

EFICIÊNCIA TÉCNICA E PRODUTIVIDADE NO ENSINO MÉDIO BRASILEIRO: EVIDÊNCIAS PARA AS ESCOLAS ESTADUAIS ENTRE 2017 E 2023

Leticia Martins Matoso. Mestranda do Programa de Pós-graduação em Economia (PPGE-ME/UFV)

Resumo: Este estudo analisa a dinâmica da eficiência técnica e da produtividade de 6.907 escolas estaduais de ensino médio no Brasil entre 2017 e 2023, período impactado pela Reforma do Ensino Médio e pela pandemia de COVID-19. A metodologia adotada é a Análise Envolvente de Dados (DEA) com retornos variáveis de escala (VRS), com estimação do Índice de Produtividade de Malmquist e da análise de β -convergência, utilizando dados do Censo Escolar e do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) do INEP. Os resultados evidenciam uma perda líquida de produtividade total dos fatores de 6,7%, explicada pela queda na eficiência técnica das instituições em acompanhar as melhores práticas, enquanto a fronteira tecnológica se manteve praticamente estável. Constatou-se também um aumento na heterogeneidade do sistema e um fenômeno de "nivelamento por baixo", no qual as escolas inicialmente mais eficientes sofreram as maiores reduções de desempenho. Conclui-se que a Reforma e a crise sanitária aprofundaram as desigualdades de gestão escolar preexistentes, indicando a necessidade de políticas públicas voltadas à otimização da alocação de recursos e ao aprimoramento gerencial, em detrimento do mero aumento contínuo de repasses financeiros ou insumos.

Palavras-chave: Economia da Educação; Reforma do Ensino médio; COVID-19; Análise Envolvente de Dados (DEA); Índice de Malmquist;

Abstract: This study analyzes the dynamics of technical efficiency and productivity across 6,907 Brazilian state-run upper-secondary schools between 2017 and 2023, a period shaped by the High School Reform and the COVID-19 pandemic. The method applied is Data Envelopment Analysis (DEA) with variable returns to scale (VRS), combined with the estimation of the Malmquist Productivity Index and a β -convergence analysis, using data from the School Census and the Basic Education Assessment System (SAEB), both provided by INEP. The results show a net total factor productivity loss of 6.7%, driven by a decline in schools' technical efficiency in keeping pace with best practices, while the technological frontier remained virtually stable. The findings also reveal increased heterogeneity within the system and a "leveling down" phenomenon, in which initially more efficient schools experienced the sharpest performance declines. The study concludes that the Reform and the health crisis deepened pre-existing inequalities in school management, pointing to the need for public policies focused on optimizing resource allocation and improving managerial practices, rather than merely increasing financial transfers or inputs.

Keywords: Economics of Education; High School Reform; COVID-19; Data Envelopment Analysis (DEA); Malmquist Index.

Área de submissão: Economia Social e do Trabalho

Classificação JEL: I21, I28, C61, H52

1. Introdução

A qualidade da educação secundária constitui um dos pilares mais debatidos das agendas de política pública no Brasil e no mundo. Nas últimas décadas, embora a expansão do acesso ao ensino médio público tenha sido substancial, desafios estruturais na consolidação da

aprendizagem persistem. Segundo dados do Saeb 2023, 61,7% dos professores concordam que a maior parte dos estudantes apresenta problemas de aprendizagem, déficit que se reflete na percepção dos próprios alunos concluintes: na 3ª série do Ensino Médio, 36,9% dos estudantes relatam não conseguir argumentar sobre conteúdos difíceis (INEP, 2023). Torna-se evidente, portanto, que a ampliação do acesso não foi acompanhada de ganhos equivalentes em qualidade. Delgado e Machado (2007) alertam que, apesar dos indicadores de cobertura escolar terem melhorado, a formação do estudante brasileiro encontra-se aquém da prevista em relação à de outros países em desenvolvimento.

Nesse contexto, a eficiência alocativa das escolas públicas, entendida como a capacidade de maximizar resultados dado um determinado conjunto de insumos, surge como questão central para a política educacional. Não se busca analisar apenas quanto se gasta, mas como se gasta: escolas com dotações de recursos semelhantes produzem resultados educacionais heterogêneos, sugerindo que há margem significativa para ganhos de eficiência sem necessariamente expandir o volume de recursos (Hanushek; Woessmann, 2011). Essa heterogeneidade está bem documentada no caso brasileiro: estudos aplicados a diferentes redes e regiões do país, como Carvalho e Sousa (2014), Frio *et al.* (2018) e Delgado e Machado (2007), convergem ao mostrar que a maioria das escolas públicas operam abaixo da fronteira de melhores práticas, independentemente do nível de recursos disponíveis. A identificação das fontes e da dinâmica temporal dessa heterogeneidade é, portanto, condição necessária para o desenho de políticas educacionais mais efetivas.

O período 2017–2023 é particularmente relevante para essa análise. Ele compreende a implementação da Reforma do Ensino Médio (Lei nº 13.415/2017), que introduziu mudanças estruturais no currículo, na carga horária e na organização pedagógica das escolas estaduais; o impacto da pandemia de COVID-19, que provocou interrupção prolongada das atividades presenciais e gerou perdas de aprendizagem documentadas em âmbito nacional e internacional (Bof e Moraes, 2023; Azevedo *et al.*, 2021); e a subsequente política de recomposição da aprendizagem conduzida pelos sistemas estaduais de ensino. Esses dois choques constituem o foco dessa análise: por atingirem de forma relativamente homogênea o conjunto das escolas estaduais, em termos de exigências curriculares e calendário de interrupção das aulas, a ocorrência de ambos no mesmo recorte temporal oferece uma oportunidade para investigar se a capacidade de resposta das escolas foi determinada por fatores exógenos e uniformes ou por diferenças pré-existentes na capacidade de gestão de cada unidade.

Poucos estudos cobrem esse intervalo: Almeida e Justo (2022), que documentaram perda de produtividade em 76,68% dos municípios pernambucanos entre 2017 e 2021; Bof e Moraes (2023), que identificaram perdas severas e generalizadas de aprendizagem em escala nacional até 2021; e Soares e Santos (2024) e Barros e Amaral (2022), que avaliaram a eficiência em amostras do Espírito Santo e da rede federal do Nordeste, respectivamente, entre 2017 e 2019. Esses trabalhos sugerem que o período foi marcado por estagnação ou deterioração da produtividade educacional, mas apresentam diagnósticos parciais, restritos a amostras regionais, redes específicas ou a períodos anteriores ao fim da pandemia. Avaliar a eficiência técnica das escolas ao longo de todo esse intervalo permite capturar os efeitos combinados desses choques sobre a produtividade educacional em escala nacional.

Diante disso, o objetivo deste artigo é analisar a dinâmica da eficiência técnica das escolas estaduais de ensino médio brasileiras entre 2017 e 2023, identificando se houve ganhos ou perdas de produtividade e se as desigualdades de eficiência entre escolas se reduziram ao longo do período. Para isso, utiliza-se a Análise Envoltória de Dados (DEA) orientada ao insumo e retornos variáveis de escala (VRS), o Índice de Produtividade de Malmquist (Caves *et al.*, 1982; Färe *et al.*, 1994) e a análise de β -convergência (Barro; Sala-I-Martin, 1992). Os dados provêm do Censo Escolar da Educação Básica, fonte dos insumos escolares, e do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), fonte das proficiências em Matemática e Língua

Portuguesa, ambos produzidos pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) para os anos de 2017 e 2023. A amostra final, após a remoção de *outliers* (Wilson, 1993), compreende 6.907 escolas em um painel balanceado.

Os resultados revelam maior dispersão da eficiência no período, aprofundando a heterogeneidade do sistema. O Índice de Produtividade de Malmquist, aponta perda líquida de produtividade total dos fatores da ordem de 6,7% no período, atribuível principalmente ao afastamento das escolas em relação à fronteira vigente, e não ao recuo da própria fronteira, evidência de que o problema reside na capacidade de gestão escolar. Ademais, embora a análise de β -convergência indique redução das disparidades relativas de eficiência entre escolas, essa redução decorre sobretudo da queda mais acentuada nas escolas inicialmente mais eficientes, configurando um nivelamento por baixo, e não uma trajetória de recuperação das unidades mais distantes da fronteira.

O artigo se diferencia da literatura nacional existente em aspectos centrais. Enquanto os estudos disponíveis sobre o período são regionalmente restritos ou analisam períodos anteriores ao fim da pandemia, este trabalho examina a rede estadual de ensino médio em escala nacional, ao longo de todo o intervalo entre 2017 e 2023. Essa cobertura, aliada à decomposição de Malmquist, permite um diagnóstico que nenhum desses estudos pôde oferecer: identificar se a perda de produtividade nacional decorreu de uma efetiva estagnação ou regresso das melhores práticas educacionais disponíveis (mudança tecnológica) ou da incapacidade das escolas em acompanhá-las (mudança de eficiência técnica).

Os resultados sugerem, em conjunto, que a Reforma e a pandemia funcionaram menos como causas diretas e homogêneas da perda de produtividade e mais como fatores que expuseram e amplificaram desigualdades de capacidade de gestão já existentes entre as escolas estaduais brasileiras. Este diagnóstico ajuda a compreender por que o desenho original da política se mostrou, poucos anos depois, alvo de revisão substancial a partir da Lei nº 14.945/2024.

O artigo está organizado em cinco seções, além desta introdução. A Seção 2 apresenta a revisão de literatura sobre eficiência educacional, DEA e análise de convergência. A Seção 3 descreve a metodologia. A Seção 4 reporta e discute os resultados. A Seção 5, por fim, apresenta as considerações finais do trabalho.

2. Eficiência educacional e DEA

A mensuração da eficiência educacional consolidou-se como uma das principais vertentes de aplicação do DEA nas últimas décadas. Essa metodologia foi introduzida por Farrell (1957) a fim de avaliar o desempenho relativo de unidades produtivas em relação a uma fronteira de melhores práticas. Charnes, Cooper e Rhodes (1978) foram responsáveis por sistematizar o modelo para múltiplos insumos e produtos e aplicar, de forma inédita, o modelo DEA para analisar a educação. O objetivo deste método, portanto, é identificar se unidades com níveis comparáveis de recursos geram resultados distintos e, quando isso ocorre, verificar quais fatores explicam essa eficiência relativa.

2.1. Eficiência da Educação Brasileira

A literatura brasileira sobre eficiência em educação, embora mais recente, é vasta e converge em alguns resultados centrais. O primeiro é a heterogeneidade expressiva dos escores de eficiência entre unidades com recursos semelhantes. Carvalho e Sousa (2014), ao aplicar o DEA em três estágios escolas públicas urbanas das regiões Nordeste e Sudeste, encontraram que a ineficiência persiste mesmo após o controle de fatores ambientais, como nível socioeconômico e infraestrutura municipal, o que aponta para a existência de margens de melhora interna na alocação dos fatores controlados pela escola. Raposo *et al.* (2011), analisando escolas públicas do Nordeste chegaram à conclusão análoga: o ranking de eficiência torna-se mais homogêneo ao isolar o efeito do status socioeconômico, mas as escolas continuam

apresentando níveis desiguais de eficiência.

A ausência de relação linear entre quantidade de recursos e eficiência é outro resultado encontrado de forma recorrente. Silva e Almeida (2012), analisando municípios do Rio Grande do Norte com aplicação do DEA com dois estágios, encontraram que municípios com maior dotação de recursos provenientes do FUNDEF não apresentam necessariamente melhores indicadores educacionais. Gomes, Ervilha e Gomes (2018), examinando os municípios mineiros em 2010, observaram relação inversa entre gasto per capita e eficiência. Esses resultados corroboram com os achados de Schuster e Zonatto (2017) e Ramos e Ferreira (2007) que também observaram que a aplicação de recursos financeiros não se traduz necessariamente em eficiência na educação brasileira.

O uso de modelos com retornos variáveis de escala constitui uma prática estabelecida na literatura sobre a eficiência da educação no Brasil. No âmbito das escolas estaduais especificamente, Delgado e Machado (2007) concluíram, para escolas de Minas Gerais em 2003, que a eficiência depende da complementaridade entre insumos internos e condições socioeconômicas familiares, resultado que reforça a escolha do modelo VRS, dado que essa complementaridade gera retornos não constantes de escala. Frio *et al.* (2018), ao estudar escolas públicas do Rio Grande do Sul, identificaram que escolas menores tendem a ser mais eficientes e que a desigualdade municipal e a localização urbana impactam negativamente os escores. Ademais, Oliveira *et al.* (2017) justificam o uso do modelo BCC/VRS para avaliar as escolas públicas sob a premissa de que, no contexto educacional, um acréscimo de insumos não promove necessariamente um aumento proporcional nos resultados.

Oliveira *et al.* (2017) observaram ainda que regime de tempo integral e maior carga horária geram ineficiência nas escolas estaduais do Goiás, resultado que dialoga diretamente com as mudanças introduzidas pela Reforma do Ensino Médio (Lei n. 13.415/2017) analisada neste artigo. No entanto, os estudos focados exclusivamente no ensino médio, especificamente após a Reforma do Ensino Médio e da Pandemia, são relativamente escassos, o que reforça a contribuição específica do presente trabalho. Uma notável exceção é a pesquisa de Almeida e Justo (2022), que analisaram a eficiência dos gastos educacionais no ensino médio de municípios pernambucanos entre os anos de 2017 e 2021, documentando uma ineficiência generalizada, o que demonstra a dificuldade das redes de ensino na absorção e manutenção de metodologias e tecnologias educacionais durante esses anos críticos.

2.2. Produtividade Educacional e Índice de Malmquist e Convergência

A análise estática da eficiência em um único ponto do tempo é insuficiente para avaliar se os sistemas educacionais melhoram ou pioram ao longo do tempo e por quais mecanismos. O índice de Malmquist, introduzido por Caves, Christensen e Diewert (1982) e adaptado para DEA por Färe *et al.* (1994), permite decompor a variação de produtividade em mudança na eficiência técnica (MET) e deslocamento da fronteira tecnológica (MT), oferecendo diagnósticos mais precisos para a formulação de políticas.

No contexto brasileiro, a aplicação conjunta da DEA-VRS e do Índice de Malmquist tem se consolidado na avaliação do ensino médio. Em nível nacional, Sales e Peixe (2022) avaliaram as redes estaduais do Brasil (2013-2019), constatando que 74% das Unidades da Federação eram ineficientes. Contudo, observaram um ganho médio de produtividade de 2%, sugerindo que a ineficiência decorre mais da capacidade de produção inexplorada do que da escassez de recursos. Complementarmente, em nível micro, Soares e Santos (2024) aplicaram a mesma modelagem em escolas do Espírito Santo, revelando avanços modestos na eficiência técnica com o passar do tempo. De modo semelhante, Almeida e Justo (2022) examinaram os gastos educacionais com ensino médio nos municípios pernambucanos (2017-2021) e observaram que 76,68% dos municípios reduziram a produtividade, sendo o regresso tecnológico a principal causa da ineficiência.

A dinâmica temporal da produtividade educacional no Brasil revela um quadro de deterioração recente, com causas distintas a depender do contexto analisado. Leão (2018) documentou perdas de produtividade de até 12,2% no ensino médio do Distrito Federal, atribuídas à forte influência do nível socioeconômico sobre os resultados escolares, evidência de que fatores externos à escola pesam mais do que a gestão interna em determinados contextos. Barros e Amaral (2022), analisando Institutos Federais do Nordeste, encontraram avanço produtivo modesto, concluindo que o sistema opera com capacidade ociosa expressiva, o que indica que os resultados poderiam ser maiores sem incremento de recursos, apenas com melhor alocação dos existentes. Em Goiás, Rosano-Peña, Albuquerque e Daher (2012) identificaram progresso produtivo nos municípios ao longo do tempo, mas sem que isso se traduzisse em redução das disparidades entre eles no longo prazo.

A convergência da eficiência educacional, entendida como a tendência de unidades menos eficientes crescerem mais rapidamente do que as mais eficientes a fim de reduzir as disparidades ao longo do tempo (Barro; Sala-I-Martin, 1992), constitui uma das dimensões menos exploradas da literatura nacional sobre ensino médio. Camanho *et al.* (2023) identificaram tendência de convergência sigma nos sistemas educacionais europeus, isto é, redução da dispersão entre países, mas com divergência beta persistindo em alguns casos, ilustrando que as duas formas de convergência não necessariamente caminham juntas. Santos, Gomes e Ervilha (2015) observaram redução das desigualdades educacionais em Minas Gerais ao longo do tempo, sugerindo convergência condicional no contexto brasileiro. Rosano-Peña, Albuquerque e Daher (2012) chegam a conclusão mais cautelosa: mesmo diante de progresso produtivo, não há evidência de que os municípios goianos convergissem para um padrão único de desempenho, sinalizando que ganhos agregados podem coexistir com persistência das desigualdades internas.

De modo geral, os estudos demonstram que: (i) a eficiência técnica das escolas brasileiras é marcada por ampla heterogeneidade, com a maioria das unidades operando abaixo da fronteira de melhores práticas; (ii) maiores volumes de recursos não garantem maior eficiência, reforçando a relevância de analisar a aplicação, não apenas o montante do gasto educacional; (iii) a dinâmica intertemporal da produtividade é heterogênea entre estudos e períodos; e (iv) a análise de convergência constitui dimensão ainda pouco explorada no contexto das escolas estaduais brasileiras de ensino médio em âmbito nacional, lacuna que o presente artigo busca preencher.

3. Metodologia

3.1. Modelo Empírico

A eficiência das escolas estaduais de ensino médio foi estimada por meio da Análise Envoltória de Dados, técnica não paramétrica desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e estendida por Banker, Charnes e Cooper (1984) para incorporar retornos variáveis de escala (VRS). O modelo DEA-VRS é preferível ao modelo com retornos constantes (CRS) quando as unidades produtivas diferem substancialmente em tamanho, como é o caso das escolas públicas brasileiras (Banker; Charnes; Cooper, 1984; Coelli *et al.*, 2005).

Adotou-se orientação ao insumo, que mensura quanto uma escola poderia reduzir seus recursos mantendo constante o nível de resultados observado. Essa orientação é metodologicamente adequada quando os gestores têm maior controle sobre os insumos, como a alocação de docentes e a carga horária, do que sobre os resultados, que dependem de fatores socioeconômicos externos à escola (Worthington, 2001; Afonso; Aubyn, 2006). O escore de eficiência varia entre 0 e 1: o valor 1 identifica escolas situadas na fronteira de eficiência, enquanto valores inferiores indicam a proporção de insumos que poderia ser economizada sem redução dos produtos. O modelo foi estimado separadamente para 2017 e 2023, garantindo fronteiras de referência contemporâneas a cada período.

Três insumos (*inputs*) foram utilizados: (i) razão docente/aluno, que captura a intensidade de uso do trabalho docente; (ii) razão turmas/aluno, que aproxima a disponibilidade de espaço pedagógico; e (iii) média de horas-aula diária, indicadora do tempo de instrução. Como produtos (*outputs*), empregaram-se as proficiências médias em Matemática e em Língua Portuguesa aferidas pelo Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) nos anos de 2017 e 2023. A escolha dessas variáveis segue a literatura brasileira de eficiência educacional (Zoghbi *et al.*, 2013; Menezes-Filho; Pazello, 2007; Faria; Jannuzzi; Silva, 2008).

A variação da produtividade total dos fatores entre os dois períodos foi mensurada pelo Índice de Produtividade de Malmquist (IM), introduzido por Caves, Christensen e Diewert (1982) e adaptado para a estrutura DEA por Färe *et al.* (1994). O índice decompõe a variação de produtividade em dois componentes:

$$IM = MET \times MT \quad (1)$$

Em que *MET* (Mudança na Eficiência Técnica) captura o avanço relativo da escola em direção à fronteira vigente, e *MT* (Mudança Tecnológica) mensura o deslocamento da própria fronteira entre os dois períodos (Färe *et al.*, 1994; Coelli *et al.*, 2005). Valores superiores a 1 indicam ganho e valores inferiores a 1 indicam perda no componente respectivo. Essa decomposição permite distinguir se a variação de produtividade é atribuível ao esforço individual das escolas, aproximação ou afastamento em relação às melhores práticas, ou a transformações sistêmicas que deslocam a fronteira tecnológica do sistema educacional como um todo.

Por fim, a análise de β -convergência testa se escolas com menores escores de eficiência em 2017 apresentaram crescimento proporcionalmente maior até 2023, o que implicaria redução das desigualdades de eficiência ao longo do tempo (Barro; Sala-I-Martin, 1992). O modelo estimado foi:

$$\ln \frac{\theta^{2023}}{\theta^{2017}} = \alpha + \beta \ln(\theta^{2017}) + \varepsilon \quad (2)$$

Em que θ denota o escore de eficiência DEA-VRS e o logaritmo da razão entre os escores constitui a taxa de crescimento da eficiência no período. Um coeficiente β negativo e estatisticamente significativo configura evidência de β -convergência (Barro; Sala-I-Martin, 1992; Färe *et al.*, 2006; Afonso; Aubyn, 2006). A estimação foi conduzida por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) com erros padrão robustos à heterocedasticidade, procedimento padrão nessa literatura.

3.2. Base de Dados

Os dados utilizados foram obtidos do Censo Escolar da Educação Básica (*inputs*) e do Sistema de Avaliação da Educação Básica (*outputs*), ambos produzidos pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), para os anos de 2017 e 2023. A amostra restringiu-se a escolas estaduais de ensino médio com registros nos dois períodos, constituindo um painel balanceado que permite comparação intertemporal direta. Foram excluídas as observações com valores ausentes ou inconsistentes nas variáveis de insumo e produto por configurarem erros de registro e não casos substantivos de ineficiência.

Uma etapa adicional e metodologicamente relevante foi a detecção e remoção de outliers da fronteira. A DEA é determinística e, por construção, sensível a unidades atípicas: uma escola com características singulares ou com erros de medida pode situar-se na fronteira e distorcer os escores de todas as demais unidades (Simar; Wilson, 2000). Para contornar esse problema, aplicou-se o procedimento de Wilson (1993, 1995), baseado em estatísticas de influência assintótica, que identifica unidades cuja presença altera substancialmente a fronteira estimada. O procedimento foi conduzido separadamente para cada ano, e as escolas identificadas como atípicas em qualquer dos dois períodos foram excluídas do painel, assegurando que a fronteira de referência não seja determinada por observações espúrias e que os escores sejam comparáveis entre os dois anos. Após esse tratamento, a amostra final

compreende 6.907 escolas estaduais de ensino médio.

4. Resultados e Discussão

Esta seção tem como objetivo apresentar e discutir os resultados do trabalho. Primeiramente, descreve-se a distribuição dos escores de eficiência técnica DEA-VRS das 6.907 escolas estaduais de ensino médio brasileiras em cada um dos dois anos analisados. Em seguida, são expostos os resultados da análise dinâmica e das estimações de regressão que verificam, respectivamente, as variações na produtividade por meio do Índice de Malmquist e a trajetória de convergência no desempenho das diferentes unidades do sistema educacional ao longo do período.

4.1. Estatísticas descritivas

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas dos escores de eficiência técnica DEA-VRS, estimados separadamente para 2017 e 2023. Como o modelo foi estimado de forma independente para cada ano, a fim de garantir fronteiras de referência contemporâneas, os escores de 2017 e 2023 não constituem medidas diretamente comparáveis em nível absoluto. Cada escore expressa a distância de uma escola em relação à fronteira de melhores práticas vigente no seu próprio ano, e não há garantia de que a fronteira estimada para 2023 represente exatamente o mesmo padrão de desempenho da fronteira estimada para 2017. A diferença simples entre as médias dos dois anos, portanto, não deve ser lida como uma medida de queda ou ganho de eficiência: essa comparação intertemporal só é metodologicamente válida por meio do Índice de Malmquist (Seção 4.3), que compara cada escola às duas fronteiras de forma direta.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas dos escores de eficiência DEA-VRS (2017 e 2023)

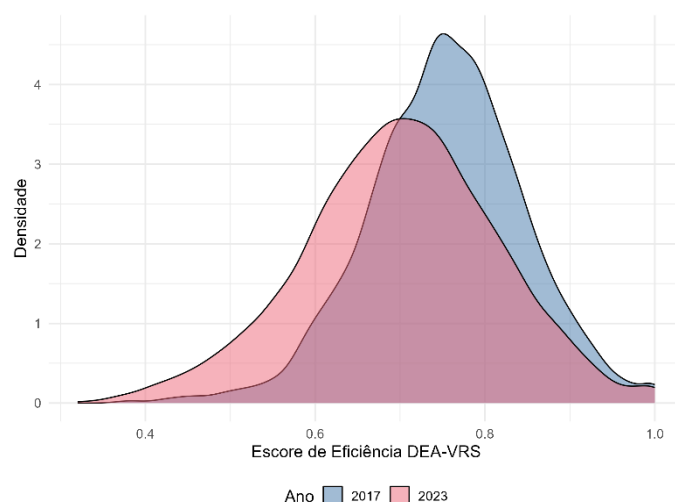
Ano	Escolas	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Escolas na Fronteira	% Eficientes
2017	6.907	0,36	1,00	0,75	0,09	42	0,60%
2023	6.907	0,32	1,00	0,70	0,11	37	0,53%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do INEP (2017-2023).

No ano de 2017, a distribuição apresentou média de 0,75 e desvio padrão de 0,09, com 42 escolas (0,60% da amostra) posicionadas sobre a fronteira de eficiência. Em 2023, por sua vez, a distribuição apresentou média de 0,70, desvio padrão de 0,11, com 37 escolas (0,53%) na fronteira. Em ambos os anos, isoladamente, o padrão é semelhante: uma parcela pequena de escolas opera exatamente sobre a fronteira de melhores práticas do seu próprio ano, e a maior parte da amostra apresenta desperdício potencial de insumos superior a 25% em relação à fronteira daquele ano. Esse cenário corrobora a literatura nacional, que também documenta a escassez de escolas na fronteira e um desperdício estrutural de insumos na ordem de 25% a 30% no sistema público (Frio et al., 2018; Gomes; Ervilha; Gomes, 2018; Lourenço et al., 2017; Oliveira et al., 2017; Schuster e Zonatto, 2017).

A Figura 1, por sua vez, nos revela que a dispersão interna do sistema aumentou, o que é corroborado pelo desvio padrão que passou de 0,09 para 0,11, e pelo valor mínimo observado na amostra que caiu de 0,3659 para 0,3203. Esse alargamento da cauda inferior da distribuição indica que a heterogeneidade entre escolas se aprofundou entre 2017 e 2023, independentemente da leitura que se faça do nível médio de eficiência.

Figura 1 – Distribuição dos escores de eficiência (2017 e 2023)

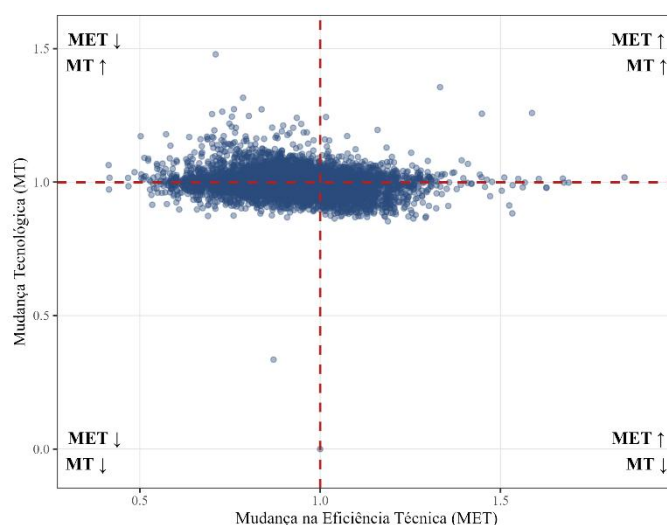


Fonte: Elaboração própria com base nos dados do INEP (2017-2023).

4.2. Decomposição da produtividade: Índice de Malmquist

O Índice de Malmquist médio estimado para o período 2017-2023 foi de 0,93, indicando perda líquida de produtividade total dos fatores da ordem de 6,7% durante o período. A Figura 2 apresenta os valores médios dos componentes e a distribuição das escolas pelos quatro quadrantes da decomposição $IM = MET \times MT$.

Figura 2 – Decomposição do Índice de Malmquist (2017 e 2023)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do INEP (2017-2023).

Essa desagregação é essencial para identificar se a retração global do sistema foi motivada por uma estagnação tecnológica do setor ou pela incapacidade das unidades escolares em acompanhar as melhores práticas. A leitura por quadrantes reforça esse diagnóstico, conforme evidenciado pela Tabela 2. O componente de mudança tecnológica (MT) apresentou média de 0,99, com 49,4% das escolas registrando MT maior que um. Isso significa que a fronteira de melhores práticas permaneceu estável entre os dois períodos: as escolas de referência não avançaram coletivamente de forma suficiente para causar o deslocamento da fronteira do sistema. O principal vetor da perda de produtividade foi a mudança da eficiência

técnica (MET), correspondente ao efeito de emparelhamento, com média de 0,93. Apenas 30,4% das instituições registraram MET maior que um, o que revela que a maioria das escolas se afastou da fronteira vigente em vez de se aproximar dela.

Tabela 2 - Distribuição das escolas nos quadrantes de desempenho do Índice de Malmquist

Quadrante			Número de escolas	% do total	MI médio	MET médio	MT médio
Melhora	dupla	(MET↑ MT↑)	872	12,6%	1,120	1,090	1,028
Emparelhamento compensou (MET↑ MT↓)			1.226	17,8%	1,048	1,095	0,957
Deslocamento da fronteira, mas ineficiente (MET↓ MT↑)			2.540	36,8%	0,893	0,864	1,034
Piora dupla (MET↓ MT↓)			2.269	32,9%	0,842	0,868	0,970
Total			6.907	100,0%	0,93	0,93	0,99

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do INEP (2017-2023).

O grupo mais numeroso, composto por 36,8% das escolas (2.540 instituições), situa-se no quadrante de queda na mudança da eficiência técnica e ganho na mudança tecnológica: a fronteira avançou modestamente, mas essas escolas não acompanharam o movimento, ampliando seu distanciamento relativo das melhores práticas. O segundo maior grupo é o de piora dupla (queda na eficiência técnica e na tecnologia de produção), com 32,9% da amostra (2.269 escolas), ou seja, uma deterioração simultânea no emparelhamento e no deslocamento da fronteira tecnológica. Juntos, esses dois grupos concentram 69,7% da amostra, evidenciando o quadro de deterioração predominante. Apenas 12,6% das escolas (872 unidades) experimentaram melhora dupla, com avanços tanto em eficiência técnica quanto em tecnologia.

Esses achados dialogam diretamente com a literatura brasileira, fornecendo novas evidências sobre a vulnerabilidade do sistema de ensino a choques externos e estruturais. Ao analisar a eficiência dos gastos no ensino médio dos municípios pernambucanos entre 2017 e 2021, um recorte temporal que já absorve os impactos diretos da pandemia, Almeida e Justo (2022) encontraram que o regresso tecnológico (MT) foi a principal causa da ineficiência. O resultado encontrado por neste artigo em âmbito nacional é distinto, visto que a fronteira tecnológica (MT) permanece estável, sendo a Mudança de Eficiência Técnica (MET) o vetor dominante da perda de produtividade. Essa divergência sugere que o problema nacional recente não foi um retrocesso nas tecnologias de ensino disponíveis, mas sim a desestruturação da capacidade de gestão, organização e coordenação das escolas, atributos que compõem o núcleo da MET, conforme definido por Arbona *et al.* (2022).

Para entender a gravidade dessa queda na eficiência, é preciso considerar que o sistema educacional já operava com fragilidades estruturais antes mesmo dessas crises. Barros e Amaral (2022) ilustram bem esse cenário ao analisarem a rede de Institutos Federais (IFs) no Nordeste entre 2017 e 2019. Mesmo sendo considerados centros de excelência, apenas três instituições mantiveram-se na fronteira de eficiência nesse período de normalidade, com um avanço produtivo modesto de 3%.

Esse quadro de lentidão e subaproveitamento não era exclusividade da rede federal, refletindo um padrão crônico também no ensino médio regular e na educação básica em períodos pré-pandêmicos. Ao avaliarem as Unidades da Federação no período de 2013 a 2019,

Sales e Peixe (2022) constataram que 74% das redes estaduais de ensino médio operavam de forma ineficiente, evidenciando que o problema central já era a capacidade de produção inexplorada e a dificuldade de incorporar novas tecnologias, mais do que a simples escassez de recursos.

Análises em recortes locais e municipais corroboram essa intensa fragilidade sistêmica prévia. Em Goiás, Oliveira *et al.* (2017) demonstraram que as escolas públicas de ensino médio apresentavam uma eficiência média baixíssima de apenas 0,36 (em uma escala de 0 a 1), com meros 2,3% das unidades atingindo a eficiência máxima. Já no Distrito Federal, Leão (2018) documentou um severo retrocesso na produtividade das escolas públicas, registrando um declínio de 12,2% no ensino médio (3º ciclo) no período entre 2013 e 2015. Ampliando a perspectiva para o cenário municipal nacional, Schuster e Zonatto (2017) identificaram que quase 73% dos maiores municípios brasileiros já apresentavam ineficiência moderada ou forte na alocação de gastos educacionais.

Portanto, torna-se evidente que o sistema educacional já apresentava alta capacidade ociosa, dificuldades de gestão de recursos e perda de produtividade antes dos choques, apontando porquê o ensino médio foi tão severamente atingido. A acentuada queda na eficiência técnica corrobora com a hipótese de que as interrupções drásticas provocadas pela pandemia de COVID-19, somadas às exigências e incertezas de adaptação impostas pela Reforma do Ensino Médio, minaram a capacidade organizacional das escolas de manterem as práticas vigentes, afastando a maioria das unidades da fronteira de eficiência. Essa interpretação ganha respaldo diante da posterior revisão substancial da reforma promovida pela Lei nº 14.945/2024, que reestruturou diversos aspectos do modelo aprovado em 2017, sugerindo o reconhecimento, por parte do poder público, das dificuldades e limitações observadas durante sua implementação.

No âmbito internacional, o cenário de uma fronteira estável associada ao distanciamento da maioria das escolas encontra paralelo no trabalho de Agasisti e Pérez-Esparrells (2010). Ao avaliarem universidades espanholas, eles constataram que choques no sistema tendem a proteger as unidades que já operam com maior eficiência. No caso brasileiro, isso indica que a pandemia e a Reforma do Ensino Médio ampliaram a heterogeneidade do sistema. Escolas com infraestrutura superior conseguiram preservar seu status na fronteira tecnológica, enquanto aquelas mais vulneráveis sofreram quedas drásticas de eficiência em virtude da falta de capacidade adaptativa.

4.3 Perfil das escolas com melhora dupla

No entanto, o padrão de deterioração não foi identificado em toda a amostra: o grupo de 872 escolas com melhora dupla apresenta um padrão de comportamento bem definido em relação aos insumos utilizados, tal como exposto na Tabela 3. Entre 2017 e 2023, essas escolas reduziram a razão docente/aluno (-12,0%) e a razão turmas/aluno (-7,7%), mantendo a carga horária praticamente estável, e ainda assim aumentaram sua proficiência em Matemática (2,6%) e em Língua Portuguesa (5,2%). Esse movimento foi oposto ao das demais 6.035 escolas da amostra, que ampliaram a razão docente/aluno (15,9%) e a carga horária (22,8%) com ganhos de proficiência bem mais tímidos (1,0% e 2,9%, respectivamente). Esse contraste é consistente com a ausência de relação linear entre volume de recursos e eficiência amplamente documentada para o caso brasileiro (Silva; Almeida, 2012; Gomes; Ervilha; Gomes, 2018; Schuster; Zonatto, 2017; Ramos; Ferreira, 2007): o problema central do sistema não parece ser a escassez de insumos, mas a capacidade de convertê-los em resultados educacionais.

Tabela 3 - Estatísticas descritivas: escolas com melhora dupla vs. demais escolas (2017-2023)

Variável	Melhora Dupla		Demais Escolas	
	2017	2023	2017	2023

Razão Docente/Aluno	0,100 (0,063)	0,088 (0,067)	0,088 (0,057)	0,102 (0,069)
Razão Turmas/Aluno	0,039 (0,013)	0,036 (0,014)	0,035 (0,011)	0,038 (0,013)
Média de Horas-Aula diária	6,313 (2,240)	6,314 (2,353)	5,023 (1,412)	6,168 (1,836)
Proficiência em Matemática	275,299 (23,701)	282,405 (22,204)	266,516 (23,249)	269,147 (19,614)
Proficiência em Língua Portuguesa	272,755 (21,860)	286,925 (19,951)	264,844 (21,744)	272,601 (20,511)
	n = 872		n = 6035	

Nota: Valores expressos como Média (Desvio Padrão). Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP (2017; 2023).

Essa parcela da amostra de melhora dupla concentra-se sobretudo no Sudeste (33,7%) e no Nordeste (30,8%) e são majoritariamente urbanas (88,0%), conforme apresentado na Tabela 4. Enquanto a presença do Sudeste espelha sua infraestrutura histórica, a performance nordestina comprova a capacidade da região em superar defasagens e otimizar recursos mesmo sob limitações econômicas (Carvalho e Sousa, 2014; Lourenço *et al.*, 2017). Da mesma forma, a expressiva participação urbana confirma a premissa de que a rede de serviços das cidades atua como facilitadora da eficiência (Delgado e Machado, 2007; Silva e Almeida, 2012), em oposição aos gargalos estruturais do meio rural (Araújo Júnior *et al.*, 2019).

Tabela 4 - Distribuição regional e por localização das escolas com melhora dupla

Categoria	Número de Escolas	% do total de melhora dupla
Região		
Sudeste	294	33,7%
Nordeste	269	30,8%
Centro-Oeste	131	15,0%
Sul	113	13,0%
Norte	65	7,5%
Localização		
Urbana	767	88,0%
Rural	105	12,0%

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do INEP (2017; 2023).

Esse resultado também qualifica a hipótese de choque generalizado discutida na Seção 4.2. Se a pandemia e a Reforma do Ensino Médio afetaram de forma relativamente homogênea o conjunto das escolas estaduais (mesmas exigências curriculares e mesmo calendário de interrupção das aulas presenciais) a existência de um grupo, ainda que pequeno, capaz de melhorar sua produtividade nesse contexto sugere que o impacto desses choques não foi puramente exógeno e uniforme, mas mediado pela capacidade prévia de gestão de cada escola. Em outras palavras, a pandemia e a Reforma parecem ter funcionado menos como causas diretas da perda de eficiência e mais como fatores que expuseram e amplificaram desigualdades de gestão já existentes entre as escolas. Essa hipótese é consistente com o fato de a fronteira tecnológica (MT) ter permanecido estável, enquanto o principal vetor de perda foi a incapacidade da maioria das escolas de sustentar suas próprias práticas organizacionais (MET).

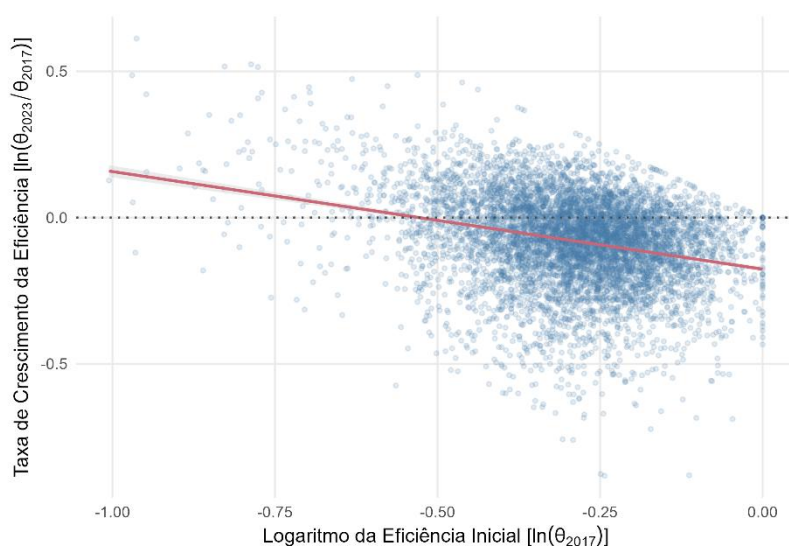
4.4 Análise de β -convergência

Para compreender a trajetória de longo prazo e a dinâmica das desigualdades entre as instituições, estimou-se um modelo de regressão de β -convergência para as 6.907 escolas, cujos resultados estão ilustrados na Figura 3. A equação resultante foi:

$$\ln \frac{\theta^{2023}}{\theta^{2017}} = -0,176 - 0,334 \ln(\theta^{2017})$$

O modelo estimado apresentou um coeficiente de determinação $R^2 = 0,076$, indicando que 7,6% da variação na taxa de crescimento da eficiência é explicada pelo nível inicial das instituições, enquanto o termo constante ($\alpha = -0,176$) confirma a tendência de queda na eficiência do sistema educacional. Por sua vez, o coeficiente β estimado ($\beta = -0,334$; $p < 0,001$) confirma a hipótese de convergência que motivou esta análise: escolas que partiram de escores de eficiência mais baixos em 2017 crescem, em média, mais rapidamente do que aquelas de maior desempenho (ou sofreram quedas menos severas). No entanto, ao analisar esse resultado com a decomposição do Índice de Malmquist, observa-se que o achado não é positivo: a maioria das escolas se afastou da fronteira de eficiência, e a análise comparativa revelou que essa mesma maioria ampliou substancialmente seus recursos sem retorno proporcional em proficiência, caracterizando um quadro de deterioração generalizada, não de recuperação.

Figura 3 – Análise de β -convergência (2017 - 2023)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do INEP (2017-2023).

Nesse contexto, a convergência captada pelo coeficiente β reflete um nivelamento por baixo do sistema: as escolas que estavam mais próximas da fronteira em 2017 possuíam uma margem maior para perdas e, de fato, sofreram as quedas mais bruscas. Em contrapartida, as instituições com desempenho historicamente baixo já operavam perto da eficiência mínima, tendo pouco espaço adicional para piorar. Portanto, o sistema se tornou mais homogêneo devido ao enfraquecimento de unidades eficientes, e não da superação das desigualdades educacionais. O grupo de “melhora dupla” contrariou essa tendência pois geriu seus insumos com maior eficiência, não porque expandiu recursos de forma desproporcional.

Esse padrão de nivelamento por baixo reforça a hipótese central deste artigo sobre os impactos da pandemia e da Reforma do Ensino Médio. Se a redução das desigualdades fosse fruto de uma recuperação, as boas práticas de gestão teriam se espalhado pelo sistema, o que não ocorreu visto que apenas 12,6% das unidades melhoraram. A convergência revela, portanto, que os choques do período prejudicaram principalmente as instituições mais eficientes, que dependiam de uma organização pedagógica e administrativa sólida para se manterem na

fronteira em 2017. Essa estrutura parece ter sido desestabilizada frente a interrupção abrupta das aulas e da implementação da Reforma. Por outro lado, as escolas menos eficientes já tinham uma capacidade de gestão fragilizada, de modo que esses choques causaram um impacto marginal menor em seus escores.

Essa dificuldade generalizada de adaptação dialoga com a recente revisão da Reforma (Lei nº 14.945/2024). A necessidade de corrigir a política pública sugere que seu desenho original ignorou as diferenças de capacidade gestão da rede, uma heterogeneidade que os resultados desta pesquisa tornam evidente.

5. Considerações finais

O presente estudo teve como objetivo estimar e analisar a dinâmica da eficiência técnica e da produtividade de 6.907 escolas estaduais de ensino médio brasileiras entre 2017 e 2023, identificando se houve ganhos ou perdas de produtividade e se as desigualdades de eficiência entre escolas se reduziram ao longo do período. Por meio da aplicação combinada da Análise Envoltória de Dados com retornos variáveis de escala, do Índice de Produtividade de Malmquist e da análise de β -convergência, o trabalho buscou analisar o impacto dos choques da Pandemia de COVID-19 e da Reforma do Ensino Médio na rede pública de educação do país.

A análise revelou que o sistema operava, em 2023, com um desperdício potencial médio de aproximadamente 30% dos insumos educacionais frente à fronteira vigente naquele ano, e que essa posição relativa piorou ao longo do período: o Índice de Malmquist médio de 0,93 indica perda líquida de produtividade total dos fatores da ordem de 6,7% entre 2017 e 2023. Além disso, observou-se que a causa da perda de produtividade não reside em um colapso da fronteira tecnológica, que permaneceu praticamente estável, mas em uma falha generalizada de emparelhamento: a maior parte das escolas demonstrou incapacidade de alcançar as melhores práticas vigentes. Por fim, o estudo identificou convergência do sistema, no entanto, caracterizada por um nivelamento por baixo, em que as escolas inicialmente mais eficientes sofreram as quedas mais acentuadas, e não de uma recuperação das unidades historicamente mais atrasadas. Esses achados evidenciam que a rede de ensino foi incapaz de absorver os choques simultâneos da pandemia de COVID-19 e da Reforma do Ensino Médio, eventos que, juntos, corroeram a capacidade organizacional das escolas e determinaram a deterioração generalizada do sistema.

Essas conclusões dialogam com a literatura nacional que confirma um quadro de ineficiência generalizada nas redes estaduais de ensino médio. Contudo, diferente desses trabalhos, identifica-se aqui que, no período analisado, o vetor dominante da perda de produtividade em âmbito nacional foi a mudança na eficiência técnica, e não o regresso da fronteira tecnológica, o que evidencia um problema de capacidade de gestão e sustentação institucional de boas práticas, sendo este o principal achado do estudo. De modo semelhante, o achado de que os insumos escolares cresceram sem retorno proporcional em proficiência reafirma, para o período recente e em escala nacional, a ausência de relação linear entre volume de recursos e eficiência já documentada anteriormente.

Diante desse diagnóstico, conclui-se que a superação dos atuais gargalos educacionais não se dará exclusivamente pelo incremento contínuo de insumos ou pelo aumento de repasses públicos e carga horária. Tornam-se necessárias políticas públicas que redirecionem seus esforços para solucionar, de maneira prioritária, o problema estrutural da ineficiência técnica, focando na melhoria da gestão e na otimização alocativa dentro do ambiente escolar. As estratégias de apoio às escolas devem levar em consideração os distintos níveis de eficiência técnica e vulnerabilidade observados, afim de fornecer os subsídios adequados para que as unidades de ensino consigam alocar de forma ótima seus recursos, mitigando a heterogeneidade e a deterioração do sistema.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, A.; AUBYN, M. Cross-country efficiency of secondary education provision: a semi-parametric analysis with non-discretionary inputs. **Economic Modelling**, v. 23, n. 3, p. 476-491, 2006.
- AGASISTI, Tommaso; PÉREZ-ESPARRELLS, Carmen. Comparing efficiency in a cross-country perspective: the case of Italian and Spanish higher education institutions. **Higher Education**, v. 59, p. 85-103, 2010.
- ALMEIDA, Karoline Amaral de; JUSTO, Wellington Ribeiro. Análise da eficiência dos gastos educacionais com ensino médio em Pernambuco. **Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE**, Salvador, v. 3, n. 53, p. 37-62, set./dez. 2022.
- ARAÚJO JÚNIOR, J. N. et al. Intertemporal analysis on the technical efficiency of Northeast municipal expenditure with basic education: a DEA approach and Malmquist's index. [S.l.: s.n.], 2019.
- ARBONA, Alexei et al. Efficiency and quality in Colombian education: an application of the metafrontier Malmquist-Luenberger productivity index. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 79, p. 101122, jul. 2022.
- AZEVEDO, J. P. et al. Simulating the potential impacts of COVID-19 school closures on schooling and learning outcomes: a set of global estimates. **World Bank Research Observer**, v. 36, n. 1, p. 1-40, 2021.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BARRO, R. J.; SALA-I-MARTIN, X. Convergence. **Journal of Political Economy**, v. 100, n. 2, p. 223-251, 1992.
- BARROS, Fernando Rufino de; AMARAL, Hudson Fernandes. Avaliação da eficiência dos institutos federais no Nordeste brasileiro. **Revista Valore**, Volta Redonda, v. 7, n. especial, p. 131-151, out. 2022.
- BRASIL. **Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017**. Altera as Leis nºs 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para instituir a política de fomento à implementação de escolas de ensino médio em tempo integral. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 fev. 2017.
- BRASIL. **Lei nº 14.945, de 31 de julho de 2024**. Altera a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional), a fim de definir diretrizes para o ensino médio. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1 ago. 2024.
- BOF, A. M.; MORAES, G. H. Impactos da pandemia no aprendizado dos estudantes brasileiros. **Cadernos de Estudos e Pesquisas em Políticas Educacionais**, v. 7, n. 200, 2023.
- CAMANHO, A. et al. The assessment of performance trends and convergence in education and training systems of European countries. **European Journal of Operational Research**, v. 305, n. 2, p. 737-754, 2023.
- CARVALHO, Luciana Duarte Bhering de; SOUSA, Maria da Conceição Sampaio de. Eficiência das escolas públicas urbanas das regiões Nordeste e Sudeste do Brasil: uma abordagem em três estágios. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 44, n. 4, p. 649-684, out./dez. 2014.
- CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. **Econometrica**, v. 50, n. 6, p. 1393-1414, 1982.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.
- COELLI, T. J. et al. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. 2. ed. New York: Springer, 2005.

DELGADO, Victor Maia Senna; MACHADO, Ana Flávia. Eficiência das escolas públicas estaduais de Minas Gerais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 3, p. 427-464, dez. 2007.

FÄRE, R. et al. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. **American Economic Review**, v. 84, n. 1, p. 66-83, 1994.

FÄRE, R. et al. Productivity growth and convergence in the European Union. **Journal of Productivity Analysis**, v. 25, p. 111-141, 2006.

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, p. 155-177, 2008.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society (Series A)**, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.

FRIO, Gustavo Saraiva et al. Eficiência na educação: uma análise por escola no Rio Grande do Sul utilizando o método DEA em dois estágios. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 12, n. 1, p. 74-89, 2018.

GOMES, Adriano Provezano; ERVILHA, Gabriel Teixeira; GOMES, Ana Paula Wendling. Eficiência dos gastos públicos e desenvolvimento educacional nos municípios de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 12, n. 3, p. 364-384, 2018.

HANUSHEK, E. A.; WOESSMANN, L. The economics of international differences in educational achievement. In: HANUSHEK, E. A.; MACHIN, S.; WOESSMANN, L. (ed.). **Handbook of the economics of education**. Amsterdam: Elsevier, 2011. v. 3, p. 89-200.

INEP - INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Censo Escolar da Educação Básica: microdados 2017**. Brasília: INEP, 2017.

INEP - INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Censo Escolar da Educação Básica: microdados 2023**. Brasília: INEP, 2023.

INEP - INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Relatório de resultados Saeb 2023: eixos de qualidade da educação: volume 2** [recurso eletrônico]. - Brasília, DF: Inep, 2026.

INEP - INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB): microdados 2017**. Brasília: INEP, 2017.

INEP - INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB): microdados 2023**. Brasília: INEP, 2023.

LEÃO, Ana Cristina da Conceição. **Eficiência e produtividade da gestão em educação: evidências das escolas públicas do Distrito Federal**. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

LOURENÇO, Rosenery Loureiro et al. Eficiência do gasto público com ensino fundamental: uma análise dos 250 maiores municípios brasileiros. **Contabilidade Vista & Revista**, Belo Horizonte, v. 28, n. 1, p. 89-116, jan./abr. 2017.

MENEZES-FILHO, N. A.; PAZELLO, E. T. Do teachers' wages matter for proficiency? Evidence from a funding reform in Brazil. **Economics of Education Review**, v. 26, n. 6, p. 660-672, 2007.

OLIVEIRA, Guilherme Resende et al. Avaliação de eficiência das escolas públicas. **Economia Aplicada**, v. 21, n. 2, p. 163-184, 2017.

RAMOS, Rubens E. B.; FERREIRA, Getúlio Marques. Analisando retornos de escala usando DEA: um estudo em instituições de ensino tecnológico no Brasil. **GEPROS – Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 5, n. 4, p. 25-38, out./dez. 2007.

RAPOSO, Isabel P. et al. Public school efficiency using data envelopment analysis: an empirical application for the northeast of Brazil. **In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA**, 39., 2011, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: ANPEC, 2011.

ROSANO-PEÑA, Carlos; ALBUQUERQUE, Pedro Henrique Melo; DAHER, Cecílio Elias. Dinâmica da produtividade e eficiência dos gastos na educação dos municípios goianos. **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 6, p. 845-865, nov./dez. 2012.

SALES, Jaqueline Cavalari; PEIXE, Blênio Cezar Severo. Mensuração da eficiência e produtividade da rede estadual de ensino médio. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e37711427525, mar. 2022.

SANTOS, Aline Cunha dos; GOMES, Adriano Provezano; ERVILHA, Gabriel Teixeira. Eficiência e desigualdade em educação no estado de Minas Gerais: uma análise da primeira etapa do PMDI. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, n. 45, 2015.

SCHUSTER, Herivelton Antônio; ZONATTO, Vinicius. Evidências da eficiência de gastos públicos na alocação dos recursos destinados ao ensino fundamental nos estados brasileiros. **Contextus – Revista Contemporânea de Economia e Gestão**, Fortaleza, v. 15, n. 2, p. 8-33, maio/ago. 2017.

SILVA, Jorge Luiz Mariano da; ALMEIDA, Júlio César Lima. Eficiência no gasto público com educação: uma análise dos municípios do Rio Grande do Norte. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, n. 39, p. 223-242, jul./dez. 2012.

SIMAR, L.; WILSON, P. W. A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models. **Journal of Applied Statistics**, v. 27, n. 6, p. 779-802, 2000.

SIMAR, L.; WILSON, P. W. Statistical inference in nonparametric frontier models: recent developments and perspectives. In: FRIED, H. O.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. (ed.). **The measurement of productive efficiency and productivity growth**. Oxford: Oxford University Press, 2008. p. 421-521.

SOARES, Denilson Junio Marques; SANTOS, Wagner dos. Data Envelopment Analysis as a tool for identifying reference schools: a study in the context of high school in a Brazilian state. **Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science**, v. 17, n. 4, p. 314-327, dez. 2024.

WILSON, P. W. Detecting influential observations in data envelopment analysis. **Journal of Productivity Analysis**, v. 6, n. 1, p. 27-45, 1993.

WILSON, P. W. Detecting outliers in deterministic nonparametric frontier models with multiple outputs. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 13, n. 3, p. 319-323, 1995.

WORTHINGTON, A. C. An empirical survey of frontier efficiency measurement techniques in education. **Education Economics**, v. 9, n. 3, p. 245-268, 2001.

ZOGHBI, A. C. et al. Education production efficiency: evidence from Brazilian universities. **Economic Modelling**, v. 31, p. 94-103, 2013.