

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA EDUCACIONAL NOS MUNICÍPIOS DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL: UMA APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) USANDO INSUMOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS

Michelle Moutinho Venâncio

Universidade Federal do Espírito Santo- UFES

Edson Zambon Monte

Universidade Federal do Espírito Santo - UFES

Adriano Provezano Gomes

Universidade Federal de Viçosa - UFV

Hilton Manoel Dias Ribeiro

Universidade Federal de Juiz de Fora - Campus GV - UFJF-GV

RESUMO

O governo do Espírito Santo implementou em 2015 o Plano Estadual de Educação (PEE/ES) para o período de 2015 a 2025, com o intuito de melhorar a qualidade da educação. O objetivo principal deste estudo foi analisar a eficiência técnica de investimentos na educação sobre os resultados das notas no Saeb, para os municípios do Espírito Santo, no ano de 2015, início da vigência do PEE/ES, e, em 2019, antes da pandemia da Covid-19, utilizando o método de Análise Envoltória de Dados (DEA). Este foi aplicado para dois modelos: um com insumos quantitativos (gastos com educação) e outro com insumos qualitativos (qualificação dos professores). Os resultados revelaram que, em 2015, apenas quatro municípios alcançaram a máxima eficiência quantitativa, número que aumentou para doze em 2019. No entanto, quando se avaliou a eficiência qualitativa, houve uma queda no número de “municípios eficientes”, de 68 em 2015 para 48 em 2019.

Palavras-chave: eficiência; Análise Envoltória de Dados; educação fundamental e médio; municípios do Espírito Santo

ABSTRACT

In 2015, the government of Espírito Santo implemented the State Education Plan (PEE/ES) for the period from 2015 to 2025, with the aim of improving the quality of education. The main objective of this study was to analyze the technical efficiency of investments in education regarding the results of Saeb grades for the municipalities of Espírito Santo in 2015, the beginning of the PEE/ES, and in 2019, before the COVID-19 pandemic, using the Data Envelopment Analysis (DEA) method. This method was applied to two models: one with quantitative inputs (spending on education) and the other with qualitative inputs (teacher qualifications). The results revealed that, in 2015, only four municipalities achieved maximum quantitative efficiency, a number that increased to twelve in 2019. However, when qualitative efficiency was evaluated, there was a drop in the number of “efficient municipalities”, from 68 in 2015 to 48 in 2019.

Keywords: efficiency; Data Envelopment Analysis; elementary and secondary education; municipalities of Espírito Santo

JEL classification: I20; I21; C61; H52.

Area 16. Descentralização, planejamento regional e desenvolvimento

1. Introdução

Após a promulgação do Plano Nacional de Educação – PNE, em 2014, os estados, o Distrito Federal e os municípios foram incumbidos de elaborar seus respectivos planos educacionais, alinhando suas metas às estabelecidas em âmbito nacional. O Ministério da Educação (MEC) colaborou de forma sinérgica com o Conselho Nacional de Secretários de Educação (Consed) e com a União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação (Undime), instituindo uma Rede de Assistência Técnica. Essa rede desempenhou papel de prover orientação às Comissões Coordenadoras locais durante o processo, conduzido de maneira abrangente em todo o território nacional.

No estado do Espírito Santo está em execução (de 2015 a 2025) o Plano Estadual de Educação (PEE/ES), em consonância com as orientações do Plano Nacional de Educação - PNE. Evidencia-se, no referido plano estadual, diretrizes voltadas à superação das disparidades educacionais, a melhoria qualitativa do sistema educacional, o desenvolvimento de habilidades voltadas para o mercado de trabalho e a cidadania, metas para a alocação de recursos públicos na educação, expressas como proporção do Produto Interno Bruto (PIB) estadual. A ideia é de garantir a expansão do sistema com padrões de qualidade e equidade, bem como a valorização dos profissionais da educação.

Para alcançar seus objetivos, foram delineadas 20 (vinte) metas¹ específicas, sendo três delas particularmente relevantes para o escopo deste estudo: Meta 7 - propiciar a qualidade do ensino básico, tanto em áreas urbanas quanto rurais, abrangendo todas as fases e modalidades, com aperfeiçoamento do fluxo escolar e da aprendizagem, visando atingir as médias nacionais estabelecidas para o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb); Meta 16 - Efetivar a formação, ao nível de pós-graduação, de 90% (noventa por cento) dos docentes que atuam na educação básica até o término do último ano de vigência do PEE/ES. Além de assegurar a todos os profissionais da educação básica a continuidade de formação em sua área de atuação, considerando as necessidades, demandas e contextualizações dos sistemas de ensino; e, Meta 20 - ampliar o aporte público destinado à educação pública, buscando atingir, com a colaboração da União, pelo menos 7% (sete por cento) do PIB Estadual no quinto ano de vigência do plano, e, no mínimo, equivalente a 10% do PIB ao término do decênio.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para o ano de 2021, o Espírito Santo ocupou a 7ª (anos iniciais) posição do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) e a 10ª posição (anos finais), dentre os estados brasileiros, considerando o ensino fundamental. Para o ensino médio, ocupou a 3ª posição. Considerando panorama da organização Todos pela Educação (2023), em 2019 o Espírito Santo obteve o 2º maior Ideb do país no Ensino Médio. Já em 2022, 21,9% das matrículas do Ensino Médio eram escolas integrais, percentual superior à média do país (17,7%). Além disso, 42,6% das matrículas do Ensino Médio eram na Educação Profissional e Tecnológica (EPT), índice expressivamente superior à média do Brasil, que foi de 26,3%. Em 2019, apenas 91% dos jovens de 15 a 17 anos do Espírito Santo estavam na escola, taxa que foi de 92,2% no país. Além disso, entre todos os jovens de 19 anos no estado, apenas 62,3% concluíram o Ensino Médio – 16º maior índice entre os estados brasileiros. Em 2021, os estudantes do 2º ano do Ensino Fundamental do Espírito Santo alcançaram a 2ª maior média de proficiência do país em Matemática e a 3ª maior em Língua Portuguesa, conforme dados do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb).

¹ A terminologia "Meta" foi adotada conforme estipulado na legislação referente ao PEE/ES, sendo reproduzida literalmente em conformidade com os termos da lei. Importa destacar que, apesar da utilização da palavra "meta", seu emprego não corresponde ao sentido estrito associado ao alcance de objetivos ou propósitos específicos.

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é delineado pela seguinte indagação: considerando que o Espírito Santo possui um Plano Estadual de Ensino (PEE/ES) que, em regime de colaboração com o governo Federal, visa melhorar a qualidade da educação nos níveis fundamental e médio nos municípios do estado, uma possível ampliação dos gastos em educação e a possibilidade de aperfeiçoamento da qualificação dos professores têm contribuído para a eficiência educacional, refletida nas notas do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb)? Para dar resposta a esta problemática, adotou-se a Análise Envoltória de Dados (DEA), em que se buscou identificar e ranquear os municípios considerados eficientes, tanto no ano de implementação do Plano Estadual de Ensino (2015), quanto em 2019, último ano antes da pandemia da Covid-19. Além disso, foram considerados dois modelos na implementação da DEA: um com insumos quantitativos (gastos com educação; modelo 1²) e outro com insumos qualitativos (qualificação dos professores; modelo 2³).

Ressalta-se que uma das principais contribuições científicas desta pesquisa reside na utilização de insumos quantitativos e qualitativos de forma separada na aplicação do método. Em geral, os estudos (ARAÚJO JUNIOR et al., 2016; ESKERESKI, 2023; POZZA et al. 2022) adotam insumos quantitativos, relacionados aos gastos com educação, para verificar a eficiência educacional. Nesta pesquisa, além de se utilizar insumos quantitativos, também se adotará um modelo com insumos qualitativos, buscando evidenciar como a qualificação dos professores se relaciona com a eficiência educacional.

Por fim, a investigação sobre a relação entre o aumento dos gastos públicos em educação, o estímulo à qualificação do corpo docente e a qualidade do ensino constitui uma temática de considerável importância no âmbito da pesquisa educacional. Longe de ser uma discussão encerrada, esse tópico é reconhecido como um campo em constante evolução, proporcionando espaço para novas análises e abordagens. Diante desse cenário, o presente estudo apresenta uma abordagem singular para examinar a eficiência das políticas educacionais, especialmente no que concerne ao incremento dos recursos financeiros e ao aprimoramento da qualificação do corpo docente. Mais especificamente, o estudo oferece uma valiosa oportunidade para a compreensão das complexas dinâmicas educacionais, proporcionando alternativas sobre como diferentes estratégias de gasto na educação podem influenciar a eficiência do sistema educacional, especialmente em um contexto caracterizado por limitações legais e financeiras.

Este artigo está estruturado da seguinte forma. Além desta introdução, a seção 2 traz a revisão de literatura. Na seção 3, apresenta-se os dados e a metodologia. Na seção 4, apresentam-se os resultados e, na seção 5, faz-se as considerações finais.

2. Revisão de literatura

No contexto contemporâneo, há uma notável demanda crescente por eficácia e efetividade na administração pública, como discutido por Pollitt (2003). A multiplicidade e a complexidade das exigências da sociedade atual impõem desafios consideráveis às gestões governamentais, especialmente na entrega de uma variedade de serviços de qualidade em ambientes dinâmicos e rigorosos. Essa dinâmica apresenta desafios específicos na implementação de políticas públicas em setores cruciais como educação, saúde e moradia, afetando de forma direta as esferas subnacionais, como os municípios, que enfrentam intensas

² Insumos quantitativos – Modelo 1: gasto público com ensino fundamental e médio por aluno matriculado; quantidade de funcionário por aluno; e quantidade de professor por aluno.

³ Insumos qualitativos. – Modelo 2: número de professores com doutorado por aluno; número de professores com mestrado por aluno; número de professores com especialização por aluno; e número de professores com formação continuada.

pressões por eficiência na gestão pública. Isso se deve, em parte, aos desafios financeiros que podem enfrentar devido à dependência de repasses estaduais e federais, o que pode resultar em instabilidade financeira e limitações nos investimentos em áreas prioritárias como educação, saúde e infraestrutura.

Esse cenário oferece um solo fértil para pesquisas voltadas para a análise de eficiência e os impactos positivos decorrentes das mudanças necessárias para aprimorar a prestação dos serviços públicos, um dos princípios fundamentais na economia. Além disso, o sistema burocrático existente, com todas as suas disfunções, requer uma remodelação, alinhado com o modelo contemporâneo de gestão pública, mais conhecido como administração pública gerencial. Esse novo modelo busca avaliar seus resultados com base na eficácia, na eficiência e na efetividade das políticas públicas, com o objetivo de atender aos requisitos estipulados pela Constituição Federal de 1988, especialmente conforme expresso no artigo 37, caput, como parte transcrita a seguir (BRASIL, 1988): “Art. 37. A administração pública direta e indireta de qualquer dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios obedecerá aos princípios de legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência” (BRASIL, 1988).

A partir do entendimento da importância da eficiência na administração pública, precisa-se definir o seu conceito. Conforme Chiavenato (1993), a eficiência está relacionada aos meios utilizados para alcançar objetivos, sem focar diretamente nos resultados finais, os quais são atribuídos à eficácia. No entanto, é importante notar que eficácia e eficiência nem sempre estão alinhadas. Uma organização pode demonstrar eficiência em suas operações sem necessariamente ser eficaz, e vice-versa. Também é possível que uma organização seja ineficiente em suas operações, mas ainda assim alcance eficácia. Contudo, idealmente, uma organização deveria ser tanto eficiente quanto eficaz, buscando a otimização dos recursos e a realização efetiva dos objetivos estabelecidos.

Na perspectiva da teoria econômica, a definição de eficiência se assemelha ao conceito adotado em outras ciências sociais aplicadas, estando relacionada à otimização dos recursos e à minimização do desperdício e maximizando a produtividade (PINDYCK; RUBINFELD, 2005). Esse entendimento de eficiência fornece uma base sólida para discutir a eficiência do gasto público. Chan e Karim (2012) propõem que a eficiência do gasto público seja definida como a capacidade do governo de maximizar suas atividades econômicas, dado um nível de gastos, ou a capacidade do governo de minimizar seus gastos, dado um nível de atividade econômica. Assim, a eficiência do gasto público poderia ser usada como um indicador para avaliar a eficácia da implementação das políticas governamentais em administração, educação, saúde, distribuição de renda e estabilidade econômica.

Mais especificamente, a educação pública se depara com múltiplos desafios em seu desenvolvimento, sendo a ineficiência na utilização dos recursos disponíveis questão amplamente discutida na esfera acadêmica. Conforme abordado por Savian e Bezerra (2013), um dos princípios fundamentais da economia reside na alocação eficiente de recursos, mesmo diante de limitações, para atender necessidades ilimitadas. O governo, ao prospectar recursos através da tributação, empreende uma análise metódica para determinar a forma mais eficiente de alocação, tarefa particularmente desafiadora no âmbito educacional. A eficiência desse processo não apenas representa um estímulo à superação de obstáculos, mas, também, motiva os responsáveis a buscarem alternativas que favoreçam a maximização de resultados sociais.

Na literatura nacional sobre eficiência na educação, por meio da aplicação da DEA, merece destaque o trabalho de Trompieri Neto et al. (2009). Neste estudo, avaliou-se a qualidade dos gastos públicos municipais em educação e saúde do estado do Ceará, no ano de 2002. No primeiro estágio, como insumo, a educação foi analisada sob a ótica do gasto com educação por aluno matriculado na rede de ensino municipal; número de professores por

aluno matriculado, salas de aula por aluno matriculado e número de estabelecimentos por aluno matriculado, como produto. Na etapa subsequente, a pesquisa implementou o modelo Tobit, considerando as variáveis “gasto com educação”, “Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)”, “densidade populacional”, “taxa de abandono”, “recursos do Fundef e FNDE”, sendo o IDH o maior responsável por impactar na eficiência. Os resultados indicaram que as melhores condições socioeconômicas dos municípios favorecem uma maior eficiência em transformar produtos em resultados.

Faria, Jannuzzi e Silva (2008) analisaram os municípios do Rio de Janeiro entre 1999 e 2000, na qual recursos per capita foram considerados insumos e indicadores sociais representaram os produtos, identificando municípios eficientes nas áreas de educação, cultura, saúde e saneamento. Como resultados ressaltaram a falta de uma relação direta entre eficiência e disponibilidade de recursos, enfatizando a importância da escolha criteriosa de modelos e indicadores.

Em investigações mais recentes, Santos, Gomes e Ervilha (2015) examinaram o Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI), de Minas Gerais, com enfoque nas esferas de educação e saúde, considerando os princípios de equidade e eficiência. Inicialmente, procedeu-se à categorização dos municípios com base em seus indicadores educacionais e de saúde, identificando dois conjuntos distintos nos anos de 2003 e 2009. A análise evidenciou que, embora o estado global e os agrupamentos tenham progredido em direção aos objetivos do PMDI, as disparidades aumentaram, com os municípios de melhores indicadores inicialmente distanciando-se ainda mais dos municípios com indicadores mais desfavoráveis. No tocante à eficiência na alocação de recursos para a prestação de serviços educacionais, empregando os gastos per capita com educação como insumo e as metas estabelecidas pelo PMDI para o setor como produtos, a análise revelou uma maior uniformidade entre os municípios, com a eficiência em ascensão. A correlação negativa entre eficiência e desigualdade sugere que os municípios mais eficientes estavam mais próximos de atingir as metas do PMDI.

Silva et al. (2015) identificaram os municípios brasileiros, no período de 2005 a 2011, com distintos níveis de eficiência técnica na alocação de recursos públicos em educação, utilizando os parâmetros: gastos na educação por aluno matriculado; número de docentes; Receita Corrente líquida (RCL) por habitante no município, PIB per capita no município, como insumos, e Ideb médio, como produto. Neste escopo, apenas 5% dos municípios foram reconhecidos como tecnicamente eficientes, ao passo que a maioria expressiva (65%) foi categorizada como moderadamente ineficiente. Os resultados empíricos evidenciam que o baixo nível de eficiência apurado enseja a melhoria da gestão, conseqüentemente, é imprescindível modificar as políticas públicas e selecionar estratégias para alcançar metas previamente mensuradas, reforçando o papel decisivo da contabilidade e da “*accountability*”⁴.

Ainda no âmbito das pesquisas nacionais, Flach et al. (2017) conduziram uma análise para os estados brasileiros, no período de 2001 a 2011, utilizando DEA e regressão múltipla. O objetivo foi avaliar a eficiência dos gastos públicos em educação (considerados como insumo), em relação as notas do Saeb. Entre os resultados, destaca-se os estados como Minas Gerais e Rio Grande do Sul com eficiências elevadas. Já Distrito Federal, apesar de investimentos expressivos e elevado PIB per capita, demonstrou eficiência somente em 2007, enquanto Pernambuco, apesar do aumento nos gastos, não conseguiu aprimorar proporcionalmente seus resultados educacionais. Apesar da análise feita em âmbito estadual, os autores sugeriram a necessidade de futuras pesquisas no nível municipal, para uma compreensão mais específica dos gastos públicos em educação, como proposto por este estudo.

⁴ *Accountability* se refere a prestação de contas da aplicação do recurso público.

Azzolini e Lerner (2020) analisaram a eficiência operacional e financeira dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IF), para o ano de 2017, empregando diversos insumos, tais como gasto corrente por aluno, titulação do corpo docente e relação aluno por professor, além de produtos como relação de concluintes por matrícula, eficiência acadêmica de concluintes e relação de ingressos por matrícula. Os resultados revelaram que apenas seis das 38 (trinta e oito) unidades analisadas foram consideradas eficientes. A minuciosa análise dos dados pelo autor possibilitou a identificação de áreas passíveis de aprimoramento na gestão e alocação de recursos, contribuindo significativamente para a transparência e otimização dos recursos públicos destinados à educação, corroborando a pesquisa de Silva et al. (2015).

Pozza et al. (2022) avaliaram a eficiência dos gastos públicos na educação básica dos municípios paranaenses, em 2017, por meio da DEA, para mensurar a eficiência educacional, considerando as variáveis: número de escolas municipais do ensino fundamental, a relação aluno por docente, as despesas municipais pagas com ensino fundamental dividido pela quantidade de matrículas realizadas, o PIB per capita, como insumos, e a nota do Ideb, como produto. Subsequentemente foi realizada análise econométrica espacial. Os resultados destacaram a não correspondência necessária entre os melhores indicadores do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) e os melhores scores de eficiência. Tal achado científico indica a possibilidade de aprimoramento do desempenho municipal por meio de uma gestão mais eficiente dos recursos, ressaltando a importância de otimizar a alocação de recursos públicos. Adicionalmente, verificou-se que variáveis como acesso à internet nas instituições educacionais e dependência dos recursos do Fundeb em relação às receitas correntes exercem impacto negativo nos índices de eficiência, enquanto a média de alunos por instituição apresenta impacto positivo. Essa observação sugere que economias de escala e externalidades de aglomeração podem contribuir para uma maior eficiência na educação, especialmente em municípios de médio ou grande porte.

Eskereski et al. (2023) realizaram uma análise de eficiência por meio da DEA, para 260 escolas municipais que ofertaram o 5º ano do ensino fundamental, em Salvador, no ano de 2019. Os autores utilizaram como insumos: número de funcionários por alunos, média de alunos por turma do 5º ano, índice de Infraestrutura da escola (disponibilidade de banheiro para educação infantil, banheiro para portadores de necessidades especiais, banheiro para funcionários, banheiro com chuveiro, biblioteca ou sala de leitura, pátio coberto ou descoberto, quadra de esportes, computador, internet para aluno, internet para aprendizado), percentual de professores que trabalham na escola há 6 anos ou mais, percentual de professores com vínculo concursado/efetivo/estável. Como produto, adotou-se o Ideb das escolas. Os resultados revelaram que a maioria das escolas ainda tem espaço para melhorar seus resultados educacionais através de uma gestão mais eficiente dos recursos.

Finalmente, Soares, Soares e Santos (2023) identificaram e avaliaram as escolas de ensino médio que demonstram eficiência técnica, nos municípios do Espírito Santo, no ano de 2019, considerando insumos tais como: adequação da formação docente, indicador de complexidade de gestão, indicador de esforço docente e indicador de nível socioeconômico, gerando de produto o Ideb. Os resultados indicam a existência de 18 escolas-referência, sugerindo uma margem significativa de melhoria na eficiência das demais escolas. Em relação a localização, 18 escolas-referência estão localizadas em 16 dos 78 municípios do Estado. Sob o recorte de mesorregiões, definido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), tem-se uma escola localizada na região Litoral Norte, quatro na região Noroeste, quatro na Região Sul e nove na região Central Espírito-Santense, das quais cinco pertencem à Região Metropolitana da Grande Vitória, embora não tenham sido identificadas escolas-referência localizadas em Vitória. A pesquisa ressalta a importância de difundir práticas

eficazes das escolas-referência para elevar a qualidade educacional no estado, promovendo uma abordagem colaborativa entre instituições.

3. Metodologia

Inicialmente, destaca-se o método adotado neste estudo, baseado na Análise Envoltória de Dados (DEA), desenvolvida por Farrell (1957), disseminado pelos autores Charnes, Cooper e Rhodes, em 1978. A DEA é uma técnica não paramétrica amplamente reconhecida para avaliar a eficiência relativa de unidades de decisão, como municípios, usando múltiplos *inputs* e *outputs*. Na literatura especializada, um município é frequentemente considerado uma *Decision Making Units* (DMU)⁵ ao empregar esses modelos.

O principal objetivo do DEA consiste na avaliação da eficiência de cada DMU e na identificação das DMUs alocadas sobre a fronteira eficiente, visando determinar se o desempenho dessas unidades, sob a ótica da eficiência técnica, é ótimo. Como instrumento, a DEA utiliza a programação matemática, especificamente a programação linear, para medir a eficiência em termos de distância de cada DMU de sua respectiva fronteira de eficiência, analisando, assim, a eficiência relativa de unidades produtivas.

Matematicamente, considerando a presença de k insumos e m produtos em cada uma das DMUs, são desenvolvidas duas matrizes: a matriz X , que representa os insumos (kxi), e a matriz Y , que representa os produtos (mx_i); essas matrizes abrangem os dados de todas as i DMUs. Na matriz X , cada linha denota um insumo, enquanto cada coluna representa uma DMU; similarmente na matriz Y , cada linha corresponde a um produto, e cada coluna representa uma DMU. Para a matriz Y é determinante os coeficientes não negativos, e cada linha e coluna devem conter pelo menos um coeficiente positivo, aplicando o mesmo critério à matriz X . Conseqüentemente, para a i -ésima DMU, são representados os vetores x_i e y_i , respectivamente para insumos e produtos. Desta forma, para cada DMU, pode-se obter uma medida de eficiência, que é a razão entre todos os produtos e todos os insumos, sendo u um vetor (mx_1) de pesos nos produtos e v é um vetor (kx_1) de pesos nos insumos. Para a i -ésima DMU tem-se:

$$Eficiência da DMU_i = \theta_i = \frac{u_1 y_{1i} + u_2 y_{2i} + \dots + u_m y_{mi}}{v_1 x_{1i} + v_2 x_{2i} + \dots + v_k x_{ki}} = \frac{\sum_{m=1}^s u_m y_{mi}}{\sum_{k=1}^j v_k x_{ki}} = \frac{output\ virtual}{input\ virtual}, \quad (1)$$

onde u_m ($i = 1, \dots, s$) e v_k ($k = 1, \dots, j$) denotam os pesos que a DMU_i atribui aos *outputs* e *inputs*. Esta suposição inicial é que a medida de eficiência requer um conjunto comum de pesos a ser aplicado em todas as DMUs. Contudo, há uma dificuldade em obtê-lo de forma a determinar a eficiência relativa de cada unidade. Isso se deve ao fato de que as DMUs podem atribuir valores aos insumos e produtos de maneiras diversas, resultando na adoção de diferentes pesos. Portanto, é necessário estabelecer um método que permita a cada DMU adotar o conjunto de pesos mais vantajoso em comparação com as outras unidades. Para resolver esse problema, com o propósito de determinar os melhores pesos para cada DMU, utiliza-se a programação matemática, nos termos das Equações (2) a (6), apresentadas à frente.

No que tange a avaliação das medidas de eficiência, ela pode ser conduzida em duas direções: na primeira, orientação insumo, admite-se que as produções permaneçam constantes

⁵ A literatura relacionada com a DEA consagrou o termo DMU como a referência para os objetos centrais de investigação ou unidades de referência na análise de eficiência, como empresas, cooperativas, pessoas etc.

e os insumos variem para atingir a fronteira de produção eficiente; já na segunda, orientação produto, os insumos permanecem fixos, enquanto os produtos variam para atingir a fronteira. Destarte, conforme Ferreira e Gomes (2020), essa medida permite verificar qual a quantidade máxima que pode ser produzida, dada a quantidade fixa de insumos. Assim, ao contrário dos modelos orientados a insumo, em que a ideia é reduzir os insumos, na orientação produto os insumos são fixos e o produto escasso pode ser expandido.

No presente estudo, opta-se pela abordagem centrada nos insumos, com o intuito de minimizá-los, levando em consideração o nível de produção alcançado, representado pela nota do Saeb. Essa escolha de abordagem é justificada pela limitação intrínseca dos dados da nota do Saeb, os quais têm um limite máximo de 100%, portanto, propor um aumento na nota superior a 100% seria irrealista. Além disso, a orientação a insumos visa otimizar a utilização dos recursos financeiros, humanos e materiais, o que pode incluir a identificação de práticas educacionais mais eficientes, resultando em melhores resultados com menos recursos ou a alocação adequada de recursos em áreas com maior necessidade.

Quanto ao retorno de escala, como descrito por Coelli et al. (2005), existem dois modelos clássicos em DEA: o modelo que assume Retornos Constantes à Escala (*Constant Returns to Scale – CRS*), proposto por Charnes, Cooper e Rhodes, em 1978, sendo denominado CCR em homenagem a esses autores; e o modelo que considera Retornos Variáveis à Escala (*Variable Returns to Scale – VRS*), proposto por Banker, Charnes e Cooper, em 1984, conhecido como BCC, alusivo aos idealizadores. Diante do exposto, o modelo DEA BCC com orientação-insumo procura minimizar a utilização do proporcional dos insumos, mantendo fixa a quantidade de produto, e, de acordo com Ferreira e Gomes (2020), pode ser representado, algebricamente, pelo seguinte Problema de Programação Linear (PPL):

$$\min_{\lambda, \theta} \theta \quad (2)$$

s. a.

$$y_i - Y\lambda \leq 0, \quad (3)$$

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0, \quad (4)$$

$$N_1 \lambda = 1,$$

(5)

$$\lambda \geq 0, \quad (6)$$

em que y_i é o vetor ($m \times 1$) de quantidades de produto da i -ésima DMU; x_i é o vetor ($k \times 1$) de quantidades de insumo da i -ésima DMU; Y é a matriz ($n \times m$) de produtos das n DMUs; X é a matriz ($n \times k$) de insumos das n DMUs; λ é o vetor ($n \times 1$) de pesos; θ é a escalar, cujo valor será a medida de eficiência da i -ésima DMU; e N_1 é o vetor ($n \times 1$) de números uns.

Nesta pesquisa, os insumos foram categorizados de ordem quantitativa, representados pelo Modelo 1, e insumos de ordem qualitativa, conforme o Modelo 2, gerando o mesmo produto em ambos os modelos. Esse processo de categorização permite revelar não apenas quais municípios são eficientes, de acordo com critérios quantitativos ou qualitativos, mas, também, aqueles eficientes em ambas as categorias, uma vez que, a eficiência almejada trata de ambas as dimensões. Essa segmentação detalhada identifica áreas demandantes de intervenções e melhorias, bem como municípios *benchmark*. Assim, estabelece-se uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias mais efetivas e alinhadas com as necessidades específicas do setor educacional.

MODELO 1 – Insumos Quantitativos

Produtos (Y)

- Nota do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) de estudantes matriculados em turmas de 5º e 9º ano do ensino fundamental e de 3ª e 4ª série do ensino médio (tradicional e integrado).

Insumos (X)

- Gasto público com ensino fundamental e médio por aluno matriculado;
- Quantidade de funcionário por aluno; e
- Quantidade de professor por aluno.

MODELO 2 – Insumos Qualitativo

Produtos (Y)

- Nota do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) de estudantes matriculados em turmas de 5º e 9º ano do ensino fundamental e de 3ª e 4ª série do ensino médio (tradicional e integrado).

Insumos (X)

- Número de professores com Doutorado por aluno;
- Número de professores com Mestrado por aluno;
- Número de professores com Especialização por aluno; e
- Número de professores com Formação Continuada por aluno.

Para determinação do ranking, foi calculada a eficiência composta normalizada, em que cada DMU possuirá um valor diferente sempre. As expressões para cálculo da eficiência composta e eficiência composta normalizada, que incorpora os conceitos de eficiência padrão e a eficiência invertida, a fronteira pessimista das DMU's, em que há troca os inputs pelos outputs do modelo original dos dados utilizados de cada DMU, nos termos das Equações (7) e (8):

$$\text{Eficiência Composta} = \text{Eficiência Padrão} + \frac{(1 - \text{Eficiência Invertida})}{2},$$

(7)

$$\text{Eficiência Composta Normalizada} = \frac{\text{Eficiência Composta}}{\text{Máxima Eficiência Composta}}.$$

(8)

A DEA, desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), apresenta uma característica marcante de não requerer a atribuição prévia de pesos na análise da fronteira entre insumos e produtos. Embora essa flexibilidade seja um ponto positivo da DEA, também pode ser interpretada como uma fraqueza, visto que há a possibilidade de a DMU atribuir maiores pesos para os insumos e produtos mais favoráveis e pesos muito baixos, ou mesmo zero, para os demais insumos. Nesse sentido, os pesos obtidos por meio da DEA podem, por vezes, divergir do conhecimento prévio ou das opiniões aceitas sobre os valores relativos dos insumos e dos produtos.

O problema mencionado pode ser reduzido em situações onde há uma quantidade significativa de DMUs em relação às variáveis, contudo, essa condição não se aplica à presente pesquisa. Desta feita, é necessário integrar na análise considerações pertinentes sobre o processo de prestação do serviço educacional para garantir a convergência do score de eficiência ao seu valor real. Diante da problemática em questão, diversas alternativas surgem para incorporar restrições aos pesos, sendo que a seleção do método mais apropriado depende dos dados disponíveis, da literatura especializada sobre o tema e do entendimento

do pesquisador. Nesse contexto, a metodologia de hierarquização de importância, proposto por Ali, Cook e Seiford (1991), emerge como opção recomendável, devido à falta de informações claras sobre o impacto direto, em termos de valores, dos insumos no produto.

Genericamente, este modelo estabelece que o insumo 1 possui maior importância que o insumo 2 e introduz a restrição ε , uma constante não arquimediana de valor positivo muito pequeno, assegurando que nenhum peso seja atribuído como zero, complementando o modelo do problema de programação linear - Equações (2) a (6), com as Equações (9) e (10). A definição do valor de ε não é trivial, sendo influenciada pela dimensionalidade dos dados e pela complexidade do contexto da pesquisa. Essa abordagem busca garantir uma análise robusta, levando em consideração a relevância relativa dos insumos, de acordo com o contexto específico da pesquisa.

$$v_l \geq v_z \text{ para } l \neq z, \quad (9)$$

ou seja, o insumo 1 mais “importante” que o insumo 2,

$$v, u \geq \varepsilon. \quad (10)$$

Nessa perspectiva, o desafio central reside na atribuição dos pesos, denotados pelo vetor v , aos insumos, e, também, a inclusão da constante não arquimediana ε , com o objetivo de maximizar o índice de eficiência da DMU. Para alcançar o fim proposto, estabelece-se a ordem de prioridade para atingir melhores notas do Saeb, nos termos do Quadro 1.

Essa ponderação dos níveis educacionais, como doutorado, mestrado, pós-graduação e formação continuada, no contexto da análise de eficiência educacional, reflete a influência relativa desses fatores na melhoria do desempenho dos alunos, no caso em questão, nota do Saeb. Assim, ao atribuir pesos aos diferentes níveis educacionais, o objetivo é captar adequadamente sua importância relativa no processo de ensino e aprendizagem. O modelo DEA com restrição de pesos foi adotado para o Modelo 2 (insumos qualitativos), uma vez que há a capacidade de fornecer classificação embasada em critérios objetivos.

Os dados utilizados nesta pesquisa são coletados a partir de fontes oficiais, sendo a principal o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), órgão vinculado ao Ministério da Educação (MEC), também são utilizados dados do Tesouro Nacional (TN). O Quadro 2 mostra mais detalhadamente a fonte das variáveis, no ano de 2015, início do Plano Estadual de Educação – PEE/ES, e 2019, antes da pandemia da Covid-19.

Quadro 1 – Restrições de pesos de número de professores por aluno, com distintos níveis de formação

Pesos	Justificativa
professores com doutorado por aluno > professores com mestrado por aluno	Doutorado: carga horária mínima de 540 h. Mestrado: carga horária mínima de 360 h.
professores com mestrado por aluno > professores com pós-graduação por aluno	Mestrado carga horária mínima de 360 h. Pós-Graduação: não é rigidamente definida pela CAPES.
professores com pós-graduação por aluno > professores com formação continuada por aluno	Pós-Graduação: não é rigidamente definida pela CAPES. Formação Continuada: carga horária mínima de 40 h.

Fonte: Elaboração própria com base nas informações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

Quadro 2 – Variáveis do primeiro estágio – Análise Envoltória de Dados (DEA)

Variável	Descrição	Fonte
Produto		
SAEB	Nota do Sistema de Avaliação da Educação Básica - Saeb	INEP
Insumos – Modelo 1 – Insumos Quantitativos		
GP	Gasto público com ensino fundamental e médio por aluno matriculado	TN e INEP
QFUN	Quantidade de funcionário por aluno	INEP
QP	Quantidade de professor por aluno	INEP
Insumo – Modelo 2 - Insumos Qualitativos		
DOC	Número de professores com Doutorado por aluno	INEP
MEST	Número de professores com Mestrado por aluno	INEP
ESP	Número de professores com Especialização por aluno	INEP
FC	Número de professores com Formação Continuada por aluno	INEP

Fonte: elaborado pelos autores.

Outros trabalhos utilizaram vários tipos de insumos, incluindo variáveis quantitativas, como despesas com educação, número de professores e de pessoal de apoio e, ao mesmo tempo, incorporam variáveis qualitativas das escolas, como experiência e qualificação dos professores. Esses insumos foram utilizados em um único modelo DEA, ou seja, os insumos foram inseridos conjuntamente no modelo. Conforme previamente descrito, o método aqui empregado se diferencia pela separação dos insumos em dois modelos. Em outras palavras, a investigação da eficiência será realizada por meio do modelo 1, em que serão considerados insumos de ordem quantitativa, tais como despesas com educação, número de professores e pessoal de apoio; e, o modelo 2, em que serão analisados insumos de ordem qualitativa, como a qualificação dos professores. A motivação por detrás dessa abordagem reside na busca pela investigação da concordância ou divergência entre os resultados obtidos em ambos os modelos. Essa escolha metodológica é justificada pela expectativa de que as cidades com maior disponibilidade de recursos tendam a ser mais eficientes, assim como os municípios com maior qualificação dos docentes. Essa divisão permitirá uma análise mais minuciosa da influência desses fatores sobre a eficiência, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada das dinâmicas envolvidas na melhoria dos contextos educacionais no estado do Espírito Santo.

4. Resultados e discussão

Considerando que o estudo foca na análise dos insumos, utilizou-se a modelagem DEA BCC juntamente com a eficiência composta normalizada orientada para os insumos, aplicando-se tanto a insumos de natureza quantitativa quanto a insumos de natureza qualitativa. O objetivo foi aprimorar o modelo DEA BCC-I para otimizar a comparação entre os municípios mais eficientes. Os resultados, apresentados no Quadro 3, para o ano de 2015, e no Quadro 5, para o ano de 2019, contêm os escores de eficiência dos municípios do Espírito

Santo, proporcionando uma visão abrangente sobre o desempenho dos municípios em termos de eficiência.

Quadro 3 – Eficiência simples (BCC) e composta normalizada dos escores de eficiência dos municípios do Espírito Santo, em 2015

Município	Resultado Quantitativo			Município	Resultado Qualitativo		
	Índice de Eficiência	Composta	Ranking		Índice de Eficiência	Composta	Ranking
Mantenópolis	1	1	1º	Mantenópolis	1	1	1º
Água Doce do Norte	0,920144	0,909978	2º	Água Doce do Norte	1	0,980512	2º
Iconha	1	0,903024	3º	Alto Rio Novo	0,98316	0,94941	3º
Venda Nova do Imigrante	1	0,817636	4º	Guarapari	0,941821	0,926143	4º
Guarapari	0,847287	0,8154	5º	Rio Novo do Sul	0,994242	0,922998	5º
Marilândia	0,915921	0,810988	6º	Sooretama	0,980109	0,922318	6º
Vila Valério	0,831072	0,801538	7º	Vila Valério	1	0,919982	7º
Alto Rio Novo	0,875259	0,796152	8º	São José do Calçado	1	0,91277	8º
Rio Novo do Sul	0,836221	0,790361	9º	Marilândia	1	0,905756	9º
Rio Bananal	0,836087	0,781361	10º	Montanha	0,980809	0,889911	10º
São José do Calçado	0,821024	0,760929	11º	Ibatiba	0,974564	0,87944	11º
Sooretama	0,781707	0,751189	12º	Rio Bananal	0,979494	0,864541	12º
Governador Lindenberg	0,848145	0,747991	13º	São Domingos do Norte	0,96937	0,861381	13º
Itaguaçu	0,884254	0,737261	14º	Venda Nova do Imigrante	1	0,856238	14º
Santa Maria de Jetibá	0,86971	0,731569	15º	Santa Leopoldina	0,989474	0,853137	15º
Domingos Martins	0,841921	0,729692	16º	Colatina	0,920919	0,851879	16º
Afonso Cláudio	0,817207	0,722174	17º	Ecoporanga	1	0,851824	17º
Santa Teresa	0,903362	0,709017	18º	Mucurici	0,978606	0,850279	18º
Aracruz	0,748467	0,705797	19º	Domingos Martins	0,977344	0,846355	19º
Linhares	0,75428	0,700713	20º	Iconha	1	0,84323	20º
Vila Velha	0,747848	0,699234	21º	São Gabriel da Palha	0,970774	0,838448	21º
Cariacica	0,823037	0,696032	22º	Governador Lindenberg	0,99249	0,837051	22º
Irupi	0,771984	0,694868	23º	Barra de São Francisco	0,936951	0,836838	23º
São Gabriel da Palha	0,723477	0,686438	24º	Apiacá	0,954033	0,832446	24º
Conceição da Barra	0,742155	0,685774	25º	Linhares	0,88903	0,8297	25º
Vargem Alta	0,770211	0,684582	26º	Águia Branca	0,966409	0,829105	26º
Pedro Canário	0,870235	0,679394	27º	Alfredo Chaves	0,986412	0,820131	27º
Serra	0,778423	0,679355	28º	Vargem Alta	0,989403	0,819133	28º
Boa Esperança	0,783186	0,678024	29º	Piúma	0,967889	0,816367	29º
Pancas	0,71981	0,674195	30º	Itaguaçu	0,93451	0,807979	30º
Ibatiba	0,703267	0,663715	31º	Conceição da Barra	0,872958	0,806247	31º
Ibiraçu	0,763595	0,654287	32º	Pancas	0,959648	0,803351	32º
Laranja da Terra	1	0,641975	33º	João Neiva	0,913506	0,761786	33º
Colatina	0,687121	0,63845	34º	Anchieta	0,96076	0,758613	34º
Jerônimo Monteiro	0,706343	0,630542	35º	Fundão	0,877824	0,755565	35º

Cachoeiro de Itapemirim	0,729104	0,62722	36°	Cachoeiro de Itapemirim	0,874441	0,75101	36°
Ecoporanga	0,667193	0,626694	37°	Itarana	0,904966	0,749526	37°
Viana	0,702673	0,621809	38°	Presidente Kennedy	0,96304	0,747387	38°
Santa Leopoldina	0,678099	0,618332	39°	Viana	0,847929	0,743429	39°
São Mateus	0,712865	0,616109	40°	Baixo Guandu	0,848146	0,741662	40°
Itarana	0,674223	0,592256	41°	Mimoso do Sul	0,959575	0,728982	41°
Alfredo Chaves	0,792068	0,589605	42°	Iúna	0,883774	0,727453	42°
Alegre	0,792441	0,588178	43°	Atilio Vivácqua	0,95009	0,720737	43°
Vila Pavão	0,680308	0,587421	44°	Conceição do Castelo	0,973284	0,718567	44°
São Roque do Canaã	0,693234	0,584386	45°	Irupi	0,75681	0,713779	45°
Vitória	0,651956	0,581938	46°	São Roque do Canaã	0,927923	0,710544	46°
Iúna	0,638645	0,581196	47°	Pedro Canário	0,875487	0,70985	47°
Mucurici	0,651426	0,579768	48°	Jerônimo Monteiro	0,866699	0,696209	48°
Guaçuí	0,697971	0,576137	49°	Vila Pavão	0,976003	0,695826	49°
Marechal Floriano	0,64603	0,570613	50°	Muqui	0,886549	0,690979	50°
Mimoso do Sul	0,698211	0,560232	51°	Pinheiros	0,839061	0,686993	51°
Dores do Rio Preto	0,8632	0,554152	52°	Aracruz	0,648799	0,683355	52°
Barra de São Francisco	0,60645	0,550487	53°	Brejetuba	0,966692	0,67236	53°
Jaguaré	0,632302	0,550046	54°	Boa Esperança	0,852315	0,670625	54°
São Domingos do Norte	0,632384	0,549024	55°	Muniz Freire	0,888974	0,665953	55°
Divino de São Lourenço	0,786619	0,539954	56°	Guaçuí	0,827231	0,663641	56°
Pinheiros	0,643525	0,539125	57°	Itapemirim	0,821317	0,65673	57°
Muniz Freire	0,608774	0,535319	58°	Marechal Floriano	0,942992	0,645527	58°
Brejetuba	0,630247	0,527809	59°	Alegre	0,840638	0,640943	59°
Anchieta	0,713102	0,514747	60°	Laranja da Terra	1	0,619886	60°
Montanha	0,583461	0,513114	61°	Ponto Belo	0,828346	0,612987	61°
Nova Venécia	0,580663	0,506047	62°	Jaguaré	0,902786	0,608988	62°
Muqui	0,591815	0,499222	63°	Afonso Cláudio	0,608044	0,606898	63°
Águia Branca	0,580566	0,497544	64°	Bom Jesus do Norte	0,950518	0,589213	64°
Bom Jesus do Norte	0,759857	0,487809	65°	Ibitirama	0,918575	0,569412	65°
Atilio Vivácqua	0,596797	0,483935	66°	Ibiraçu	0,911798	0,565211	66°
Castelo	0,608469	0,481757	67°	Marataízes	0,848595	0,558749	67°
Piúma	0,625585	0,477294	68°	Santa Teresa	0,617532	0,554254	68°
João Neiva	0,566687	0,469171	69°	Vila Velha	0,518655	0,524205	69°
Baixo Guandu	0,58308	0,464394	70°	Nova Venécia	0,454772	0,492612	70°
Conceição do Castelo	0,550801	0,444474	71°	Divino de São Lourenço	0,780757	0,48398	71°
Marataízes	0,532756	0,424426	72°	São Mateus	0,40277	0,426997	72°
Ponto Belo	0,605219	0,42259	73°	Santa Maria de Jetibá	0,585676	0,398337	73°
Fundão	0,552583	0,421824	74°	Cariacica	0,326451	0,391174	74°
Ibitirama	0,607437	0,389959	75°	Castelo	0,414895	0,323337	75°
Itapemirim	0,571097	0,373119	76°	Serra	0,379011	0,298176	76°
Apiacá	0,537476	0,345046	77°	Vitória	0,471638	0,292362	77°

Presidente Kennedy	0,505	0,324197	78°	Dores do Rio Preto	0,174154	0,107956	78°
--------------------	-------	----------	-----	--------------------	----------	----------	-----

Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

Na avaliação quantitativa, os índices de eficiência refletem a capacidade dos municípios de utilizar seus recursos de maneira otimizada, considerando variáveis como o gasto público com o ensino fundamental e médio por aluno matriculado, a quantidade de funcionários por aluno e a quantidade de professores por aluno. Os municípios de Iconha, Laranja da Terra, Mantenópolis e Venda Nova do Imigrante apresentaram um índice de eficiência simples (BCC) igual a 1, indicando a máxima produtividade em relação aos recursos disponíveis. Isso significa que esses municípios alcançaram o melhor resultado possível com base nos insumos que possuíam.

A eficiência composta normalizada fornece uma classificação dos municípios com base em sua eficiência relativa, atribuindo um valor distinto a cada unidade de decisão. Este método é importante, pois o DEA frequentemente resulta em múltiplas DMUs alcançando 100% de eficiência. No presente caso, o município de Mantenópolis obteve um índice de eficiência composta normalizada igual a 1, posicionando-o como o mais eficiente entre os municípios do Espírito Santo. Por outro lado, por exemplo, o município de Laranja da Terra apresentou um índice de eficiência simples de 1, indicando operação na eficiência máxima segundo o modelo utilizado, no entanto, seu índice de eficiência composta normalizada foi de 0,642, 33° no ranking, sugerindo que, apesar de uma alta eficiência no modelo simples, há oportunidades para melhorar a utilização dos recursos quando a eficiência é ajustada e normalizada.

No modelo que utiliza insumos qualitativos, os índices de eficiência refletem a capacidade dos municípios de otimizar a utilização de seus recursos, considerando as variáveis número de professores com doutorado por aluno, número de professores com mestrado por aluno, número de professores com especialização por aluno e número de professores com formação continuada por aluno. Nesse contexto, os municípios de Água Doce do Norte, Ecoporanga, Vila Valério, São José do Calçado, Marilândia, Iconha, Laranja da Terra, Mantenópolis e Venda Nova do Imigrante apresentaram eficiência simples de 1, destacando-se pela consistência na gestão tanto de insumos quantitativos quanto qualitativos. Contudo, apenas o município de Mantenópolis alcançou a máxima eficiência em todos os critérios avaliados, ou seja, em 2015, é o município mais eficiente tanto em relação aos insumos de natureza quantitativa quanto qualitativa, este resultado indica administração equilibrada dos recursos.

Por outro lado, a maioria dos municípios apresenta índices de eficiência inferiores a 1,0 em ambos os aspectos analisados, o que aponta para áreas com potencial para melhorias. O município de Presidente Kennedy, por exemplo, exibe uma eficiência quantitativa simples de 0,505, com uma eficiência composta normalizada de 0,324, 78° no ranking, e uma eficiência qualitativa de 0,963, com uma eficiência composta normalizada de 0,747, 38° no ranking.

Essas discrepâncias indicam que, embora a alocação de recursos possa ser relativamente eficiente em termos qualitativos ou quantitativos, não ocorre o mesmo de forma equitativa em ambos os aspectos. Esses resultados ressaltam a necessidade de implementar ações corretivas para aprimorar a eficiência dos serviços oferecidos, em ambos os sentidos. Um resumo da problemática mencionada encontra-se no Quadro 4, onde é possível observar essas disparidades, pois a quantidade de municípios em cada nível de eficiência diverge nos dois modelos. Portanto, esperava-se que municípios eficientes quantitativamente fossem também eficientes qualitativamente, e vice-versa, em uma relação bidirecional, divergente do constatado nos resultados obtidos.

Quadro 4 – Distribuição dos municípios, em 2015, segundo intervalos de medidas de eficiência técnica simples (E) – modelo quantitativo e modelo qualitativo

Níveis de Eficiência	Modelo Quantitativo	Modelo Qualitativo
$E \leq 0,25$	0	1
$0,25 < E \leq 0,50$	0	6
$0,50 < E \leq 0,75$	46	5
$0,75 \leq E < 1$	28	57
$E=1$	4	9

Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

Os resultados para o ano de 2019, conforme apresentado no Quadro 5, evidenciam a persistência das discrepâncias observadas em 2015. A maioria dos municípios com indicador de alta ou baixa eficiência, em termos de insumos quantitativos, não apresenta necessariamente o mesmo nível de eficiência em termos qualitativos, e vice-versa.

Quadro 5 – Eficiência simples (BCC) e composta normalizada dos escores de eficiência dos municípios do Espírito Santo, em 2019

Município	Resultado Quantitativo			Município	Resultado Qualitativo		
	Padrão	Composta	Ranking		Padrão	Composta	Ranking
Iconha	1	1	1°	Ibatiba	1	1	1°
São Gabriel da Palha	1	0,976071	2°	Alto Rio Novo	0,998589	0,979193	2°
Ibatiba	0,992233	0,960333	3°	São José do Calçado	1	0,962148	3°
Jerônimo Monteiro	1	0,957583	4°	Marilândia	1	0,919411	4°
Guarapari	0,987026	0,934736	5°	Rio Bananal	1	0,91095	5°
Serra	1	0,917437	6°	Linhares	0,957043	0,90484	6°
Cachoeiro de Itapemirim	1	0,913682	7°	São Gabriel da Palha	0,993501	0,876229	7°
Iúna	1	0,909628	8°	Sooretama	0,928885	0,866305	8°
Marechal Floriano	0,949382	0,884301	9°	Marechal Floriano	1	0,85358	9°
Cariacica	1	0,875367	10°	Mucurici	0,913327	0,840138	10°
Linhares	0,913214	0,87289	11°	Vila Valério	0,988111	0,83944	11°
Muniz Freire	1	0,856404	12°	Irupi	0,934025	0,838818	12°
Venda Nova do Imigrante	1	0,85555	13°	Afonso Cláudio	0,958097	0,835744	13°
Vila Velha	0,91771	0,852044	14°	Rio Novo do Sul	0,979738	0,835583	14°
Pedro Canário	1	0,847092	15°	Venda Nova do Imigrante	1	0,827011	15°
Rio Novo do Sul	0,890537	0,844435	16°	São Domingos do Norte	0,896461	0,820868	16°
Sooretama	0,942035	0,840852	17°	Alfredo Chaves	1	0,812947	17°
Irupi	0,925841	0,838128	18°	Vargem Alta	0,874629	0,808594	18°
João Neiva	0,949799	0,83592	19°	Pancas	0,961737	0,80606	19°
Viana	0,950171	0,834644	20°	Fundão	0,891351	0,804995	20°
Mimoso do Sul	0,959063	0,82753	21°	Água Doce do Norte	0,936931	0,800765	21°

Ibiraçu	0,918784	0,826142	22°	Governador Lindenberg	0,992495	0,799748	22°
Boa Esperança	0,964932	0,823587	23°	Iconha	0,988485	0,790934	23°
Colatina	0,913276	0,821357	24°	João Neiva	0,925376	0,760118	24°
Conceição da Barra	0,925394	0,811213	25°	Pedro Canário	0,88847	0,743761	25°
Barra de São Francisco	0,88727	0,802257	26°	Laranja da Terra	1	0,737003	26°
Rio Bananal	0,882034	0,800738	27°	Ponto Belo	0,968337	0,736803	27°
Aracruz	0,858149	0,791989	28°	Itapemirim	0,881984	0,732222	28°
Pancas	0,864276	0,788919	29°	Brejetuba	0,996481	0,731887	29°
Domingos Martins	0,852314	0,785778	30°	Muniz Freire	0,927181	0,707647	30°
Alegre	0,933317	0,775229	31°	Domingos Martins	0,823643	0,706514	31°
Guaçuí	0,906111	0,770948	32°	Jaguaré	0,892788	0,701621	32°
Mantenópolis	0,867592	0,76787	33°	Baixo Guandu	0,930122	0,692894	33°
Brejetuba	0,875468	0,761789	34°	Barra de São Francisco	0,74131	0,691176	34°
Divino de São Lourenço	0,927512	0,754002	35°	Marataízes	0,960565	0,690879	35°
Afonso Cláudio	0,90452	0,741071	36°	São Roque do Canaã	0,924603	0,683503	36°
Alfredo Chaves	0,891387	0,731801	37°	Muqui	0,876216	0,681207	37°
Vargem Alta	0,938402	0,731272	38°	Colatina	0,738138	0,674569	38°
Água Doce do Norte	0,821461	0,725302	39°	Santa Teresa	0,994812	0,673044	39°
Vitória	0,773294	0,722123	40°	Santa Leopoldina	0,625632	0,666829	40°
Nova Venécia	0,806424	0,721931	41°	Vila Velha	0,725454	0,66638	41°
Marilândia	0,836238	0,703384	42°	Cachoeiro de Itapemirim	0,633925	0,665393	42°
Alto Rio Novo	1	0,696748	43°	Ibitirama	0,975088	0,6597	43°
São José do Calçado	1	0,696748	44°	Conceição da Barra	0,652796	0,658372	44°
Itaguaçu	0,790236	0,695533	45°	Ibiraçu	0,937309	0,657693	45°
Fundão	0,80397	0,693222	46°	Apiacá	0,917165	0,656986	46°
Laranja da Terra	0,784509	0,692639	47°	Ecoporanga	0,899241	0,656446	47°
Baixo Guandu	0,792582	0,692361	48°	Vila Pavão	0,882356	0,652334	48°
Santa Maria de Jetibá	0,800575	0,687728	49°	Bom Jesus do Norte	0,630265	0,641812	49°
Bom Jesus do Norte	0,885994	0,687645	50°	Aracruz	0,7233	0,633145	50°
Jaguaré	0,835541	0,685424	51°	Pinheiros	0,85102	0,612356	51°
Ponto Belo	0,815141	0,684133	52°	Águia Branca	0,874918	0,608824	52°
São Roque do Canaã	0,789216	0,680692	53°	Serra	0,678086	0,605001	53°
Vila Pavão	0,769719	0,675529	54°	Montanha	0,828943	0,60197	54°
Ecoporanga	0,833621	0,673461	55°	Guaçuí	0,621824	0,599448	55°
Muqui	0,776673	0,671873	56°	Mimoso do Sul	0,610399	0,598206	56°
São Mateus	0,814354	0,667632	57°	Iúna	0,675523	0,597839	57°
Vila Valério	0,767531	0,663587	58°	Conceição do Castelo	0,883087	0,597456	58°
Pinheiros	0,779299	0,65829	59°	Nova Venécia	0,662276	0,561269	59°
Marataízes	0,741942	0,653596	60°	Divino de São Lourenço	0,826422	0,55912	60°
Piúma	0,807296	0,644063	61°	Mantenópolis	0,696496	0,558211	61°
Apiacá	0,865711	0,644004	62°	Alegre	0,627276	0,551594	62°
Dores do Rio Preto	0,794429	0,639586	63°	Guarapari	0,556695	0,523313	63°

Castelo	0,775788	0,638237	64°	Atilio Vivácqua	0,772964	0,522952	64°
Conceição do Castelo	0,753778	0,606226	65°	Itaguaçu	0,682355	0,522841	65°
Itapemirim	0,735418	0,598271	66°	Viana	0,516695	0,518953	66°
Ibitirama	0,743379	0,589549	67°	Santa Maria de Jetibá	0,675471	0,481434	67°
Itarana	0,772427	0,573724	68°	Jerônimo Monteiro	0,709421	0,479962	68°
Santa Leopoldina	0,813639	0,566901	69°	Anchieta	0,673652	0,469869	69°
Mucurici	0,745105	0,564337	70°	Cariacica	0,484293	0,421239	70°
Governador Lindenberg	0,683284	0,553976	71°	Vitória	0,613106	0,4148	71°
Atilio Vivácqua	0,794586	0,553626	72°	Castelo	0,591402	0,400116	72°
Anchieta	0,764993	0,540422	73°	Boa Esperança	0,524724	0,360875	73°
Santa Teresa	0,725096	0,505209	74°	Piúma	0,441784	0,354558	74°
Presidente Kennedy	0,705795	0,491761	75°	Itarana	0,509067	0,344412	75°
Montanha	0,697249	0,485807	76°	São Mateus	0,48309	0,326836	76°
São Domingos do Norte	0,681537	0,47486	77°	Dores do Rio Preto	0,325849	0,220454	77°
Águia Branca	0,620698	0,432471	78°	Presidente Kennedy	0,309394	0,209322	78°

Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

Seguindo resultados para Minas Gerais, na linha daqueles encontrados para Santos, Gomes e Ervilha (2015), em relação à utilização de insumos quantitativos, observa-se aumento no número de municípios do Espírito Santo classificados como eficientes em 2019, comparado a 2015, enquanto em 2015 apenas quatro municípios alcançaram escore de eficiência simples igual a 1, em 2019 esse número cresceu para doze, quais sejam: Alto Rio Novo, Cachoeiro de Itapemirim, Cariacica, Iconha, Iúna, Jerônimo Monteiro, Muniz Freire, Pedro Canário, São Gabriel da Palha, São José do Calçado, Serra e Venda Nova do Imigrante. Esse aumento pode ser atribuído a diversas razões, como melhorias na gestão dos recursos, implementação de práticas mais eficientes ou ajustes nas políticas públicas voltadas para a otimização dos insumos. Essas mudanças podem refletir esforços bem-sucedidos por parte dos gestores locais para melhorar a eficiência operacional e a alocação dos recursos. Quanto à eficiência composta normalizada, o município de Iconha destacou-se como o mais eficiente.

No que tange à eficiência relativa aos insumos qualitativos, os municípios de São José do Calçado, Venda Nova do Imigrante, Ibatiba, Marechal Floriano, Alfredo Chaves, Rio Bananal, Marilândia e Laranja da Terra obtiveram um escore de eficiência simples igual a 1. Em termos de eficiência composta normalizada, o município de Ibatiba destacou-se como o mais eficiente no ranking. Por outro lado, a maioria dos municípios apresenta índices de eficiência inferiores a 1,0 em ambos os aspectos analisados. Essas discrepâncias sugerem que, embora a alocação de recursos possa ser relativamente eficiente em termos qualitativos, ela não é igualmente em termos quantitativos.

É importante destacar que, comparando os dados dos Quadros 4 e 6, no ano de 2015, 32 municípios (aproximadamente 41%) estavam situados nos níveis mais altos de eficiência quantitativa ($0,75 \leq E < 1$ e $E = 1$). Em 2019, esse número aumentou para 68 municípios (aproximadamente 87%), assim, em termos quantitativos, é possível supor efeitos positivos dos insumos sobre o produto, ou seja, do gasto público com ensino fundamental e médio por aluno matriculado, da quantidade de funcionário por aluno, e da quantidade de professor por aluno sobre a nota do Saeb. O Plano Estadual de Educação do Espírito Santo (PEE/ES) de 2015 pode ter contribuído para essas melhorias. No entanto, estudos mais aprofundados são necessários para confirmar se o plano já trouxe bons resultados. Já o modelo de insumos qualitativos mostra um comportamento diferente: em 2015, 68 municípios (aproximadamente

87%) alcançaram os níveis mais altos de eficiência, enquanto em 2019 esse número caiu para 48 municípios (aproximadamente 62%). Nesses termos, o aumento da qualificação do corpo docente, definido no PEE/ES, não se traduziu em melhoria correspondente nas notas do Saeb.

Quadro 6: Distribuição dos municípios, em 2019, segundo intervalos de medidas de eficiência técnica simples (E) – modelo quantitativo e modelo qualitativo.

Níveis de Eficiência	Modelo Quantitativo	Modelo Qualitativo
$E \leq 0,25$	0	0
$0,25 < E \leq 0,50$	0	5
$0,50 < E \leq 0,75$	10	25
$0,75 \leq E < 1$	56	40
$E=1$	12	8

Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

Como o modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA) se baseia na eficiência relativa entre os municípios, recomenda-se a realização de estudos específicos por escola, especialmente nos municípios eficientes, a fim de diagnosticar as boas práticas implementadas e replicá-las, na medida do possível, em outros municípios.

A problemática do aumento da qualificação do corpo docente não corresponder à melhoria das notas do Saeb pode estar ligada a questões complexas, considerando que o ponto central é o ser humano, alguns fatores complementares podem ser relevantes, tais como: apoio da gestão escolar, formação continuada relevante, prática diretamente aplicável às necessidades dos alunos e das escolas. Fatores externos à escola, como a situação socioeconômica das famílias, também desempenham um papel crucial no desempenho dos estudantes. Além disso, a indisciplina pode consumir muito tempo de aula, e a sobrecarga de atividades administrativas pode reduzir o tempo e a energia que os professores têm para se dedicar à melhoria da aprendizagem. Esses fatores, isolados ou combinados, podem contribuir para não alcançar melhores notas no Saeb. Portanto, uma abordagem abrangente, que considere todos esses aspectos, é necessária para se alcançar melhorias significativas no desempenho estudantil no Saeb

A análise comparativa dos municípios eficientes entre 2015 e 2019, utilizando o modelo BCC, com orientação para insumos e considerando a eficiência composta normalizada, revela importantes mudanças nos resultados da política educacional, ao longo deste período. Primeiramente, é importante entender que municípios maiores, como os da Grande Vitória (Cariacica, Fundão, Guarapari, Serra, Viana, Vila Velha e Vitória), possuem uma maior disponibilidade de recursos financeiros e infraestruturais, todavia esses recursos nem sempre são utilizados de forma eficiente, o que pode resultar em um baixo desempenho nos índices de eficiência. Considerando a utilização de insumos quantitativos, a eficiência composta normalizada, em 2019, apresentou-se melhor no ranking em Guarapari (5º), Serra (6º) e Cariacica (10º). Vitória ocupou a 40ª posição nesse ranking. Por outro lado, considerando a utilização de insumos qualitativos, a eficiência composta normalizada foi relativamente menor para todos esses sete municípios, estando Vitória entre as últimas posições (71º). Soares, Soares e Santos (2023) também não encontraram “escola-referência” no município de Vitória.

5. Considerações finais

Esta pesquisa teve como objetivo geral analisar a eficiência técnica de variáveis quantitativas e qualitativas na área da educação, para os níveis fundamental e médio, da rede municipal das cidades do Espírito Santo, ou seja, uma avaliação da eficiência dos gastos com educação e da qualificação dos professores sobre os resultados dos estudantes na avaliação do Saeb. Para tanto, considerou-se no ano de 2015, início da vigência do PEE/ES, e, o ano de 2019, antes da pandemia da Covid-19. Como método, o artigo empregou a Análise Envoltória de Dados (DEA).

Os resultados, revelaram uma variação nos indicadores de eficiência dos municípios do Espírito Santo, do ano de 2015 para o ano de 2019. Em 2015, apenas quatro municípios alcançaram a máxima eficiência quantitativa, número que aumentou para doze em 2019. Este aumento pode ser atribuído a melhorias na gestão de recursos, implementação de práticas mais eficientes e ajustes nas políticas públicas voltadas para a otimização dos insumos, especialmente relacionados ao gasto público com ensino fundamental e médio por aluno matriculado, à quantidade de funcionário por aluno, e à quantidade de professor por aluno.

Entretanto, quando se avalia a eficiência qualitativa, observa-se uma queda no número de municípios com melhores valores para o indicador de eficiência, de 68 em 2015 para 48 em 2019. Essa disparidade sugere que, embora tenha havido avanços na gestão dos recursos quantitativos, a qualificação do corpo docente não se traduziu diretamente em melhoras proporcionais no desempenho dos alunos na avaliação do Saeb. Portanto, recomenda-se a realização de novos estudos específicos nos municípios com melhores indicadores de eficiência para identificar boas práticas que possam ser adaptadas aos demais.

Para estudos futuros, sugere-se a utilização do modelo de regressão *tobit*, conforme aplicado em Trompieri Neto et al. (2009), em um segundo estágio da DEA, com o intuito de analisar quais variáveis socioeconômicas e educacionais podem influenciar a eficiência dos investimentos em educação, traduzida em melhores resultados do Saeb, os municípios capixabas. Além disso, novos estudos com este propósito devem incorporar o período da pandemia, dado que diversas pesquisas com dados nacionais e internacionais apontam que algumas dimensões da educação (especialmente “acesso”, “trajetória” e “aprendizagem”) foram fortemente afetadas de forma negativa pelo período em que as escolas estiveram fechadas.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências bibliográficas

- ALI, A. I.; COOK, W. D.; SEIFORD, L. M. Strict vs. Weak original relations for multipliers in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 37, n. 6, p. 733-738, 1991.
- ARAÚJO JUNIOR, J. N. de et al. Eficiência técnica das escolas públicas dos estados do Nordeste: uma abordagem em dois estágios. **Revista de Economia do Nordeste**, v. 47, n. 3, p. 61-73, 2016.
- AZZOLINI, K. M. G.; LERNER, A. F. Eficiência operacional e financeira dos institutos federais de educação, ciência e tecnologia: um estudo por análise envoltória de dados (DEA). **Revista Científica da Ajes**, v. 9, n. 18, 2020.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RODHES, E. Evaluating program and managerial efficiency: an application of Data Envelopment Analysis to program Follow Through, **Management Science**, v. 27, n. 6, p. 668-697, 1981.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 4. ed. São Paulo: McGraw Hill, 1993.

COELLI, T. J. et al. **An introduction to efficiency and productivity analysis.**, Springer: USA, 2. ed., 2005.

ESKERESKI, S. et al. Eficiência e qualidade da educação no ensino fundamental municipal público de Salvador - BA. **Revista de Economia do Nordeste**, v. 54, n. 2, p. 180-195, 2023.

FARIA, F. P.; JANNUZZI, P. M.; SILVA, S. J. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro. **Revista de Administração Pública**, v. 42, n. 1, 2008.

FERREIRA, Carlos Maurício de Carvalho; GOMES, Adriano Provezano. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. Viçosa: UFV, 2020.

FLACH, L. et al. Efficiency of expenditure on education and learning by Brazilian states: a study with Data Envelopment Analysis. **Contabilidade e Negócios**, v. 12, n. 23, p. 111-128, 2017.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

POLLITT, C. **The essential public manager**. Open University, 2003.

POZZA, D. B.; CASTRO, G. H. L. DE; PORSEE, A. A. Eficiência do gasto público com educação no Estado do Paraná: uma análise com modelos econométricos espaciais. **Geosul**, v. 37, n. 82, p. 221-251, 2022.

SANTOS, A. C.; GOMES, A. P.; ERVILHA, G. T. Eficiência e desigualdade em educação no estado de Minas Gerais: uma análise da primeira etapa do PMDI. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 45, p. 245-273, 2015.

SILVA, A. B.; NASCIMENTO, J. C. H. B.; FERREIRA, A. C. S.; LIMA, J. R. F. *Accountability* para a gestão de verbas da educação pública em municípios brasileiros: Análise com Envoltória de Dados (DEA). **Revista Iberoamericana de Contabilidad de Gestión**, v.12, p. 1-16, 2015.

SOARES, D. J. M.; SOARES, T. E. A.; SANTOS, W. Escolas-referência de ensino médio no Espírito Santo: uma análise envoltória de dados. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação**, v. 39, n. 1, 2023.

TODOS PELA EDUCAÇÃO. Panorama da Educação Básica. Estados. Espírito Santo. Janeiro de 2023. Disponível em <https://todospelaeducacao.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2023/01/panorama-espírito-santo-2023.pdf>

TROMPIERI NETO, N. et al. Determinantes da eficiência dos gastos públicos municipais em educação e saúde: o caso do Ceará. In: CARVALHO, Eveline Barbosa Silva. **Economia do Ceará em Debate**. p. 57-72. Fortaleza: IPECE, 2009.