. Ele busca avaliar o nível de aprendizagem dos estudantes em disciplinas como português, matemática e outras áreas de conhecimento relevantes para essa etapa. O índice varia de 0 a 10, sendo que 10 representa a nota máxima de qualidade educacional.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Após selecionadas as variáveis, realizou-se um teste correlação de Pearson, a fim de medir o grau da correlação, e assim identificar uma possível conexão entre os fatores utilizados que fosse capaz de induzir a resultados distorcidos. Observar Quadro 9 com os parâmetros para classificação do grau de correlação.

Quadro 9 – Parâmetros para classificação do grau de correlação

<b>Intervalo</b>	<b>Grau de correlação linear</b>
$0,00 < \rho^{\wedge} < 0,30$	Fraca
$0,30 \leq \rho^{\wedge} < 0,60$	Moderada
$0,60 \leq \rho^{\wedge} < 0,90$	Forte
$0,90 \leq \rho^{\wedge} < 1,00$	Muito Forte

Fonte: Adaptado Callegari-Jacques (2003)

Sendo assim, um coeficiente de correlação mede o grau pelo qual dois fatores tendem a mudar juntos, descrevendo a força e a direção da relação, prestando-se para o alcance do resultado de uma pesquisa (Lira; Chaves Neto, 2006; Oliveira, 2018).

### 3.4.2 Modelo DEA – Variable Returns to Scale (VRS)

Para escolha do modelo DEA, planeja-se priorizar a eficiência nos resultados da Educação básica, considerando os investimentos. Desta forma, haja vista as peculiaridades de cada um dos modelos clássicos, compreende-se que para o presente estudo será mais compatível a aplicação do modelo *Variable Returns to Scale* (VRS), com orientação *output*, ou seja, visando maximizar os resultados com os mesmos insumos, sem que haja redução dos *inputs*.

As eficiências estimadas foram analisadas com base na escala qualitativa proposta por Savian e Bezerra (2013), que é apresentada no Quadro 10 juntamente com outras duas, uma vez que, há outras escalas para estimar a eficiência, como a proposta por Barros (2017).

Quadro 10 – Escore dos índices de eficiência

<b>Cavalcante (2011)</b>		<b>Savian e Bezerra (2013)</b>		<b>Barros (2017)</b>	
Muito baixa	Eficiência $\leq 50\%$	Ineficiência forte	$a < 0,6$	Muito Baixa	Eficiência $\leq 50\%$
Baixa	$50\% < \text{Eficiência} \leq 80\%$	Ineficiência moderada	$0,6 \leq a < 0,8$	Baixa	$50\% < \text{Eficiência} \leq 80\%$
Média	$80\% < \text{Eficiência} \leq 90\%$	Ineficiência fraca	$0,8 \leq a < 1$	Média	$80\% < \text{Eficiência} \leq 99.9\%$
Alta	Eficiência $> 90\%$	Eficiente	$a = 1$	Alta	100%

Fonte: Adaptado de Savian e Bezerra (2013), Barros (2017).

Vale ressaltar que a categorização orientada por Barros (2017) deriva de uma adaptação da estudada anteriormente por Cavalcante e Faria (2009). No entanto, na presente pesquisa, optou-se pela classificação de Savian e Bezerra (2013), em razão da nomenclatura ser mais intuitiva acerca da eficiência, além do uso mais recorrente em pesquisas semelhantes (Majada, 2019; Begnini, Tosta, 2017; Silva, Almeida, 2012). Desta maneira, os Estados serão classificados com os respectivos escore: Ineficiência forte; Ineficiência moderada; Ineficiência fraca; Eficiente.

### 3.5 SOFTWARE PARA ESTIMAR O MODELO DEA – R *Studio*

Após a identificação das DMUs, a seleção das variáveis e a escolha do modelo DEA, o *software* escolhido para resolução do modelo DEA/VRS/*Output* será o R *studio*, o programa fornece uma ferramenta para resolução de problemas DEA, disponível para vários sistemas operacionais. Vale destacar que a instalação do R *studio* é livre e gratuita, tanto para uso pessoal, quanto acadêmico e profissional (Cardoso, *et al.* 2021). Ou seja, o programa é um projeto *open source* (código aberto) que visa fornecer resolução de problemas que seja acessível a todos usuários, com adaptação para diferentes fins. Outras funções serão utilizadas para manipulação dos dados no *Excel*, a exemplo de análise descritiva das variáveis, e cálculo de coeficiente de correlação.

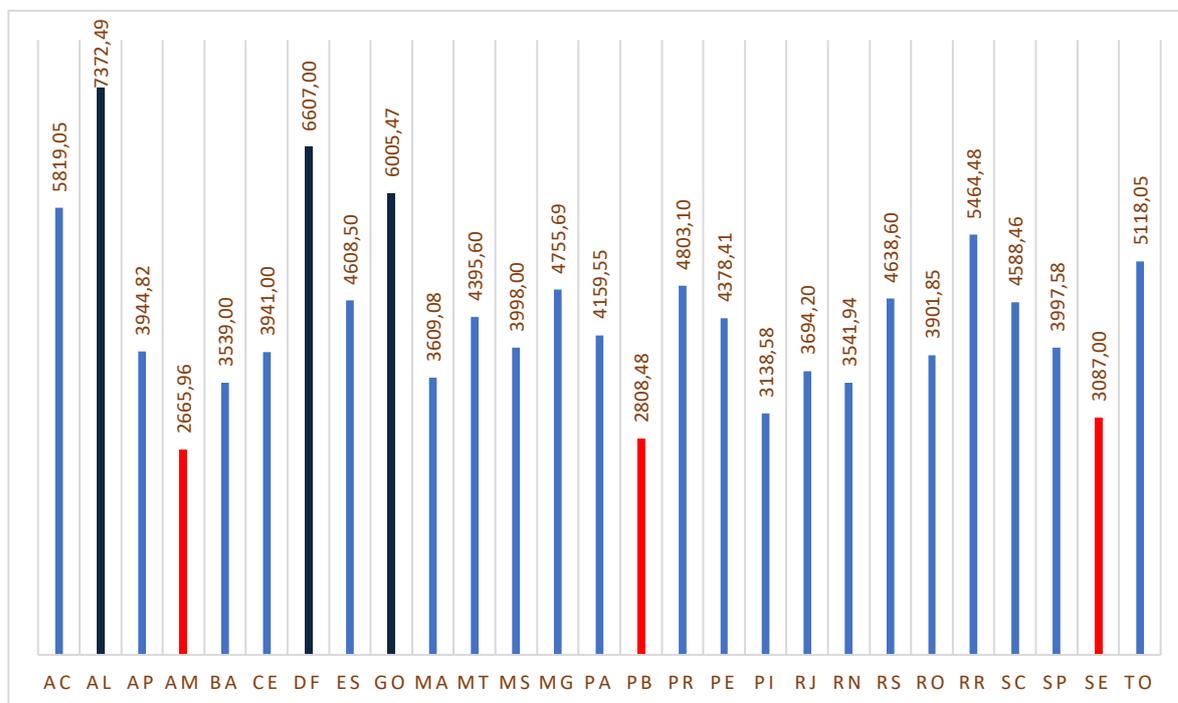
## 4. RESULTADOS

Nesta seção serão discutidos os resultados alcançados neste trabalho. Para analisar a eficiência estática e temporal dos gastos com educação básica foi utilizado o método DEA modelo VRS direcionado ao *Output*. Primeiramente foi analisada o ano de 2020: eficiência de escala, retornos de escala, *benchmarks* para os Estados ineficientes, correlação entre eficiência e transparência. Em seguida, foi estimado a eficiência de escala para analisar o comportamento temporal para o período de 2016 a 2020.

### 4.1 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA

Inicialmente foram observados os Estados que mais investiram em educação básica no ano de 2020. Essa análise permite avaliar a distribuição dos recursos financeiros e identificar possíveis tendências ou disparidades nos padrões de gastos como indicado no Gráfico 1 em ordem alfabética.

Gráfico 1 – Gasto *per capita* com educação básica por Estados, ano 2020



Fonte: Dados do INEP (2021) adaptado pelos autores (2023).

Observa-se no Gráfico 1 que o Estado de Alagoas realizou o maior investimento (R\$ 7372,49/hab, maior valor), seguido do Distrito Federal (R\$ 6607,00/hab) e Goiás (6005,47/hab). Em contraste, os Estados que menos investiram foram Amazonas (R\$ 2665,96/hab, menor valor), Paraíba (2808,48/hab) e Sergipe (3087,00/hab). É possível perceber grandes disparidades entre os investimentos feitos pelos estados. Essas diferenças de investimento têm impactos significativos na qualidade da educação oferecida pelos estados, fato já constado pelo Relatório de Desenvolvimento Humano do Brasil de 2020, produzido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), que afirma haver uma grande discrepância nos investimentos em educação entre os estados brasileiros. Estados mais ricos, como São Paulo e Santa Catarina, tendem a investir mais recursos em educação do que estados com menos receita, como Alagoas e Maranhão.

No ano de 2020, de acordo com dados do Censo Escolar da Educação Básica, em meio à pandemia da COVID-19, diversos Estados e Municípios aumentaram seus investimentos na educação básica (necessidade de adaptação das escolas e do ensino à distância). Segundo o Ministério da Educação (MEC), o orçamento para a educação em 2020 foi de R\$ 144,5 bilhões, um aumento de 12,7% em relação ao ano anterior. Desse total, R\$ 105,7 bilhões foram destinados para o ensino básico, representando um aumento de 14,2% em relação a 2019.

Considerando este contexto, o indicador da eficiência, constitui o resultado mais relevante na avaliação do desempenho via modelo DEA, e por ele se iniciou a análise dos resultados para o ano 2020. O indicador calculado, permite identificar os Estados eficientes e quantificar possibilidades de crescimento, a partir dos resultados das DMUs ineficientes, e mensura a eficiência técnica, eficiência de escala, retorno de escala e comparar com o indicador de transparência. Os resultados dos testes obtidos por meio do *software* R-Studio são apresentados na Tabela 01.

Tabela 1 – Eficiência dos Estados na educação básica (DEA/VRS/*Output*), ano 2020

Nível de eficiência	DMUs	Eficiência DEA/VRS/ <i>Output</i>	Eficiência de Escala	Retorno de Escala	Indicador de Transparência
Eficiente (1)	Amapá	1,000	1,000	constante	9,83
	Amazonas	1,000	1,000	constante	8,67
	Paraíba	1,000	1,000	constante	9,83
	Roraima	1,000	1,000	constante	4,91
	Sergipe	1,000	1,000	constante	8,74
Ineficiência Fraca ( $0,8 \leq a < 1$ )	Piauí	0,958	0,958	decrecente	7,18
	Rondônia	0,893	0,889	decrecente	9,60
	Acre	0,891	0,891	decrecente	6,53
	Rio Grande do Norte	0,884	0,771	decrecente	9,10
	Tocantins	0,871	0,871	decrecente	6,96
	Mato Grosso do Sul	0,863	0,851	decrecente	9,72
	Bahia	0,843	0,729	decrecente	8,60
	Maranhão	0,837	0,701	decrecente	8,96
	Espírito Santo	0,829	0,829	decrecente	10,00
	Distrito Federal	0,823	0,823	decrecente	9,74
	Rio de Janeiro	0,821	0,783	decrecente	7,80
São Paulo	0,812	0,812	decrecente	9,60	
Ineficiência Moderada ( $0,6 \leq a < 0,8$ )	Ceará	0,792	0,792	decrecente	10,00
	Mato Grosso	0,769	0,767	decrecente	9,74
	Pará	0,750	0,600	decrecente	5,92
	Santa Catarina	0,738	0,738	decrecente	9,21
	Pernambuco	0,725	0,688	decrecente	9,60
	Paraná	0,699	0,699	decrecente	9,96
	Rio Grande do Sul	0,684	0,653	decrecente	9,72
Minas Gerais	0,657	0,635	decrecente	10,0	
Ineficiência Forte ( $a < 0,6$ )	Alagoas	0,597	0,553	decrecente	9,75
	Goiás	0,534	0,529	decrecente	8,85

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Na Tabela 1 é ordenado os escore de eficiência, as linhas são referentes ao nível de eficiência de cada DMU, e as colunas representam a eficiência DEA/VRS/*Output*. Nela, a fronteira de eficiência é estabelecida pelos Estados com escores iguais a 1, que servem como *benchmarks* para as demais DMUs. Observa-se (Tabela 01) quatro medidas diferentes que podem ser analisadas: Eficiência DEA/VRS/*Output*, Eficiência de Escala, Retorno de Escala e o Indicador de Transparência.

A Eficiência DEA/VRS/*Output* mede o quão bem uma unidade produtiva utiliza seus insumos para gerar os resultados desejados, ou seja, ela compara a produção real de uma unidade com a produção máxima que poderia ser alcançada usando a mesma quantidade de insumos. Nesta medida de eficiência destacou-se cinco Estados (Amapá, Amazonas, Paraíba, Roraima, Sergipe), estas DMUs eficientes representam 18,5% do total (27) das unidades

estudadas, nos quais reside 17,5% da população nacional, dentre eles, não é possível observar relação com regiões específicas do país ou com porte populacional.

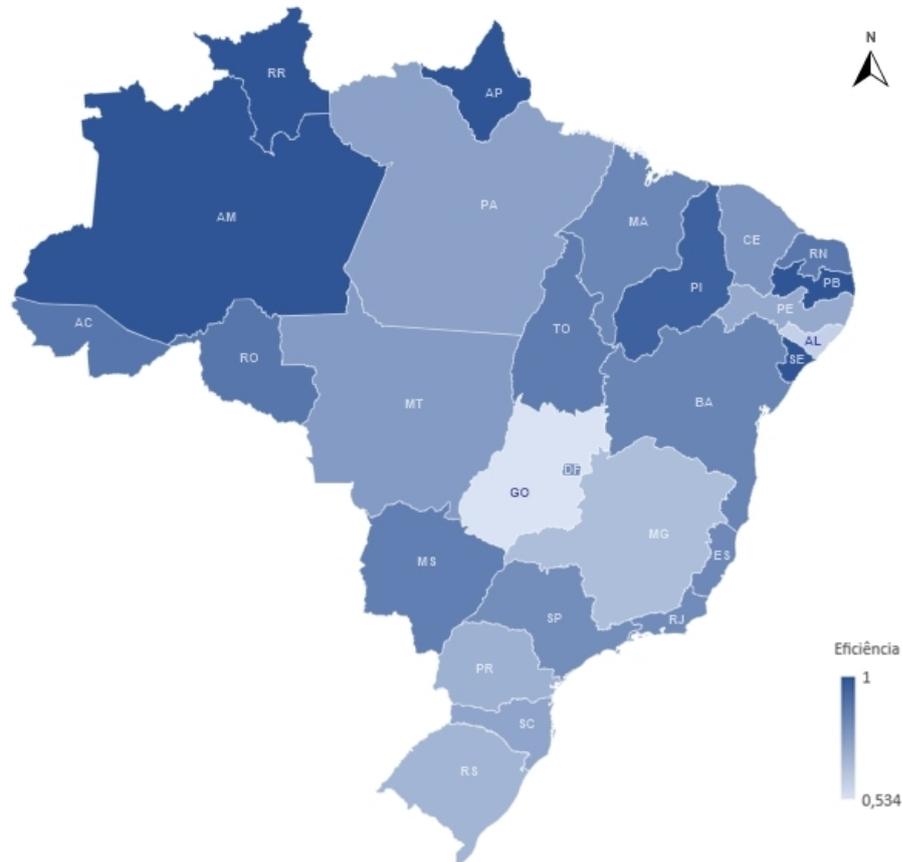
Observou-se ainda o retorno de escala constante que se refere à capacidade de uma unidade produtiva de manter uma eficiência estável ao longo do tempo, independentemente do tamanho da escala de produção, para esta pesquisa melhorar o IDEB. Sendo assim, 18,5% das DMUs está operando em sua fronteira de eficiência máxima, ou seja, não há vantagens em aumentar ou diminuir seus insumos.

A Tabela 1 apresenta ainda eficiência de escala, a qual avalia à capacidade dos Estados de melhorar suas operações de forma proporcional ao aumento da escala ou tamanho de suas atividades. Cinco Estados se destacaram na eficiência de escala, sendo eles: Amapá, Amazonas, Paraíba, Roraima e Sergipe. Indicando que estes Estados estão otimizando o uso de seus recursos e operando na escala adequada para maximizar sua eficiência e competitividade em relação a outras unidades semelhantes.

Por outro lado, doze Estados (Piauí, Rondônia, Acre, Rio Grande do Norte, Tocantins, Mato Grosso do Sul, Bahia, Maranhão, Espírito Santo, Distrito Federal, Rio de Janeiro, São Paulo) apresentaram Ineficiência Fraca ( $0,8 \leq a < 1$ ) com retorno de escala decrescente. Nesse caso, o acréscimo de insumos não está sendo utilizado de maneira eficiente para gerar uma produção proporcionalmente maior. Uma vez que, o retorno de escala decrescente geralmente ocorre quando há problemas de coordenação, falta de sinergia entre os fatores de produção, ineficiências organizacionais ou tecnológicas, ou quando a organização atinge limitações físicas que reduzem sua capacidade de expandir de forma eficiente. Sinalizando que estes Estados estão operando com recurso significativo, e a Ineficiência está mais relacionado a alocação. O retorno de escala decrescente foi constatado em 81,4% dos Estados.

Quando se trata de analisar as unidades de decisão eficientes, é crucial ter em mente que a Análise Envoltória de Dados é um método comparativo. Em outras palavras, a eficiência é avaliada com base na produção de cada unidade em relação às demais. A representação visual dessa relação pode ser observada na Figura 10, que ilustra em um mapa os escores de eficiência indicados na Tabela 1.

Figura 2 – Mapa dos escore de eficiência dos Estados na Educação básica, ano de 2020



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Percebe-se na Figura 10 que os Estados com pior desempenho: Alagoas e Goiás (ineficiência forte,  $< 0,6$ ) representam 7,4% das DMUs (Tabela 1). A ineficiência dessas DMUs indica resultados similares àqueles obtidos por Begnini e Tosta (2017) que indicou Alagoas inclusive com a menor IDEB – taxa de aprovação entre todos os Estados brasileiros. Observa-se ainda que estes dois Estados (Alagoas, R\$ 7.372,49/hab e Goiás R\$ 6.005,47/hab) foram os que mais investiram em educação básica. Entretanto, foram também classificados com ineficiência forte. Indicando, que não há relação direta entre eficiência e investimento. Embora seja comum acreditar que um maior investimento na educação resulta automaticamente em maior eficiência, essa relação nem sempre se confirma na prática. Esta pesquisa demonstra que eficiência e investimento são dois elementos independentes, cuja correlação não pode ser generalizada, pois não são lineares. Os resultados corroboram com o trabalho de Matias (2018)

e Araújo Junior (2017) que a relação (eficiência e investimento) não pode ser facilmente categorizada, uma vez que não seguem uma tendência linear.

É possível observar na Figura 10 uma proximidade geográfica entre os Estados eficientes, e a maioria deles não possui fronteiras ou têm fronteiras de pequena extensão. Isso pode indicar a existência de fatores comuns relacionados à educação básica entre esses Estados ou Regiões. No entanto, essa constatação requer uma análise mais detalhada para confirmar essa suposição.

Mas, atinente às DMUs eficientes, os resultados apontam que há grandes discrepâncias. Por exemplo, Amazonas aparece como eficiente na presente pesquisa, assim como nas de Begnini e Tosta (2017). Mas recebe escore de baixo grau de eficiência nas pesquisas de Scherer, *et al.* (2016). Outro caso curioso é Alagoas e Rio Grande do Sul, que aparece como ineficiente na atual pesquisa, no entanto, aparece como eficiente no estudo de Flach *et al.* (2017). Importante mencionar que há diversas razões pelas quais podem ocorrer diferenças nos estudos que utilizam o método DEA, algumas dessas razões incluem: variáveis de entrada diferentes, Modelos DEA distintos, pressupostos e restrições díspares, indicando a importância da análise temporal das eficiências e das variáveis adotadas.

#### 4.2.1 Estados *Benchmarks*

As DMUs *benchmarks* para o DEA desempenham um papel crucial na avaliação da eficiência dos Estados, permitindo compará-las com pontos de referência internos ou externos para Educação básica. Essas referências auxiliam na identificação de melhores práticas, na definição de metas e na busca por melhorias no desempenho dos Estados.

As eficiências indicadas na Tabela 1 relacionam os Estados de referência (*benchmarks*) às DMUs ineficientes a partir dos valores dos lambdas ( $\lambda$ ). A Tabela 2 demonstra os valores de  $\lambda$  para os Estados indicados por ordem de ineficiência, em relação aos Estados classificados como *benchmark* no ano 2020 ( $\lambda = 1$ ). Por exemplo, Acre apresentou ineficiência fraca (escore de 0,891) e teve como referência três Estados, o principal Roraima ( $\lambda = 0,852$ ) por apresentar lambda mais próximo de 1, em seguida Amapá ( $\lambda = 0,208$ ) e Sergipe ( $\lambda = 0,109$ ). Diferentemente, Alagoas realizou o maior investimento (R\$ 7372,49/hab) foi identificado com

o segundo menor desempenho dentre as DMUs com escore de 0,597 (ineficiência forte), teve como *benchmark* e referência principal Amapá ( $\lambda = 0,813$ ) e depois Sergipe ( $\lambda = 0,709$ ).

Tabela 2 – Valores de  $\lambda$  para os Estados ineficientes e seus *benchmarks*, ano de 2020

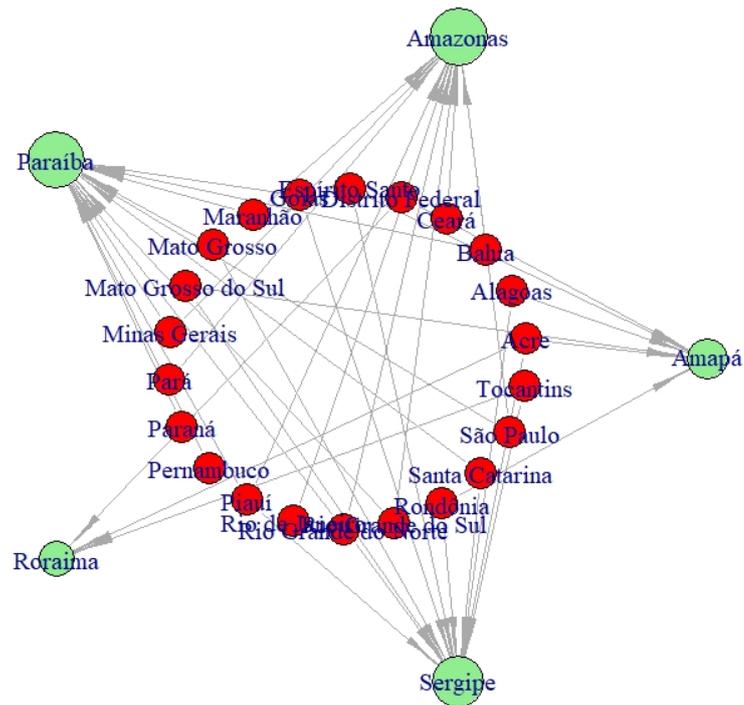
DMUS	Estados Benchmarks				
	AMAPÁ	AMAZONAS	PARAÍBA	RORAIMA	SERGIPE
Acre	0.208	0.000	0.000	0.852	0.109
Alagoas	0.813	0.000	0.000	0.000	0.709
Amapá	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Amazonas	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
Bahia	0.000	0.293	0.126	0.000	0.000
Ceará	0.000	0.478	0.000	0.000	0.000
Distrito Federal	0.533	0.000	0.000	0.102	0.000
Espírito Santo	0.302	0.000	0.000	0.000	0.206
Goiás	0.000	0.000	0.586	0.000	0.502
Maranhão	0.000	0.699	0.620	0.000	0.000
Mato Grosso	0.000	0.000	0.231	0.000	0.213
Mato Grosso do Sul	0.221	0.000	0.000	0.000	0.101
Minas Gerais	0.000	0.699	0.080	0.000	0.000
Pará	0.000	0.560	0.000	0.000	0.000
Paraíba	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
Paraná	0.000	0.000	0.710	0.000	0.000
Pernambuco	0.000	0.000	1.559	0.000	0.000
Piauí	0.000	0.220	0.533	0.000	0.341
Rio de Janeiro	0.000	0.385	0.000	0.000	0.000
Rio Grande do Norte	0.000	0.372	0.265	0.000	0.583
Rio Grande do Sul	0.000	0.978	0.723	0.000	0.000
Rondônia	0.272	0.000	0.000	0.000	0.916
Roraima	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
Santa Catarina	0.000	0.000	0.613	0.000	0.018
São Paulo	0.000	0.256	0.179	0.000	0.000
Sergipe	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
Tocantins	0.000	0.000	0.000	0.606	0.583

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Os dados indicados na Tabela 2 podem ser visualizados de forma gráfica, como indicado na Figura 3. Nela se observa os cinco Estados indicados como *benchmarks* (Amapá, Amazonas, Paraíba, Roraima, Sergipe) destacados em círculos concêntricos (verdes) externos e os Estados a eles referenciados (círculos vermelhos). A relação entre o tamanho dos círculos e a frequência com que um determinado Estado é utilizado como referência para os outros está diretamente ligada. Portanto, os Estados que apresentam ineficiência devem se espelhar nas práticas adotadas pelos Estados considerados *benchmarks*, buscando replicá-las em sua própria unidade,

na medida do possível. Isso permitirá que esses Estados ineficientes busquem a eficiência por meio da adoção de estratégias e métodos bem-sucedidos já aplicados por outros Estados considerados referências.

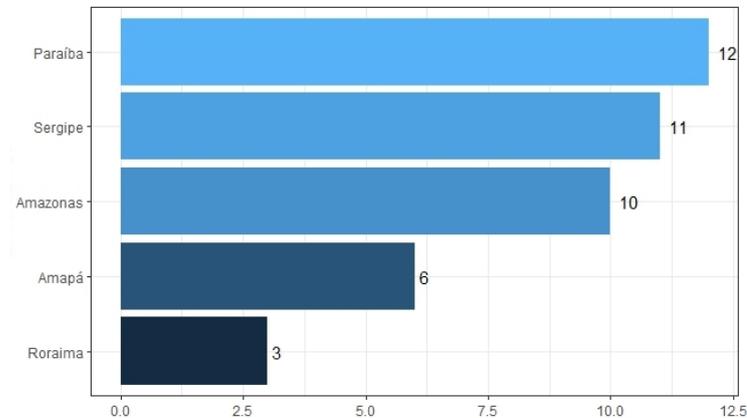
Figura 3 – Estados *Benchmarks* de eficiência na educação básica, ano 2020



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Na Figura 4, é apresentado o número de vezes em que as DMUs eficientes foram utilizadas como referência pelas DMUs ineficientes. O Estado da Paraíba se destaca como *benchmark*, pois foi referência para doze DMUs em diferentes ocasiões. Essa conclusão desperta interesse, tendo em vista que a Paraíba se destacou como o segundo Estado com menor investimento (R\$ 2 808,48/hab) na Educação básica.

Figura 4 – Números de vezes que os *Benchmarks* foram referência



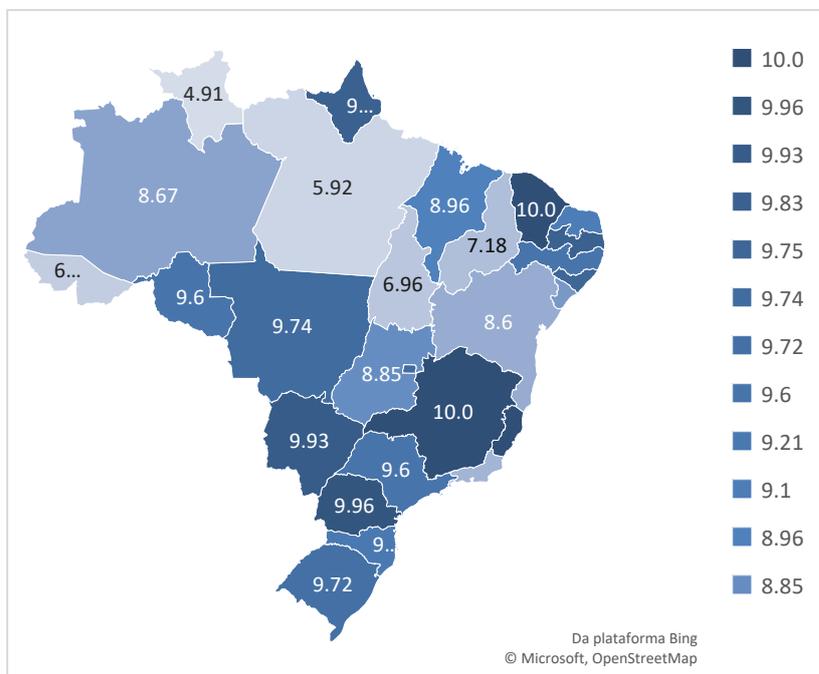
Fonte: Dados da pesquisa (2023).

O modelo DEA/VRS/*Output* gera uma fronteira de eficiência que define o limite máximo de desempenho alcançável e ajuda a identificar e promover a eficiência nas unidades produtivas. Esse modelo é admitido (BELLONI, 2000, p. 68) estes Estados (Figura 4) ilustra os números de vezes que as DMUs foram identificadas como pontos de referência em termos de eficiência, e assim, determinar a fronteira que delimita o desempenho máximo possível.

#### 4.2.2 Relação entre Eficiência e Transparência

Comparando os resultados de eficiência obtidos pelo modelo DEA/VRS/*Output* (Tabela 1) com os indicadores de Transparência (Controladoria-Geral da União, 2020) ilustrados na Figura 5 por meio de um Mapa e seus respectivos índices nos Estados, observamos uma correlação muito forte entre essas duas variáveis. Percebe-se, que quatro (AP, AM, PB, SE) dos cinco Estados classificados como eficientes também obtiveram resultados positivos na Transparência das contas públicas. Por exemplo, o Amapá foi classificado como eficiente e similarmente obteve um índice de 9,83 na transparência das contas públicas. Para constatar esta relação foi realizado uma análise de correlação para as variáveis *Eficiência* e *Transparência*. Tendo em consideração que quanto mais próximo elas estiverem dos valores extremos -1 e 1, mais forte é a correlação linear entre as variáveis.

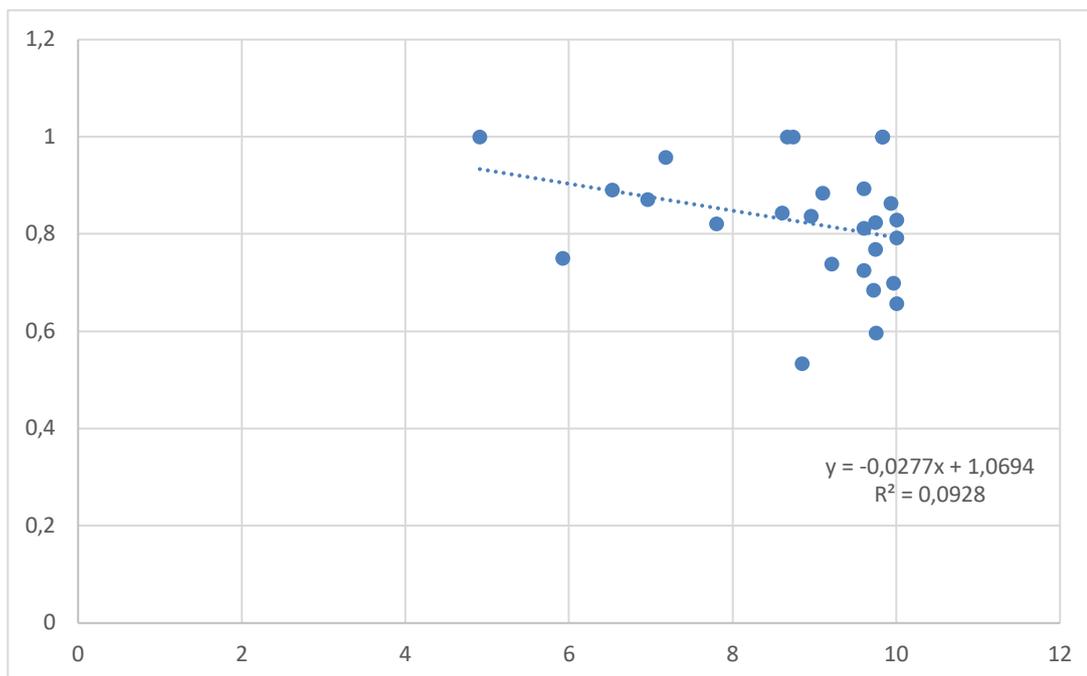
Figura 5 – Mapa com índices de Transparência da CGU (2020)



Fonte: Dados da CGU (2020), adaptado pelos autores (2023).

Considerando o Gráfico 2 de dispersão, 92,8% da variação da eficiência é explicada por variação na Transparência das contas públicas. Logo, aponta para uma ligação altamente consistente entre essas duas variáveis. Uma vez que, uma correlação próxima de 1 indica uma relação linear positiva perfeita, o que significa que uma variação na transparência das contas públicas está fortemente associada a uma variação correspondente na eficiência da educação. O Coeficiente de determinação  $R^2 = 0,0928$  e Coeficiente de Correlação 0,963. Essa correlação forte indica que a transparência desempenha um papel significativo na eficiência da educação.

Gráfico 2 – Gráfico de dispersão da Eficiência (associada a Transparência)



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

No entanto, é importante ressaltar que correlação não implica causalidade. Ou seja, mesmo que haja uma forte correlação entre essas variáveis, não podemos afirmar que a transparência das contas públicas é a única causa da eficiência da educação. Existem outros fatores que também podem influenciar a eficiência, como investimento adequado, formação dos professores, infraestrutura das escolas, entre outros. Ademais, é importante considerar que outros fatores também podem influenciar a eficiência e que a causalidade não pode ser estabelecida apenas com base na correlação.

#### 4.3 ANÁLISE LONGITUDINAL DA EFICIÊNCIA

Nesta seção, são mostrados os indicadores de eficiência DEA/VRS/*Output* relativos à Educação básica no Brasil entre os anos de 2016 e 2020. Os resultados dessas análises estão disponíveis na Tabela 3. É importante destacar que, para o ano de 2020, os indicadores são os mesmos que foram apresentados anteriormente na Tabela 1.

Tabela 3 – Eficiência dos Estados no período 2016 a 2020

ESTADOS	2016	2017	2018	2019	2020
Acre	1.000	1.000	1.000	1.000	0.891
Alagoas	0.738	0.720	0.706	0.709	0.597
Amapá	1.000	0.968	0.961	0.974	1.000
Amazonas	0.783	0.732	0.855	0.866	1.000
Bahia	0.920	0.924	0.901	0.876	0.843
Ceará	0.908	0.908	0.878	0.858	0.792
Distrito Federal	0.730	0.726	0.750	0.765	0.823
Espírito Santo	0.923	0.936	0.978	0.992	0.829
Goiás	0.658	0.641	0.644	0.649	0.534
Maranhão	0.938	0.942	0.922	0.886	0.837
Mato Grosso	0.897	0.875	0.859	0.876	0.769
Mato Grosso do Sul	0.897	0.911	0.910	0.915	0.863
Minas Gerais	0.799	0.774	0.750	0.736	0.657
Pará	0.877	0.852	0.824	0.841	0.750
Paraíba	0.987	0.954	0.849	1.000	1.000
Paraná	0.801	0.810	0.757	0.697	0.699
Pernambuco	0.979	1.000	0.873	0.813	0.725
Piauí	1.000	1.000	1.000	1.000	0.958
Rio de Janeiro	0.925	0.925	0.899	0.885	0.821
Rio Grande do Norte	0.958	0.957	0.934	0.943	0.884
Rio Grande do Sul	0.810	0.803	0.755	0.737	0.684
Rondônia	1.000	1.000	1.000	1.000	0.893
Roraima	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Santa Catarina	0.809	0.812	0.760	0.737	0.738
São Paulo	0.802	0.854	0.461	0.719	0.812
Sergipe	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Tocantins	0.854	0.846	0.882	0.905	0.871

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

De forma geral, observa-se (Tabela 3) que os alguns Estados tiveram redução de sua eficiência no decorrer dos anos (2016-2020), mesmo àquelas DMUs eficientes (escore igual 1). Por exemplo, o Piauí de 2016 a 2019 teve escore igual 1, entretanto em 2020 passou para 0.958, diminuindo a sua capacidade de desempenho. O estado do Amazonas registrou um índice de 0,783 em 2016 e conseguiu atingir um nível de eficiência em 2020, aprimorando sua habilidade de executar com eficiência. Da mesma forma, o estado do Acre só foi classificado como eficiente em 2020.

Nota-se ainda (Tabela 3) que Roraima e Sergipe foram os únicos Estados que alcançaram a eficiência em todos os anos analisados. Diferentemente, dos respectivos Estados: Alagoas, Bahia, Ceara, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande

do Sul, Santa Catarina, São Paulo, os quais, não atingiram o escore de eficiência em nenhum dos anos pesquisados. Isso sugere que eles não estão operando de forma eficiente em relação à sua capacidade. No entanto, é fundamental ressaltar que a investigação detalhada das razões por trás da diminuição ou aumento da eficiência em determinados anos ultrapassa os limites de apuração deste estudo.

#### 4.4 DISCUSSÕES E IMPLICAÇÕES

Os resultados da pesquisa permitiram apontar um conjunto de implicações para a gestão e *accountability*. Uma primeira implicação teórica se refere ao nível de análise em estudos de Educação com DEA. Embora a pesquisa com DEA na área da educação ainda esteja em desenvolvimento, seus resultados têm o potencial de fornecer *insights* valiosos para aprimorar a qualidade da educação, à medida que novos estudos são realizados e os métodos são refinados.

Nesta pesquisa, a análise descritiva da variável “*gasto per capita com educação básica*” possibilitou a análise da alocação dos recursos financeiros e a detecção de eventuais padrões ou discrepâncias nos padrões de gastos conforme evidenciado no Gráfico 1. Além disso, foi identificado uma continuidade geográfica entre os Estados eficientes (região norte e nordeste), característica que não foi aprofundada nesta dissertação. Mas que é consistente com a homogeneidade regional identificada por Lopes e Toyoshima (2013) ao estimar Distribuição espacial da eficiência técnica governamental nos setores saúde e educação no Brasil.

A eficiência no uso do recurso público delinea uma segunda implicação prática. Dentre os cinco Estados eficientes no ano de 2020 (análise transversal) três estão entre os Estados com menores gastos *per capita*: Amazonas (R\$ 2665,96/hab, menor valor), Paraíba (2808,48/hab) e Sergipe (3087,00/hab). Este resultado é consistente com a máxima de que a aplicação de mais recursos, por si só, não garante automaticamente a eficiência. Embora a aplicação de recursos adicionais possa parecer uma solução óbvia para melhorar o desempenho, a eficiência não se resume apenas a ter mais recursos disponíveis. Portanto, “garantir a eficiência na educação é crucial para aproveitar ao máximo os recursos disponíveis e fornecer uma educação qualidade” (Smith, 2020).

Uma terceira implicação, seria que ao desenvolver ações práticas para melhorar a educação básica nos Estados não classificados como eficientes, deveriam ser observados os

escores de retorno de escala decrescente indicados na Tabela 1. Para tal, é importante considerar algumas estratégias e abordagens nestas DMUs: (i) avalia a necessidade de reorganizar equipes, redesenhar fluxos de trabalho ou ajustar a estrutura hierárquica; (ii) estabelecer indicadores-chave de desempenho relevantes para a DMU e monitore regularmente o seu desempenho; (iii) explorar o uso de tecnologias avançadas e inovações para otimizar processos, reduzir custos e melhorar a eficiência; (iv) identificar as ações que estão consumindo muitos recursos, mas gerando resultados abaixo do esperado (Emrouznejad; Yang, 2018). Considerando, que cada Estado é único e as estratégias de melhoria podem variar dependendo do contexto e das circunstâncias específicas. Assim, compreender e atuar em *Educação básica* envolve a apreciação sistêmica de estatísticas de vários índices interrelacionadas, a exemplo: controle fiscal, controle social, *transparência* que referente à divulgação de informações de forma clara, precisa e compreensível sobre as atividades, finanças e operações do ente federativo.

Uma quarta implicação prática e teórica está relacionada ao acompanhamento temporal das eficiências em *Educação básica*. A análise DEA, indicou que 62,9% da amostra (dezessete Estados) não alcançou a eficiência em nenhum dos anos. Ou seja, os Estados estão operando fora de sua capacidade. Isto indica, que pode ser necessário realizar mudanças estruturais para melhorar a eficiência. O que pode ocorrer pela otimização dos recursos existentes, dado existirem desperdícios no uso de recursos na educação (Nez, Hein e Kroenke, 2020) e haver questionamentos quanto a sua destinação (Nicholas, 2012; Smaili, *et al.*, 2022).

Considerando essas implicações para assegurar a eficiência na educação, é fundamental atentar para a alocação adequada de recursos financeiros, o aprimoramento da formação dos professores, a implementação de currículos pertinentes e o acompanhamento do desempenho dos estudantes. A eficiência não só possibilita uma gestão otimizada dos recursos, mas também promove a constante melhoria da qualidade da educação proporcionada.

## 5. CONCLUSÕES

Diante das discussões a respeito da eficiência dos Estados aos recursos destinadas aos serviços de *Educação básica*, é notória a importância de estudos que visem avaliar a eficiência com que esses recursos são empregados, bem como dos serviços públicos decorrentes do investimento desses recursos. No entanto, foi constatado que a literatura acadêmica e os relatórios técnicos sobre esse tema ainda são superficiais. É essencial, portanto, incentivar pesquisas sobre a eficiência dos investimentos e dos serviços públicos, a fim de tornar mais viável a utilização eficiente e eficaz dos gastos e serviços públicos.

A utilização da abordagem do DEA revelou-se promissora nesse contexto, uma vez que permite avaliar a eficiência levando em consideração os gastos por indivíduo. A eficiência calculada por meio do DEA baseia-se em observações reais e possui uma natureza relativa. Em outras palavras, o DEA avalia o desempenho das Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs) comparando seus resultados e recursos com os das outras DMUs da amostra, já que as DMUs com eficiência máxima (1) estabelecem uma fronteira de eficiência.

Em relação aos achados deste estudo em particular, pode-se observar que apenas alguns estados obtiveram resultados satisfatórios em termos de eficiência. Os resultados relacionados aos investimentos em educação ficaram abaixo dos valores considerados eficientes. Em outras palavras, os resultados ineficientes predominaram nos gastos públicos estaduais nos setores onde o comprometimento é maior. Outro resultado importante: quanto maior a eficiência, mais os retornos de escala se mostram decrescentes, o que, indica que à situação em que um aumento proporcional nos insumos de uma Unidade Tomadora de Decisão (DMU) resulta em um aumento proporcionalmente menor nos resultados produzidos pela DMU.

A amostra estudada mostrou-se bem heterogênea não só pelos dados de *inputs* e *outputs*, mas também em seus retornos de escala. O modelo DEA/VRS/*Output* em estudo elegeu Amapá, Amazonas, Paraíba, Roraima e Sergipe como os melhores Estados (Eficientes). Paraíba foi referência para doze Estados, Sergipe referência para onze, Amazonas referência para dez, Amapá para seis e Roraima referência para três.

Outro resultado relevante reportado pela pesquisa, diz respeito aos índices de Transparência estabelecidos pela CGU. Foi observado que, dos cinco estados classificados como eficientes, quatro (Amapá, Amazonas, Paraíba e Sergipe) também apresentaram

resultados positivos em termos de transparência das contas públicas. Por exemplo, o estado do Amapá, que foi classificado como eficiente, obteve um índice de transparência das contas públicas de 9,83. Para verificar essa relação, uma análise de correlação foi conduzida entre os escore de Eficiência e os índices de Transparência.

Ademais, quando comparados os resultados desta pesquisa com outros trabalhos com agenda de pesquisa semelhante, constatou-se que, de forma geral, os resultados estão em consonância com relação aos Estados considerados ineficientes. Em outras palavras, a maioria dos estudos revisados indica que altos níveis de gastos não garantem necessariamente práticas eficientes, em termos gerais, eficiência e investimentos nem sempre caminham *pari passu*.

Portanto, compreende-se que a educação básica é uma área complexa, que precisa ser estudada de forma multidimensional, uma vez que, as instituições de ensino são compostas por diversos elementos, como alunos, professores, currículos, políticas educacionais, recursos financeiros e estruturas organizacionais. Compreender como esses elementos interagem e impactam a sociedade é um desafio significativo. É importante mencionar também que o cenário educacional está em constante evolução, com novas políticas, tecnologias e abordagens pedagógicas surgindo regularmente. Isso exige que os pesquisadores estejam atualizados e adaptáveis para acompanhar as mudanças e garantir que suas pesquisas sejam relevantes e aplicáveis ao contexto educacional atual.

Em resumo, este estudo apresentou algumas limitações e aponta para possíveis direções de pesquisa e ação governamental. Não foram utilizados dados primários para examinar diferenças em abordagens e características locais, e sim dados secundários de fontes públicas que podem conter imprecisões e lacunas, o que pode afetar parcialmente os resultados. O ano de 2020 foi marcado pela pandemia do Covid-19, que trouxe consigo uma sobreposição de crises no Brasil, incluindo a crise sanitária, econômica e fiscal, juntamente com a redução do investimento público em políticas sociais (ABSP, 2021). Esse contexto sugere a possível existência de novas variáveis que não foram abordadas neste estudo.

## REFERÊNCIAS

- ABRUCIO, F. L. O impacto do modelo gerencial na administração pública: Um breve estudo sobre a experiência internacional recente. **Cadernos ENAP**, n. 10, 1997.
- AFONSO, A. J. O neoliberalismo educacional mitigado numa década de governação social-democrata. Um contributo sociológico para pensar a reforma educativa em Portugal (1985-1995). **Revista Portuguesa de Educação**. Vol. 2, n. 10, p. 103-137. 2007.
- AFONSO, A. J. Nem tudo o que conta é mensurável ou comparável: crítica à accountability baseada em testes estandardizados e rankings escolares. **Revista Lusófona de Educação**, Lisboa, n. 13, p. 13-29, 2009.
- AFONSO, A. J. Mudanças no Estado-avaliador: compartivismo internacional e teoria da modernização revisitada. **Revista Brasileira de Educação**. Rio de Janeiro, RJ, Vol. 18, n. 53, p. 267-284, abr./jun. 2013.
- AGASISTI, T. The efficiency of public spending on education: An empirical comparison of EU countries. **European Journal of Education**, Vol. 49, n. 4, p. 543-557, 2014.
- ALMEIDA, M. R.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, DA do N. Análise de eficiência dos aeroportos internacionais brasileiros. *Revista Produção Online*, edição especial, 2007.
- ANJOS, M. A. *et al.* **Aplicação da análise envoltória de dados (DEA) no estudo da eficiência econômica da indústria têxtil brasileira nos anos 90**. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2005.
- ANDRADE, E. C. “School accountability” no Brasil: experiências e dificuldades. **Revista de Economia Política**. Vol. 28, n. 3, p. 443-453, jul./set. 2008.
- ANDRADE, B. H. S. *et al.* Eficiência do gasto público no âmbito da saúde: uma análise do desempenho das capitais brasileiras. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**. Vol. 38, n.132, p. 163-179. 2017.
- ANDRADE, M. V. F. M. **Fiscalização e controle externo sobre os recursos do FUNDEB no município de rio branco no período de 2010 a 2013**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Acre/ UFAC. 2017.
- ARAÚJO JUNIOR, J. N. **Análise intertemporal na eficiência dos gastos municipais do Nordeste com educação básica: uma abordagem com DEA e índice de Malmquist**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6022**: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

BALEEIRO, A. **Uma introdução à ciência das finanças**. Atualização de Djalma de Campos. 16. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2003.

BANCO MUNDIAL. **World Development Indicators Database**. Análise da eficiência e equidade do gasto público no Brasil 2017. World Bank, July 2017.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management science**. Vol. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BARBOSA, F.C.; FUCHIGAMI, H. Y. **Data envelopment analysis: theory and practical applications**. Itumbiara. ULBRA, 2018.

BARROS, F. P.; MOREIRA, J. A. S. As políticas para o financiamento da educação básica pública no Brasil: primeiras aproximações. **Revista Maringá**. Vol. 4, n. 2, p. 193- 207, 2012.

BEGNINI, S.; TOSTA, H. T. A eficiência dos gastos públicos com a educação fundamental no Brasil: uma aplicação da análise envoltória de dados (DEA). **E&G Economia e Gestão**. Vol. 17, n. 46, jan./abr. 2017.

BARROS, A. P. C. H. **A eficiência relativa da governança eletrônica das universidades federais brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Administração e Controladoria) Universidade Federal do Ceará, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/28384>. Acesso em: 23 mar. 2021.

BENÍCIO, A. P.; RODOPOULOS, F. M. A.; BARDELLA, F. P. Um retrato do gasto público no Brasil: porque se buscar a eficiência. Brasília: **Tesouro Nacional**, 2015. p. 19 – 51. Disponível em: <http://www.tesouro.fazenda.gov.br/-/tesouro-nacional-lanca-livro-sobre-qualidade-do-gasto>>. Acesso em: 06 fev. 2022.

BEGNINI, S.; TOSTA, H. T. A eficiência dos gastos públicos com a educação fundamental no Brasil: uma aplicação da análise envoltória de dados (DEA). **Revista Economia & Gestão**, v. 17, n. 46, p. 43-59, 2017.

BONAMINO, A. M. C.; ALVES, F.; CAZELLI, S.; FRANCO, C. Os efeitos das diferentes formas de capital no desempenho escolar: um estudo à luz de Bourdieu e de Coleman. **Revista Brasileira de Educação**. Vol. 15, p. 487-499, 2010.

BOUÇÃO, G. M. *et al.* Relação entre Gastos Públicos, Educação e Criminalidade: uma Análise de Eficiência nos Estados Brasileiros. In: Congresso USP de Iniciação Científica em Contabilidade, **Anais [16]**. São Paulo, 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/ConstituiA7ao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/ConstituiA7ao.htm). Acesso em: 21 mar. 2022.

\_\_\_\_\_. **Decreto lei nº 200**, de 25 de fevereiro de 1967. Dispõe sobre a organização da Administração Federal, estabelece diretrizes para a Reforma Administrativa e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del0200.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0200.htm). Acesso em: 15 abr. 2022.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9.394**, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, de 20 de dezembro de 1996. Brasília, 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm). Acesso em: 16 abr. 2022.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 4.320**, de 17 de março de 1964. Estatui normas gerais de Direito Financeiro para a elaboração e controle dos orçamentos e balanços da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal. Disponível em <<http://www.stn.fazenda.gov.br>. Acesso em: 15 abr. 2022.

\_\_\_\_\_. **Lei Complementar n.º 101**, de 04 de maio de 2000. Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências. Disponível em <<http://www.stn.fazenda.gov.br>. Acesso em: 15 mai. 2022.

\_\_\_\_\_. Ministério da Fazenda. Secretaria do Tesouro Nacional. **Manual de Contabilidade Aplicada ao Setor Público: Aplicado à União, Estados, Distrito Federal e Municípios**. Parte I. Ministério da Fazenda. Secretaria do Tesouro Nacional. 4ª Ed. Brasília: 2011.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Orçamento 2020: educação tem aumento de R\$ 7,3 bilhões**. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/orcamento-2020-educacao-tem-aumento-de-r-7-3-bilhoes>. Acesso em 29 de abril de 2023.

BROOKE, N. **Accountability educativa en Brasil: una visión general**. Madrid: OEI, 2004. Disponível em: <<http://www.oei.es/evaluacioneducativa/Brooke.pdf>>. Acesso em: 16 maio. 2022.

BRUNO, R. M. **Lei de responsabilidade fiscal e orçamento público municipal**. 5. ed. Curitiba: Juruá, 2013.

BUENO, J. L. P.; GOMES, M. A. Uma análise Histórico-crítica da formação de Professores com tecnologias de informação e comunicação. **Revista Cocar Belém**. Vol. 5, n. 53, 2011.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artemed, 2003. 255p.

CANAL, G. Y.; AMADO, A. P. G.; HURTADO, M.G. Evaluación de la eficiencia investigativa de las universidades públicas colombianas 2003-2012 utilizando el análisis envolvente de datos. **INGE CUC**. Vol. 11, n. 2, p. 97-108, 2015.

CARDOSO, M. G. *et al.* **O ensino de estatística por meio das potencialidades do software R studio**. Editora Científica: Guarujá, 2021.

CAVALCANTE, G. T.; FARIA, R. C. O uso dos parâmetros de benchmarking da análise envoltória de dados (DEA) como instrumento de orçamentação. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**. Vol. 3, n.1, Sem I. 2009.

CHARNES, A; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European journal of operational research**. Vol. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CHÁVEZ, N.; LENIN, J. C.; HERNÁNDEZ, Z. T. Análisis de la eficiencia técnica global mediante la metodología DEA: evidencia empírica en la industria eléctrica mexicana en su fase de distribución, 1990-2003. **Revista Nicolaita de Estudios Económicos**. Vol. 1, n. 1, p. 9-28. 2006.

COOPER, W.W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**. Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.

CRUZ, F. **Contabilidade e Movimentação Patrimonial do Setor Público**. Rio de Janeiro: ed. do autor, 1988. 230p.

CÉSAR, P. S. M. Consórcios públicos Inter federativos; à busca da eficiência na administração pública. In: **Revista Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XIX, 147, abr 2016.

DANTAS, E. B. A importância da pesquisa para a tomada de decisões. **Biblioteca on-line de Ciências da Comunicação 2013**. Disponível em: [http://www.bocc.ubi.pt/\\_esp/autor.phpdautor=923](http://www.bocc.ubi.pt/_esp/autor.phpdautor=923). Acesso em: 19 abr. 2022.

DA SILVA DANTAS, M. G.; BOENTE, D. R. A eficiência financeira e esportiva dos maiores clubes de futebol europeus utilizando a análise envoltória de dados. **Revista de Contabilidade e Organizações**. Vol. 5, n. 13, p. 75-90. 2011.

DUFRECHOU, A. The efficiency of public education spending in Latin America: A comparison to high-income countries. **International journal of educational development**. Vol. 49, n. 1, p. 188 -203, 2016.

DUMITRESCU, D. et al. DEA Approach Towards Exploring the Sustainability of Funding in Higher Education. Empirical Evidence from Romanian Public Universities. Published in **Amfiteatru Economic**. Vol. 22, no. 54 pp. 593 – 60. 2020.

EMROUZNEJAD, A.; YANG, G. L. A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. **Socio-Economic Planning Sciences**, n. 61, p. 4-8. 2018.

ESSID, H.; OUELLETTE, P.; VIGEANT, S., Productivity, efficiency, and technical change of Tunisian schools: a bootstrapped Malmquist approach with quasi-fixed inputs. **Omega**. Vol. 42, n. 1, p. 88-97, 2014.

FARRELL M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**. Vol. 3 n. 120, p. 253-281, 1957.

FEITOSA, A. K; OLIVEIRA, F. H. Controle de orçamento público municipal. **A Economia em Revista**. Vol. 21, n. 2, p. 50-60, jul. 2013.

FERNANDES, R.; GREMAUD, A. Qualidade da educação básica: avaliação, indicadores e metas. In: VELOSO, F. et al. (Orgs.). Educação básica no Brasil: construindo o país do futuro. Rio de Janeiro: Elseiver, 2009.

FERNANDES, M. A. **Análise de eficiência da segurança pública dos estados brasileiros no ano de 2014**. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/35487/2/MatheusAF\\_dissertação.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/35487/2/MatheusAF_dissertação.pdf). Acesso em: 11 mai. 2022.

FERRI, C. M. *et al.* A eficiência na alocação dos recursos de escolas municipais de Luziânia/GO: um estudo a partir da Análise Envoltória de Dados (DEA). **Anais XXIV Congresso Brasileiro de Custos** – Florianópolis, SC, Brasil, 15 a 17 de nov. 2017.

FRANCESCHINA, S. **Mensuração e distribuição espacial da eficiência dos gastos públicos em saúde nos municípios do estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Gestão e Desenvolvimento Regional – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2019.

FREITAS, M. L. G. Vigilância da fronteira brasileira: uma aplicação do Método de análise envoltória de dados. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**. Vol. 12, n. 2, mai./ago. 2020.

GADELHA, S. R. B. **Entendendo o Orçamento Público**. ENAP. 2017. Disponível em: <http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/3167>. Acesso em: 04 jun. 2022.

GALDINO, J. A.; GUIMARÃES, M. G. V.; FILHO, M. M. C. Análise do desempenho na gestão das despesas orçamentárias com segurança pública no Brasil. **Revista Ambiental Contábil**. Vol. 7, n. 1, p. 70-88. jan. 2015.

GARCIA, E. **Verificação da conformidade dos procedimentos de execução orçamentaria de programas no fundo estadual de saúde do estado de Santa Catarina**: estudo de caso na secretaria de estado da saúde (SES). Universidade Federal de Santa Catarina 2009.

GEISSLER, B.; MEW, M. C.; WEBER, O.; STEINER, G. Efficiency performance of the world's leading corporations in phosphate rock mining. **Resources, Conservation and Recycling**. Vol. 1, n. 105, p. 246-258, 2015.

GIACOMONI, J. **Orçamento Público**. 13ª ed. São Paulo: Atlas, 2005. 318p.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. S. **Análise envoltória de dados: Conceitos e modelos básicos**. Viçosa: UFV, 2004.

GORUR, R. Producing calculable worlds: Education at a glance. **Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education**. Vol. 36, n. 4, p. 578-595. 2015.

GRUBER, J. **Public finance and public policy**. Macmillan. Worth Publishers; 5th 2015.

GUNAY, A.; ALI, D. Measurement of financial efficiency and productivity of Turkish Public Universities by using non-parametric methods. **Journal of applied research in higher education**. Vol. 11, n. 4, p. 896-876. out. 2019.

KASSAI, S. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, do departamento de contabilidade e atuaria, da Universidade de São Paulo, 2002.

HUBERT, R. **História da Pedagogia**. Tradução de: DAMASCO PENNA, Luiz e DAMASCO

PENNA, J. B. 1. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional (Coleção Atualidades Pedagógicas, v.66), 1957.

JOHNES, J. Efficiency and productivity change in the English higher education sector from 1996/97 to 2004/5. **The Manchester School**. Vol. 76, n. 6, p. 653-674, 2008.

LIMA, J. R. R. A importância da filosofia na docência do ensino superior nos cursos de licenciatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**. São Paulo, Vol. 7, n.1, jan. 2021.

LIRA, S. A.; CHAVES NETO, A. Coeficientes de correlação para variáveis ordinais e dicotômicas derivados do coeficiente linear de Pearson. **Ciência & Engenharia**. Vol. 15, n. 1, p. 45-53. 2006.

LOPES, L. C.; TOYOSHIMA, S. H. Evidências do impacto da corrupção sobre a Eficiência das políticas de saúde e educação nos estados brasileiros. **Revista Planejamento e Políticas Públicas**, Vol. 4 n. 41, jul./dez. 2013.

MACIEL, G. S. **Método para determinação de alvos para tornar DMUs eficientes usando a eficiência composta**. Tese (Doutorado em Sistemas, Apoio à Decisão e Logística) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

MACIEL, P. J. Finanças públicas no Brasil: uma abordagem orientada para políticas públicas. **Revista de Administração Pública – RAP**. Vol. 5, n. 47, p. 1213-1242. 2013.

MAJADA, C. P. **Eficiência em educação profissional, científica e tecnológica: um estudo sobre os Institutos Federais brasileiros**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Administração Pública em Rede Nacional – PROFIAP - da Faculdade de Administração e de Turismo da Universidade Federal de Pelotas, 2019.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Hipóteses: Metodologia Científica**. 5ª ed. Editora Atlas, 2008.

MAROY, C. **Políticas Públicas e Educação: Regulação e conhecimento**. Editora: Belo Horizonte: Fino Traço, 2011.

MATIAS, *et al.* **Níveis de Gastos e Eficiência Pública em Educação: Um Estudo de Municípios Paulistas Utilizando Análise Envoltória de Dados**. **Revista de Administração da UFSM**. Vol. 11, n. 4, p. 1051-1067, 2018.

MATIAS-PEREIRA, J. Manual de gestão pública contemporânea. São Paulo: Atlas, 6ª edição, 2020.

MARIZ, F.B.A.R. **Modelos dinâmicos de Análise Envoltória de Dados: revisão da literatura e comparação de modelagens**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

MARTINS, K; FROM, D. A. A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO A DISTNCIA NA SOCIEDADE ATUAL. **Faculdade Dom Bosco**, 2016.

MATTOS, E.; TERRA, R. Conceitos sobre eficiência. In: BOUERI, R.; ROCHA, F.; RODOPOULOS, F. (Org.). **Avaliação da Qualidade do Gasto Público e Mensuração da Eficiência**. Brasília: Secretaria do Tesouro Nacional, cap.6, p.211-233. 2015.

MEDEIROS, R. V. V; MARCOLINO, V. A. A Eficiência dos municípios do Rio de Janeiro no setor de saúde: uma análise através da DEA e Regressão Logística. **Revista Meta: Avaliação**. Vol. 10, n. 28, p. 183-210. 2018.

MENDONÇA, O. F. **Qual a diferença da polícia dos Estados Unidos e a do Brasil?** Publish Online, Fev. 2014. Brasília/DF. Disponível em: <https://www.feneme.org.br/qual-a-diferenca-da-policia-dos-estados-unidos-e-a-do-brasil/>. Acesso em: 28 mar. 2022.

MEIRELLES, H. L. **Direito Administrativo Brasileiro**. 9. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1989.

MELLO, J. C. C. B. S. et al. Eficiência DEA como medida de desempenho de unidades policiais. **Revista Produção online**. Vol. 5, n. 3, 2005.

MELLO, J. C. C. B. S., ANGULO-MEZA, L., GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L. Curso de Análise de Envoltória de Dados. **XXXVII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, Gramado. 2005.

MONTE, M. M.; LEOPOLDINO, C. B. Eficiência dos Gastos Municipais em Educação no Ceará. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**. Vol. 11, n. 4, p. 44-55, jul./set. 2017.

MULGAN, R. Accountability: an ever-expanding concept. **Public Administration, Oxford**, Vol. 178, n. 3, p. 555-573, 2000.

MUSGRAVE, R. A. **The Theory of Public Finance-A Study in Public Economy**. New York: McGraw-Hill, 1959.

NAKAGAWA, M. Accountability: a razão de ser da contabilidade. **Revista de contabilidade & Finanças**, Vol. 18, n. 44, São Paulo, May/Aug., 2007.

NEZ, E.; HEIN, N.; KROENKE, A. Influência das práticas de governança pública na relação entre ambiente rent seeking e o desperdício de recursos na educação pública municipal. *In: Anais do XIV Congresso ANPCont*. 2020.

NICHOLAS, D. O financiamento da educação estatal no Brasil: novos ou velhos desafios. **Revista Educação On-line PUC-Rio**, n. 10, p. 31-63, 2012.

OECD - Organisation for Economic Cooperation and Development. **Education at a Glance (EaG) 2019**, Paris: OECD, 2019. Disponível em: [https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2019\\_f8d7880d-en](https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2019_f8d7880d-en). Acesso em: 22 mai. 2022.

OECD - Organisation for Economic Cooperation and Development. **Education at a glance 2010: OECD indicators**. Paris: OECD, 2010. Disponível em: [https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2010\\_eag-2010-en](https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2010_eag-2010-en). Acesso em: 22 mai. 2022.

OLIVEIRA, J. E. F. Influência da correlação no número de graus de liberdade efetivos para a determinação da incerteza de medição no ensaio de tração. **CIENTEC-Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**. Vol. 9, n. 2, 2018.

OLIVEIRA, R. S. L. P.; PEDRO, M. I. C.; MARQUES, R. D. R. C. Avaliação da eficiência das empresas hoteleiras do algarve pela metodologia análise de envoltória de dados (DEA). **Revista brasileira de gestão de negócios**, Vol. 17, n. 54, p. 788-805. 2015.

PAÇO, C. M. L.; PÉREZ, J. M. C. The information and communication technologies on the productivity of Portuguese hotel sector. **Tourism & Management Studies**. Vol. 11, n. 2, p. 39-46. 2015.

PASSONI, J. P.; MURBACK, F. G. R. Estudo sobre as aplicações da ferramenta análise envoltória de dados. **Revista Gestão e Conhecimento**. Vol. 10 n, 15. 2014.

PEÑA, R. C. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). **RAC-Revista de Administração Contemporânea**. Vol. 12, n. 1, 2008.

PEREIRA, Y. **Solos Aéreos – Ysam: divulgações poéticas**. Yanna Pereira – Literatura brasileira, poesia. Rio de Janeiro, Autografia, 2020.

- PESSANHA, M. F. J. *et al.* Implementando modelos DEA no R. SEGET-X. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**. Faculdade Dom Bosco. Abr. 2013.
- PIERI, R. Retratos da educação no Brasil. São Paulo, **Revista Científica Aprender**. Vol. 5, edição de junho, 2018.
- PRASETYO, A. D.; ZUHDI, U. The Government Expenditure Efficiency towards the Human Development. **Procedia Economics and Finance**, Vol. 5, p. 615-622, 2013.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- RAIMUNDO, C. M. **Análise da inovação sustentável da indústria de alimentos no Brasil de 2007 a 2012**: aplicação do Método DEA-Malmquist. Dissertação (mestrado). Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, 2015.
- RAY, S. **Data Envelopment Analysis: Theory and Techniques for Economics and Operations Research**. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York, 2004.
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: Métodos e Técnicas**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- ROSANO-PENA, C.; ALBUQUERQUE, P. H. M.; DAHER, C. E. Dinâmica da produtividade e eficiência dos gastos na educação dos municípios goianos. **Revista Administração Contemporânea**. Vol. 16, n. 6, p. 845-865, 2012.
- SALLES, S. A. F. *et al.* ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE JOGADORES DOS PRINCIPAIS CAMPEONATOS EUROPEUS DE FUTEBOL ATRAVÉS DO DEA. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**. Vol. 10, n. 1, p. 9-26. 2018
- SANTOS, C. A. F. **Abordagem macbeth para tratamento de informação qualitativa aplicada num contexto da análise envoltória de Dados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.
- SAVIAN, M. P. G.; BEZERRA, F. M. Análise de eficiência dos gastos públicos com educação no ensino fundamental no estado do Paraná. **Revista Economia & Região**. Vol. 1, n.1, jan./jul. 2013.
- SCHEDLER, A. Que es la rendicion de cuentas. **Cuadernos de Transparencia**, México, IFAI – Instituto Federal de Acceso a la Información Pública IFAI n. 3, jan. 2004. Disponível em: <[http://works.bepress.com/andreas\\_schedler/6](http://works.bepress.com/andreas_schedler/6)>. Acesso em: 23 mai. 2022.

SCHERER, G. *et al.* Eficiência dos gastos em educação básica nos estados brasileiros a partir da análise envoltória de dados (DEA). **Anais XXIII Congresso Brasileiro de Custos** – Porto de Galinhas, PE, Brasil, 16 a 18 de nov. 2016.

SCHNEIDER, M. P.; NARDI, E. L. Accountability em educação: mais regulação da qualidade ou apenas um estágio do estado-avaliador? **Revista Educ. Temática Digital**. Vol. 17, n. 1 p. 58-74 jan./abr. 2015.

SEN, A. *Development as Freedom*. Anchor Books. Paperback, 2000.

SMAILI, S. *et al.* Desvio de recursos do FNDCT é assalto ao nosso futuro. **Coleções Sou Ciência**, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/11600/65946>. Acesso em 20 de janeiro de 2023.

SMITH, J. *Eficiência na Educação: Estratégias para o Sucesso*. Editora Educação Moderna. 2020.

SOUSA JUNIOR, J. N. C. **Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da Região Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte). Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

SILVA, R.G.; PORTO, H. G. M. Educação Emocional, Pressupostos para a Escola e a Sociedade Pensarem na Perspectiva da Inteligência Emocional. **Revista Científica Aprender**. Vol. 7, edição jun. 2019.

SILVA, L. M. *Contabilidade Governamental*. 7. Ed. Atlas: São Paulo, 2004.

STORTI-PEREIRA, R. *et al.* A Eficiência na Alocação dos Recursos de Escolas Municipais de São José dos Pinhais/PR: Um Estudo a Partir da Análise Envoltória de Dados (DEA). **Revista Interdisciplinar de Gestão Social**. Vol. 7, n. 3, set./dez. 2018.

THANASSOULIS, E. Costs and efficiency of higher education institutions in England: a DEA analysis. **Journal of the Operational Research Society**. Vol. 62, n. 7, p. 1282-1297, 2011.

VASCONCELLOS, A. *Orçamento Público*. Rio de Janeiro: Ed. Ferreira, 2009.

WAKIM, V. R. Campeonato Brasileiro de Futebol de 2017: uma análise sob a ótica da análise envoltória de dados. **RBFF-Revista Brasileira de Futsal e Futebol**. Vol. 11, n. 42, p. 23-30. 2019.

XAVIER, J. M.; MOUTINHO, V. M. F. Avaliação de desempenho com a técnica de DEA e Índice Malmquist na hotelaria: o caso do Grupo Pestana. **Revista Turismo & Desenvolvimento**. Vol. 4, n. 21, p. 239-250. 2014.

ZHU, J. **Data Envelopment Analysis**. Vol. 221, USA, Editora Springer, 2016.

ZOGHBI, A. C. P.; MATOS, E. H. C.; ROCHA, F. F.; ARVATE, P. R. Mensurando o desempenho e a eficiência dos gastos estaduais em educação fundamental e média. **Revista Estudos Econômicos**. Vol. 39, n. 4, p. 785-809, 2009.

ZUBYK, A. R. *et al.* Eficiência na gestão dos gastos municipais em educação e de saúde: um estudo baseado na análise envoltória de dados no Estado do Paraná. Enfoque: **Reflexão Contábil**, Vol. 38, n. 1, p. 123-139, 31 jan. 2019.

## APÊNDICE A – DADOS DA PESQUISA

A seguir, apresentamos um Quadro com os dados da pesquisa e suas respectivas variáveis: Ano, Estado, Gasto *per capita* com educação, N° de Instituições Públicas da Educação Básica, N° de docentes na educação Básica, IDEB - Anos Iniciais, IDEB - Anos Finais, IDEB - Ensino Médio.

Dados utilizados na pesquisa

ANO	ESTADO	Gasto <i>per capita</i> com educação	N° de Instituições Públicas da Educação Básica	N° de docentes na educação Básica	IDEB - Anos Iniciais	IDEB - Anos Finais	IDEB - Ensino Médio
	Variáveis	Input_X3	Input_X1	Input_X2	Output_Y1	Output_Y1	Output_Y1
2016	Acre	4576	535	6590	5,8	4,7	3,8
2016	Alagoas	4899	1450	29227	5,2	4,2	3,5
2016	Amapá	3493	400	7293	4,6	3,8	3,2
2016	Amazonas	3938	2568	52688	5,4	4,5	3,5
2016	Bahia	3152	13958	122026	5,1	3,7	3,0
2016	Ceará	3273	6287	101000	6,2	5,1	4,1
2016	Distrito Federal	6719	651	28256	6,3	4,9	4,1
2016	Espírito Santo	3702	1365	31383	6,0	4,7	4,4
2016	Goiás	4794	4542	51893	6,1	5,3	4,3
2016	Maranhão	2959	5665	45290	4,8	3,9	3,5
2016	Mato Grosso	3546	2064	26356	5,9	4,9	3,5
2016	Mato Grosso do Sul	3728	1209	19774	5,7	4,8	3,8
2016	Minas Gerais	3937	13542	198758	6,5	4,7	3,9
2016	Pará	3306	7491	58810	4,7	3,8	3,1
2016	Paraíba	2623	2443	41310	5,1	3,9	3,5
2016	Paraná	3897	5760	94219	6,5	4,9	4,0
2016	Pernambuco	2956	4717	97800	5,2	4,4	4,1
2016	Piauí	2542	2206	35159	5,3	4,5	3,6
2016	Rio de Janeiro	3051	6044	156056	5,8	4,7	3,9
2016	Rio Grande do Norte	2911	2123	35305	5,0	3,8	3,2
2016	Rio Grande do Sul	3825	5521	84376	5,8	4,6	3,7
2016	Rondônia	3216	1134	16461	5,8	4,9	4,0
2016	Roraima	4369	369	5053	5,5	4,1	3,5
2016	Santa Catarina	3851	4155	58537	6,5	5,2	4,1
2016	São Paulo	3944	19077	246890	6,6	5,3	4,2
2016	Sergipe	2714	1127	17557	4,9	3,9	3,7
2016	Tocantins	4556	1004	13951	5,6	4,6	3,8

2017	Acre	4440	525	7821	5,8	4,7	3,8
2017	Alagoas	5328	1438	27656	5,2	4,2	3,5
2017	Amapá	4256	395	5278	4,6	3,8	3,2
2017	Amazonas	4564	2378	46386	5,4	4,5	3,5
2017	Bahia	3267	13900	119163	5,1	3,7	3,0
2017	Ceará	3436	6258	136397	6,2	5,1	4,1
2017	Distrito Federal	7252	643	30381	6,3	4,9	4,1
2017	Espírito Santo	3817	1365	30000	6,0	4,7	4,4
2017	Goiás	4957	4550	56479	6,1	5,3	4,3
2017	Maranhão	3100	5647	62832	4,8	3,9	3,5
2017	Mato Grosso	3753	2082	27458	5,9	4,9	3,5
2017	Mato Grosso do Sul	3832	1202	20106	5,7	4,8	3,8
2017	Minas Gerais	4265	13376	229531	6,5	4,7	3,9
2017	Pará	3628	7429	59792	4,7	3,8	3,1
2017	Paraíba	2931	2433	43300	5,1	3,9	3,5
2017	Paraná	4043	5719	121482	6,5	4,9	4,0
2017	Pernambuco	2914	4704	95058	5,2	4,4	4,1
2017	Piauí	2668	2200	27291	5,3	4,5	3,6
2017	Rio de Janeiro	3226	5994	133775	5,8	4,7	3,9
2017	Rio Grande do Norte	3062	2126	35618	5,0	3,8	3,2
2017	Rio Grande do Sul	4055	5490	98590	5,8	4,6	3,7
2017	Rondônia	3406	1126	13285	5,8	4,9	4,0
2017	Roraima	4601	367	5166	5,5	4,1	3,5
2017	Santa Catarina	4030	4125	58228	6,5	5,2	4,1
2017	São Paulo	3890	18960	241736	6,6	5,3	4,2
2017	Sergipe	2888	1116	17620	4,9	3,9	3,7
2017	Tocantins	4690	996	13602	5,6	4,6	3,8
2018	Acre	4710	516	8105	5,9	4,9	3,9
2018	Alagoas	5729	1426	29919	5,6	4,7	3,9
2018	Amapá	4453	389	8105	4,9	4,0	3,4
2018	Amazonas	3673	2305	44933	5,5	4,6	3,6
2018	Bahia	3405	13888	110231	5,3	4,1	3,5
2018	Ceará	3588	6172	88649	6,4	5,4	4,4
2018	Distrito Federal	7482	630	29176	6,5	5,1	4,5
2018	Espírito Santo	3974	1346	39871	6,1	5,0	4,8
2018	Goiás	5225	4486	69721	6,2	5,3	4,8
2018	Maranhão	3297	5612	64895	5,0	4,2	3,8
2018	Mato Grosso	3826	2084	26905	5,9	4,8	3,6
2018	Mato Grosso do Sul	4063	1201	20753	5,7	4,8	4,2
2018	Minas Gerais	4269	13213	216855	6,5	4,9	4,2

2018	Pará	3709	7405	61719	4,9	4,1	3,4
2018	Paraíba	3998	2421	50128	5,4	4,3	4,0
2018	Paraná	4353	5671	99324	6,5	5,3	4,7
2018	Pernambuco	3716	4678	89161	5,5	4,8	4,5
2018	Piauí	2807	2179	33840	5,7	5,0	4,0
2018	Rio de Janeiro	3370	5943	171275	5,8	4,9	4,1
2018	Rio Grande do Norte	3226	2125	37452	5,2	4,1	3,5
2018	Rio Grande do Sul	4232	5465	103762	6,0	4,8	4,2
2018	Rondônia	3532	1122	20908	5,6	4,9	4,3
2018	Roraima	4958	363	5331	5,7	4,3	3,9
2018	Santa Catarina	4210	4103	58138	6,5	5,1	4,2
2018	São Paulo	7145	18842	239839	6,7	5,5	4,6
2018	Sergipe	2916	1105	17448	5,1	4,1	3,7
2018	Tocantins	4882	986	13954	5,6	4,7	4,0
2019	Acre	5090	510	8206	5,9	4,9	3,9
2019	Alagoas	6290	1413	22504	5,6	4,7	3,9
2019	Amapá	4645	382	8468	4,9	4,0	3,4
2019	Amazonas	3754	2436	39797	5,5	4,6	3,6
2019	Bahia	3586	13871	133413	5,3	4,1	3,5
2019	Ceará	3835	6121	103464	6,4	5,4	4,4
2019	Distrito Federal	7690	627	29473	6,5	5,1	4,5
2019	Espírito Santo	4142	1344	31292	6,1	5,0	4,8
2019	Goiás	5472	4468	52036	6,2	5,3	4,8
2019	Maranhão	3393	5567	67717	5,0	4,2	3,8
2019	Mato Grosso	4076	2082	27457	5,9	4,8	3,6
2019	Mato Grosso do Sul	4385	1198	21295	5,7	4,8	4,2
2019	Minas Gerais	4540	13097	217000	6,5	4,9	4,2
2019	Pará	3901	7290	105586	4,9	4,1	3,4
2019	Paraíba	2736	2413	31670	5,4	4,3	4,0
2019	Paraná	4748	5643	106369	6,5	5,3	4,7
2019	Pernambuco	3913	4686	93945	5,5	4,8	4,5
2019	Piauí	2961	2180	32162	5,7	5,0	4,0
2019	Rio de Janeiro	3536	5901	144000	5,8	4,9	4,1
2019	Rio Grande do Norte	3401	2119	37579	5,2	4,1	3,5
2019	Rio Grande do Sul	4449	5443	125928	6,0	4,8	4,2
2019	Rondônia	3725	1111	21598	5,6	4,9	4,3
2019	Roraima	5200	360	5442	5,7	4,3	3,9
2019	Santa Catarina	4468	4074	57962	6,5	5,1	4,2
2019	São Paulo	4754	18683	238122	6,7	5,5	4,6
2019	Sergipe	3187	1098	17456	5,1	4,1	3,7

2019	Tocantins	5203	975	13470	5,6	4,7	4,0
2020	Acre	5819	502	8553	5,5	4,8	4,0
2020	Alagoas	7372	1402	24705	5,6	4,8	3,6
2020	Amapá	3945	380	9560	4,9	4,1	3,3
2020	Amazonas	2666	2248	49797	5,4	4,7	3,7
2020	Bahia	3539	13773	126490	5,2	4,5	3,6
2020	Ceará	3941	6103	103929	6,3	5,5	4,3
2020	Distrito Federal	6607	619	29568	6,4	5,3	4,5
2020	Espírito Santo	4609	1321	34687	6,0	5,0	4,5
2020	Goiás	6005	4429	64941	5,9	5,3	4,5
2020	Maranhão	3609	5562	77961	5,0	4,3	3,6
2020	Mato Grosso	4396	2063	28986	5,8	4,9	3,7
2020	Mato Grosso do Sul	3998	1187	24416	5,4	4,9	3,8
2020	Minas Gerais	4756	12957	184476	6,1	5,3	4,2
2020	Pará	4160	7279	102870	5,0	4,4	3,2
2020	Paraíba	2808	2390	35518	5,4	4,8	4,1
2020	Paraná	4803	5590	135000	6,2	5,4	4,9
2020	Pernambuco	4378	4664	85907	5,4	4,9	4,4
2020	Piauí	3139	2142	35753	5,6	5,0	4,2
2020	Rio de Janeiro	3694	5846	151598	5,7	5,1	4,0
2020	Rio Grande do Norte	3542	2109	37982	5,0	4,4	3,4
2020	Rio Grande do Sul	4639	5416	134698	6,0	5,2	4,3
2020	Rondônia	3902	1102	20789	5,4	4,9	4,1
2020	Roraima	5464	356	5497	5,5	4,7	4,0
2020	Santa Catarina	4588	4050	57617	6,5	5,3	3,9
2020	São Paulo	3998	18468	235761	6,3	5,5	4,7
2020	Sergipe	3087	1090	17121	5,2	4,8	4,1
2020	Tocantins	5118	960	13327	5,3	4,9	4,2

## APÊNDICE B – SCRIPTS NA LINGUAGEM R

```

# Leitura de dados
library(readxl)
# library(DataExplorer)
# library(dplyr)
library(Benchmarking) # DEA
library(deaR) # DEA
#--- Leitura Dados
# setwd("\\Users\\david\\OneDrive\\1.AGENDA\\2023_UFMS\\DEA-R-2023")
dados<- read_excel("UFMS_EDU_DEA_2023_T2.xlsx")
dados_2020<- cbind(dados[1:27, 1:6]) # Selecciona 2021
# View(dados); View(dados_2020)
#--- os dados formato deaR
data<- make_deadata(dados_2020, # dados 2020
                    dmus= 1,
                    inputs = 2,
                    outputs = 3:5)
data_malmq<- make_malmquist(dados,
                             dmus= 1,
                             inputs = 2,
                             outputs = 3:5, # Output inverso do Gpc
                             arrangement= "vertical",
                             percol= 6,
                             nper=6)
# View(data); View(data_malmq)
#--- Modelos DEA Output/Produtos Orientados
# help("model_basic")
OC<- model_basic(data, orientation="oo", rts="crs") # Modelo CCR
OV<- model_basic(data, orientation="oo", rts="vrs") # Modelo BCC

#--- Extrair e Exportar resultados
# Extrair Output Constante
1/efficiencies(OC) # extract the efficiency scores
slacks(OC) # extract input and output slacks
targets(OC) # extract the input and output target values
lambdas(OC) # extract the lambdas (or intensities)
references(OC) # extract the reference set for inefficient DMUs
# multipliers(OC) # extract the DEA multipliers (weights)
# Extrair Output Variavel
1/efficiencies(OV) # extract the efficiency scores
slacks(OV) # extract input and output slacks
targets(OV) # extract the input and output target values
lambdas(OV) # extract the lambdas (or intensities)
references(OV) # extract the reference set for inefficient DMUs
# multipliers(OV) # extract the DEA multipliers (weights)
# View(summary(OV)); summary(OV)
# Retornos de Escala
rts(OC) # extract the returns-to-scale.
rts(OV) # extract the returns-to-scale.
result_cross<- cross_efficiency(data, orientation = "oo",
                                rts = "crs", selfapp = TRUE); plot(result_cross)
# Exportar
summary(OC, exportExcel= TRUE, filename = "SP_OutConst_2021.xlsx")
summary(OV, exportExcel= TRUE, filename = "SP_OutVar_2021.xlsx")

E_escala<- (1/efficiencies(OC))/(1/efficiencies(OV)); E_escala
Eficiencias<- data.frame(dados_2020[1, 1/efficiencies(OV),

```

```

1/eficiencias(OC), E_escala)
colnames(Eficiencias) <- c("Estado","Ef T?cnica(Ret var)",
"Ef Global(Ret const)","Ef escala"); Eficiencias
Ret_Escala<- ifelse(1/eficiencias(OC) == 1/eficiencias(OV),
"Constante", "Variavel"); Ret_Escala
#####

plot(OC)
plot(OV)

#-----
#--- Benchmarking
#-----

X<- as.matrix(cbind(dados[244:270, 2:7])) # Selecciona 2020
Y<- as.matrix(cbind(dados[244:270, 8])) # Selecciona 2020

vrs_out<- dea(X, Y, RTS="vrs", ORIENTATION = "out"); 1/vrs_out$eff

# Gráficos
#A<- "Output Virtual"; B<- "Inputs"
dea.plot(X, Y, RTS="vrs", ORIENTATION="in-out", #xlab= A, ylab= B,
txt= T, lty="dotted", lwd=1, col="red")
dea.plot(X, Y, RTS="vrs", ORIENTATION="in-out", #xlab= A, ylab= B,
txt= T, lty="dashed", lwd=1, col="blue")

#UF<- dados_2020[1]
dea.plot(X, Y, RTS="vrs", ORIENTATION="out",
txt= T, lty="dashed", lwd=1, col="blue")
dea.plot(X, Y, RTS="vrs", ORIENTATION="out",
txt= T, lty="dotted", lwd=1, col="red")

# Intervalo de confiança bootstrap
bst_vrs_out<- dea.boot(X, Y, RTS="vrs",
ORIENTATION = "out", NREP=3000)
IC<- round(1/data.frame(bst_vrs_out[1], bst_vrs_out[2],
bst_vrs_out$conf.int), 2)
IC<- data.frame(dados_2020[1], IC); IC

# Super Efici?ncias
suprEfff_vrs_out<- sdea(X, Y, RTS="vrs",
ORIENTATION = "out"); suprEfff_vrs_out

```