



REVISTA AMBIENTE CONTÁBIL

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

ISSN 2176-9036

Vol. 18, n. 1, Jan./Jun., 2026

Sítios: <https://periodicos.ufrn.br/index.php/ambiente>

<http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3-06/index.php/Ambiente>

Artigo recebido em: 23.04.2025. Revisado por pares em: 10.09.2026. Reformulado em: 13.10.2025. Avaliado pelo sistema double blind review.

DOI: 10.21680/2176-9036.2026v18n1ID39960

Gastos com tecnologia e os efeitos da pandemia na eficiência dos institutos federais

Technology spending and the effects of the pandemic on the efficiency of federal institutes

El gasto en tecnología y los efectos de la pandemia en la eficiencia de los institutos federales

Autores

Margarez Rodrigues da Silva

Mestra Profissional em Administração e Ciências Contábeis pela FUCEPE Business School. Endereço: Av. Fernando Ferrari, 1358 - Boa Vista, Vitória - ES, 29075-505. Identificadores (ID):

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7376-5974>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8830011615405288>

E-mail: margarezr@gmail.com

Silvania Neris Nossa

Doutora em Administração e Ciências Contábeis pela FUCEPE Business School. Professora da FUCEPE Business School. Endereço: Av. Fernando Ferrari, 1358 - Boa Vista, Vitória - ES, 29075-505. Identificadores (ID):

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8087-109X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9203317132271153>

E-mail: silvanianossa@fucepe.br

Diego Rodrigues Boente

Doutor em Ciências Contábeis pela Universidade de Brasília. Instituição de vínculo atual: FUCEPE Business School. Endereço: Av. Fernando Ferrari, 1358 - Boa Vista, Vitória - ES, 29075-505. Identificadores (ID):

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2970-7427>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1731021438181710>

E-mail: diegorodrigues@fucepe.br

Cristiano de Jesus Sousa de Abreu

Doutor em Administração e Ciências Contábeis pela FUCEPE Business School. Analista Judiciário do Tribunal de Justiça do Maranhão. Endereço: Palácio Clóvis Beviláqua, 2º andar, Praça Dom Pedro II, s/n, Centro, São Luís. CEP: 65.010-905. Identificadores (ID):

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5104-6538>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2736181060195560>

E-mail: cjsa05@hotmail.com

Margarete Rodrigues da Silva, Silvana Neris Nossa, Diego Rodrigues Boente, Cristiano de Jesus Sousa de Abreu e Valdemir da Silva

Valdemir da Silva

Doutorando em Administração e Ciências Contábeis pela FUCAPE Business School. Professor Adjunto da Universidade Federal de Alagoas. Endereço: Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, Maceió - AL, Cep: 57072-970. Identificadores (ID):

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5515-382X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0244765202066217>

E-mail: valdemir.academico@gmail.com

Resumo

Objetivo: Este estudo analisou se os gastos com tecnologia e a pandemia da COVID-19 impactaram a eficiência dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia no período de 2018 a 2021.

Metodologia: Trata-se de uma pesquisa quantitativa, baseada em dados secundários de 38 institutos federais. A eficiência foi mensurada pela técnica não paramétrica de Análise Envoltória de Dados (DEA), complementada pelo Índice de Malmquist para avaliar a produtividade ao longo do tempo, e pela regressão Tobit em painel para identificar determinantes estatisticamente significativos. A amostra totalizou 107 observações distribuídas entre os anos de 2018 e 2021.

Resultados: Cinco institutos mantiveram-se na fronteira eficiente durante todo o período analisado, enquanto a maioria apresentou variações de eficiência associadas a choques externos e capacidade gerencial. O Índice de Malmquist revelou ganhos de produtividade em alguns institutos, ainda que acompanhados de baixa evolução tecnológica. As hipóteses sobre o impacto positivo dos gastos em tecnologia e da pandemia na eficiência não foram confirmadas estatisticamente.

Contribuições do Estudo: O estudo preenche uma lacuna teórica ao articular tecnologia e eficiência institucional no contexto de crises. Do ponto de vista prático, oferece subsídios para que gestores públicos revisem estratégias de alocação de recursos em tecnologia, identifiquem boas práticas e fortaleçam a capacidade institucional de respostas a crises. Os achados também reforçam a importância de avaliações periódicas de eficiência para apoiar decisões estratégicas na rede federal de ensino profissional.

Palavras-chave: Eficiência do gasto; Tecnologia; Desempenho; Institutos Federais; Análise Envoltória de Dados.

Abstract

Purpose: This study analyzed whether technology expenditures and the COVID-19 pandemic affected the efficiency of the Federal Institutes of Education, Science, and Technology between 2018 and 2021. The investigation assumes that technology investments, when properly targeted, can contribute to institutional productivity gains, especially in health crisis scenarios.

Methodology: This is a quantitative study based on secondary data from 38 federal institutes. Efficiency was measured using the nonparametric Data Envelopment Analysis (DEA)

Margareze Rodrigues da Silva, Silvania Neris Nossa, Diego Rodrigues Boente, Cristiano de Jesus Sousa de Abreu e Valdemir da Silva

technique, complemented by the Malmquist Index to assess productivity over time, and Tobit panel regression to identify statistically significant determinants. The sample totaled 107 observations distributed between 2018 and 2021.

Results: Five institutes remained on the efficiency frontier throughout the analyzed period, while most exhibited efficiency variations associated with external shocks and managerial capacity. The Malmquist Index revealed productivity gains in some institutes, although accompanied by limited technological progress. The hypotheses regarding the positive impact of technology expenditures and the pandemic on efficiency were not statistically confirmed.

Contributions of the Study: The study fills a theoretical gap by articulating technology and institutional efficiency in crisis contexts. From a practical perspective, it provides insights for public managers to review technology resource allocation strategies, identify best practices, and strengthen institutional response capacity to crises. The findings also highlight the importance of periodic efficiency evaluations to support strategic decision-making within the federal network of professional education.

Keywords: Expenditure Efficiency; Technology; Performance; Federal Institutes; Data Envelopment Analysis.

Resumen

Objetivo: Este estudio analizó si los gastos en tecnología y la pandemia de la COVID-19 impactaron en la eficiencia de los Institutos Federales de Educación, Ciencia y Tecnología durante el período de 2018 a 2021. La investigación parte del supuesto de que las inversiones tecnológicas, cuando están bien orientadas, pueden contribuir a mejorar la productividad institucional, especialmente en contextos de crisis sanitaria.

Metodología: Se trata de una investigación cuantitativa, basada en datos secundarios de 38 institutos federales. La eficiencia se midió mediante la técnica no paramétrica de Análisis Envolvente de Datos (DEA), complementada por el Índice de Malmquist para evaluar la productividad a lo largo del tiempo, y por la regresión Tobit en panel para identificar determinantes estadísticamente significativos. La muestra totalizó 107 observaciones distribuidas entre los años 2018 y 2021.

Resultados: Cinco institutos se mantuvieron en la frontera eficiente durante todo el período analizado, mientras que la mayoría presentó variaciones de eficiencia asociadas a choques externos y a la capacidad de gestión. El Índice de Malmquist reveló aumentos de productividad en algunos institutos, aunque acompañados de baja evolución tecnológica. Las hipótesis sobre el impacto positivo de los gastos en tecnología y de la pandemia en la eficiencia no fueron confirmadas estadísticamente.

Contribuciones del Estudio: El estudio llena una laguna teórica al articular tecnología y eficiencia institucional en contextos de crisis. Desde un punto de vista práctico, ofrece elementos para que los gestores públicos revisen estrategias de asignación de recursos en tecnología, identifiquen buenas prácticas y fortalezcan la capacidad institucional de respuesta.

ante crisis. Los hallazgos también refuerzan la importancia de realizar evaluaciones periódicas de eficiencia para apoyar decisiones estratégicas en la red federal de educación profesional.

Palabras clave: Eficiencia del gasto; Tecnología; Desempeño; Institutos Federales; Análisis Envolvente de Datos.

1 Introdução

O uso estratégico da tecnologia tem se consolidado como um fator determinante para a eficiência e a sustentabilidade das instituições públicas em diferentes países. Estudos recentes evidenciam que a digitalização contribui para ampliar a produtividade e melhorar a qualidade dos serviços prestados, sobretudo em contextos de restrição de recursos (Elgohary, 2022; Sukmana, 2022). No setor educacional, a incorporação de ferramentas tecnológicas passou a ser vista como um elemento essencial para a manutenção da competitividade e da qualidade institucional (Johnes, 2020).

Com a pandemia da COVID-19, a relevância desses investimentos tornou-se ainda mais evidente. A adoção repentina do ensino remoto revelou limitações estruturais e desigualdades de acesso, exigindo das instituições respostas rápidas e inovadoras (Nanotek & Benu, 2022). No caso brasileiro, esse desafio foi particularmente significativo para a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (Brasil, 2008), que reúne atualmente 654 campi distribuídos por todo o território nacional (Brasil, 2021). Esse crescimento acelerado gerou pressões sobre a qualidade do ensino, da pesquisa e da extensão, ao mesmo tempo em que impôs a necessidade de gerenciamento eficiente dos recursos.

A literatura nacional e internacional aponta para a relevância dos investimentos tecnológicos na promoção do desempenho institucional (Blichfeldt & Faullant, 2021; Yadav & Yadav, 2022). Entretanto, apesar da crescente atenção ao tema, ainda são escassos os estudos que analisam, de maneira integrada, os efeitos da pandemia e dos gastos com tecnologia sobre a eficiência das instituições de ensino. Essa lacuna de pesquisa reforça a importância de investigações que articulem esses dois fatores em um mesmo modelo analítico.

Diante desse cenário, o problema de pesquisa que orienta este estudo é: **os gastos com tecnologia e a pandemia da COVID-19 impactaram a eficiência dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia entre 2018 e 2021?** Dessa forma, o objetivo deste estudo consiste em analisar se os gastos com tecnologia e a pandemia impactaram a eficiência dos institutos federais de Educação, Ciência e Tecnologia no período de 2018 a 2021.

A relevância do estudo reside no fato de que, sob a perspectiva teórica, ele contribui para ampliar a compreensão do papel da tecnologia e das crises sanitárias na eficiência institucional, campo ainda pouco explorado na literatura nacional. Do ponto de vista prático, fornece subsídios para que gestores públicos planejem, de forma mais estratégica, a alocação de recursos em tecnologia, identificando boas práticas e possíveis fragilidades.

Por fim, a contribuição esperada deste artigo é oferecer evidências empíricas inéditas sobre a eficiência dos Institutos Federais em um contexto de crise, destacando o papel da tecnologia como variável de suporte ao desempenho e permitindo que gestores repensem políticas de investimento no setor educacional público.

2 Referencial Teórico

2.1 Desempenho Institucional

A Teoria Institucional é amplamente referenciada nas áreas de economia, administração e contabilidade, fornecendo o arcabouço teórico essencial para a análise do desempenho institucional (Peters, 2000). Essa teoria explica como as organizações moldam seus comportamentos em resposta a pressões externas, normas sociais e expectativas institucionais, buscando legitimidade e estabilidade em ambientes complexos (DiMaggio & Powell, 1983; Kostova *et al.*, 2020). Sob essa perspectiva, as instituições de ensino, como parte do setor público, são influenciadas tanto por regras formais do Estado quanto por valores e práticas socialmente aceitas, condicionando sua capacidade de adaptação e de eficiência.

Nessa linha, o desempenho institucional representa a medida em que uma organização alcança seus objetivos com eficácia e eficiência, considerando fatores internos e externos que afetam suas operações (Marzzoni & Pereira, 2020). Nas instituições de ensino, esse desempenho está intimamente ligado à credibilidade institucional e à confiança dos stakeholders, sobretudo no que se refere a gestão acadêmica e na transparência na aplicação dos recursos públicos (Khan *et al.*, 2020; Sarfraz *et al.*, 2022).

Complementarmente, o estudo de Elgohary (2022) reforça que o desempenho institucional também depende da integração entre governança, inovação e tecnologia. Esse entendimento converge com a perspectiva institucional, segundo a qual organizações que absorvem práticas inovadoras adaptam-se com maior eficácia às demandas ambientais e respondem de modo mais eficiente às expectativas sociais (Blichfeldt & Faullant, 2021; Yadav & Yadav, 2022).

Além desses fatores estruturais, destaca-se o papel das ações voltadas ao corpo discente como elemento influenciador do desempenho institucional. Segundo Bullock e Wilder (2016), atrair e reter alunos requer um compromisso contínuo com a excelência acadêmica. Thornton e Audrey (2008) discutem a competitividade entre instituições, enquanto Rowley e Sherman (2003) e Whitechurch e Gordon (2010) destacam a importância do apoio econômico combinado à qualidade educacional.

2.2 Gastos com Tecnologia

O avanço da digitalização das atividades educacionais pressiona as instituições públicas a gerir seus recursos com transparência e eficiência (Nazarko & Šaparauskas, 2014). No Brasil, os Institutos Federais receberam, entre 2018 e 2021, cerca de R\$ 537 milhões em investimentos em Tecnologia da Informação (TI), valor que representa 16,21% do total aplicado pelo Ministério da Educação (SIOP, 2023). Esse volume de recursos evidencia a relevância da TI como vetor de desempenho institucional, mas também levanta desafios quanto à sua distribuição e à efetividade no uso.

Nesse sentido, Coccia (2019) argumenta que investir em tecnologia não só promove avanços socioeconômicos como também fortalece a governança institucional, especialmente em contextos desafiadores. Portanto, é essencial que os investimentos estejam alinhados aos Planos de Desenvolvimento Institucional e à adoção de uma governança de TI estratégica (Queiroz *et al.*, 2020).

Estudos demonstram que a integração entre tecnologia e educação favorece o desenvolvimento do conhecimento em escala global (Xu & Liu, 2017). No entanto, é necessário considerar críticas relativas à eficiência desses investimentos (So, 2011). Para mitigar essas deficiências, Lin *et al.* (2010) defendem que aumentos nos gastos com TI podem impactar positivamente os resultados educacionais, desde que considerados os contextos nacionais específicos.

A utilização de plataformas digitais, sistemas de informação e *e-learning* transforma a lógica de gestão e aprendizagem. Basak *et al.* (2016) e Naveed *et al.* (2017) mostram que essas tecnologias ampliam a acessibilidade e reduzem custos, enquanto sua combinação com capacitação docente eleva a eficiência institucional e o alcance social (Andonova & Trenovski, 2022). Contudo, tais resultados dependem de políticas institucionais integradas que assegurem suporte técnico, inserção digital e segurança da informação.

2.3 Eficiência Institucional

A eficiência, conforme previsto na Constituição, é um dos princípios norteadores da administração pública, visando assegurar produtividade e qualidade na gestão estatal (Brasil, 1988). Segundo Paludo (2013), esse princípio orienta o uso racional dos recursos públicos, evitando desperdícios e promovendo o bem-estar social.

Diante das múltiplas interpretações do conceito, Chan e Karim (2012) definem a eficiência do gasto público como a capacidade de maximizar os serviços prestados com menores custos, considerando o contexto econômico. Para Mallaye e Gadom (2021), essa abordagem torna-se especialmente relevante em cenários de vulnerabilidade e restrição orçamentária. Mandl *et al.* (2008), por sua vez, destacam que os setores da administração pública apresentam características distintas, exigindo uma análise setorial das práticas de gestão.

Com base nessa premissa, Khan e Murova (2015) ressaltam que os gastos públicos nas áreas sociais têm impacto direto nas políticas públicas, o que justifica a mensuração da eficiência. Além disso, instituições orientadas por princípios de governança, como o combate à corrupção e a transparência, tendem a apresentar maior eficiência (Rajkumar & Swaroop, 2008).

A eficiência técnica, por sua vez, envolve a alocação adequada dos recursos disponíveis, otimizando as entradas para gerar as saídas desejadas (Itoh, 2002). Estudos como os de Almeida e Almeida Filho (2014) analisaram a eficiência das escolas federais por meio dos microdados do Censo Escolar e do Enem, destacando o desempenho do estado do Espírito Santo. Rodrigues *et al.* (2018) utilizaram a DEA para mensurar a eficiência de nove unidades do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, identificando *benchmarks* e metas para as unidades consideradas ineficientes.

A compreensão da eficiência institucional, de forma multidimensional, é resultado da integração entre variáveis estruturais, tecnológicas e humanas, o que supera análises tradicionais centradas apenas em indicadores financeiros (Aparicio *et al.*, 2019). Dessa forma, esta pesquisa propõe investigar se os IFs que investem mais em tecnologia apresentam níveis mais elevados de eficiência institucional, formulando a seguinte hipótese:

H1: Os Institutos Federais que investem mais em tecnologia apresentam níveis mais elevados eficiência institucional.

2.4 Pandemia da COVID-19

A pandemia da COVID-19 impôs desafios inéditos à gestão das instituições de ensino, exigindo respostas rápidas e eficazes (Engzell, Frey & Verhagen, 2021; Tomasik, Helbling & Moser, 2021). Esse cenário mostrou que as instituições com melhor estrutura e maturidade digital apresentaram níveis superiores de desempenho, enquanto outras, com menor nível de infraestrutura, revelaram perdas significativas (Kim *et al.*, 2021), o que revela o impacto heterogêneo, variando conforme a capacidade de gestão, a utilização de recursos tecnológicos e qualificação dos docentes

Essa diversidade de resultados gerou uma série de intervenções não farmacológicas, incluindo o fechamento de instituições educacionais em diferentes níveis, o que impactou significativamente o processo de aprendizagem (Haug *et al.*, 2020). Embora eficaz para conter a propagação do vírus, essa medida teve como efeito colateral a descontinuidade do ensino presencial, não compensada integralmente pelo ensino remoto.

Engzell *et al.* (2021) identificaram “perda de aprendizagem” em escolas primárias holandesas, sobretudo entre alunos de menor nível socioeconômico, revelando desigualdades ampliadas pela pandemia. De forma semelhante, Kim *et al.* (2021) constataram queda significativa no desempenho de estudantes de Medicina na Coreia do Sul durante três semestres de ensino remoto. Tomasik *et al.* (2021), ao analisarem 28.685 alunos, observaram que os impactos variaram por nível de ensino: estabilidade no secundário e queda acentuada no fundamental.

A partir de uma revisão sistemática, Panagouli *et al.* (2021) confirmaram perdas de aprendizagem no ensino online, embora alguns estudantes tenham se beneficiado, sobretudo em matemática. Os resultados indicam que crianças pequenas e estudantes com necessidades educacionais especiais foram os mais afetados, conforme apontado por pais e cuidadores.

Assim, a pandemia da COVID-19 expôs fragilidades na capacidade de gestão, acelerou os processos de inovação e aprendizado organizacional, o que contribuiu para a tecnologia como direcionadora de eficiência e resiliência (Sarfaz, Qun & Ivascu, 2022). Diante desse contexto multifacetado e de seus impactos sobre a educação, esta pesquisa formula a seguinte hipótese:

H₂: A pandemia afetou negativamente a eficiência dos Institutos Federais.

3 Procedimentos Metodológicos

3.1 Enquadramento, Universo da Pesquisa e Tratamento dos Dados

Esta pesquisa é explicativa e quantitativa, baseada em dados secundários, conforme Hammes Junior (2019), buscando compreender variáveis que influenciam a eficiência dos gastos em tecnologia no desempenho institucional antes e durante a pandemia (Theóphilo & Martins, 2009). A abordagem quantitativa utiliza procedimentos estatísticos para descrever e explicar tais relações (Richardson *et al.*, 1999), ancorando-se em fontes oficiais que conferem legitimidade à análise.

O universo da pesquisa abrange os 38 Institutos Federais distribuídos nas 27 unidades federativas, conforme a Lei nº 11.892/2008, totalizando 644 campi e 10.878 cursos, incluindo unidades avançadas de pós-graduação e pesquisa. O período de 2018 a 2021 foi escolhido pela

disponibilidade e padronização dos dados na Plataforma Nilo Peçanha e no Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento, que fornecem informações detalhadas sobre docentes, discentes, infraestrutura e execução orçamentária.

Os dados coletados referem-se, especificamente, aos cursos tecnológicos oferecidos pelas instituições federais. As variáveis financeiras derivam de repasses do Governo Federal. A organização e o tratamento dos dados foram realizados no Microsoft Excel®, enquanto as análises estatísticas, incluindo estatística descritiva, escores de eficiência e inferências, foram conduzidas no software Stata®. Dessa forma, esta seção apresenta o delineamento metodológico que sustenta a investigação empírica, assegurando rigor analítico e a validade dos resultados discutidos nas seções seguintes.

3.2 Modelos Utilizados

Para atingir os objetivos delineados, esta pesquisa adota uma metodologia dividida em três etapas. Na primeira etapa, emprega-se a DEA para mensurar a eficiência dos IFs no período de 2018 a 2021. Essa técnica, de natureza não paramétrica, considera como *inputs*: gastos com investimentos (GINV), número de alunos matriculados (NAM), titulação dos docentes (TD) e gasto corrente por matrícula (GCM); e como *outputs*: número de cursos ofertados (NCO) e número de alunos concluintes (NAC).

Na sequência, a evolução da eficiência é analisada por meio do índice de Malmquist, observando-se as alterações entre os períodos pré e durante a pandemia. Por fim, emprega-se o modelo de regressão para testar as hipóteses H_1 e H_2 , que tratam da influência dos gastos em tecnologia e da pandemia sobre a eficiência institucional.

3.2.1 Análise Envoltória de Dados e o Índice de Malmquist

A DEA, formulada por Charnes *et al.* (1978), tem sido amplamente utilizada para aferir a eficiência técnica em instituições de ensino (Aoki *et al.*, 2010). No Brasil, destacam-se aplicações voltadas ao Ensino Médio e instituições tecnológicas (Ramos & Ferreira, 2007). A presente pesquisa utiliza o modelo CCR com retornos constantes de escala, orientado para *outputs*, considerando seis variáveis e 38 DMUs (*Decision Making Unit*) ao longo de quatro anos.

Para analisar a eficiência ao longo do tempo, empregou-se o índice de Malmquist, idealizado por Malmquist (1953) e posteriormente difundido por Caves *et al.* (1982). Esse índice avalia variações na eficiência técnica (TECH), mudanças tecnológicas (TECCH) e produtividade total dos fatores (TEFPCH), com base nos estudos de Färe *et al.* (1994) e Coelli *et al.* (1998).

Para validar este estudo, outros autores, como Jing e Shen (2011), utilizaram o índice de Malmquist com o modelo DEA – BCC – CCR; nesse sentido, analisaram 30 instituições de ensino na China entre 2004 e 2008 e confirmaram que os resultados apoiaram e facilitaram a tomada de decisão dos gestores (Barros & Amaral, 2022).

3.2.2 Modelo de Regressão

A econometria tem como princípio básico o desenvolvimento de métodos estatísticos para avaliar relações econômicas, testar teorias e implementar políticas públicas e empresariais

(Wooldridge, 2010). Para testar as hipóteses definidas neste estudo, o modelo estimado foi dado pela Equação 1:

$$Eficiência_{it} = \beta_0 + \beta_1 GT_{it-1} + \beta_2 DPAND_{it} + \sum_{k=3}^{12} \beta_k (EAC_{it} + DRegSul_{it} + DRegSE_{it} + DRNE_{it} + DRCE_{it} + PSEXOF_{it} + PCORB_{it} + PCORP_{it} + PCORA_{it} + CORL_{it}) + \xi_{it} \quad (1)$$

Em que “Eficiência” refere-se à variável dependente, estimada pela DEA; “GT_{it}⁻¹” (gasto com investimento do período anterior em tecnologia) representa os valores executados de investimentos destinados à tecnologia; “EAC” corresponde à taxa de eficiência acadêmica, variável de controle; “Pandemia” é uma *dummy* para os anos de pandemia da COVID-19, recebendo valor 1 em 2020 e 2021, e zero nos demais anos da amostra; “Controle” indica o vetor de variáveis de controle utilizadas no estudo, como região da IF, distribuição étnica e sexo, conforme a literatura (Rodrigues *et al.*, 2018; Rocha & Funchal, 2019); e, por fim, o termo de erro da regressão indicado por “ ε ”.

Devido à natureza da análise, utiliza-se o estimador Tobit em painel, uma vez que a variável dependente, calculada pela DEA, está limitada entre 0 e 1, apresentando valores decimais entre esses limites. Para testar as hipóteses deste estudo, são esperadas as relações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1

Resumo das hipóteses.

Hipótese	Variável	Tipo	Sinal esperado
H ₁ : Os institutos federais que investem mais em tecnologia têm a eficiência mais elevada.	GT _{it} ⁻¹	Explicativa	+
H ₂ : A pandemia afetou negativamente a eficiência dos institutos federais.	DPAND _{it}	Explicativa	-

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Para compor o modelo DEA e avaliar a eficiência relativa de cada instituto federal, foram selecionados indicadores classificados na literatura como *inputs* (insumos) e *outputs* (produtos), os quais representam aspectos relevantes da estrutura e dos resultados de cada unidade.

- O indicador GINV expressa o percentual de gastos com investimentos em relação ao total de gastos da instituição (Rocha & Funchal, 2019).
- O NAM corresponde à quantidade de alunos efetivamente matriculados em cada instituto por ano (Uemura & Comini, 2022; Sarfraz *et al.*, 2022; Johnes *et al.*, 2020).
- A TD indica o grau de titulação do corpo docente de cada instituição (Aparicio *et al.*, 2019; Segovia Gonzalez *et al.*, 2020).
- O GCM refere-se ao custo médio de cada matrícula na instituição (Munoz, 2016; Machado *et al.*, 2018; Feres *et al.*, 2016).
- O NCO representa a quantidade de cursos oferecidos em cada instituto (Uemura & Comini, 2022; Sarfraz *et al.*, 2022).
- O número de alunos concluintes (NAC) apresenta o percentual de alunos concluintes no ciclo em cada instituto (Furtado & Campos, 2015; Parente *et al.*, 2021).

Margarez Rodrigues da Silva, Silvania Neris Nossa, Diego Rodrigues Boente, Cristiano de Jesus Sousa de Abreu e Valdemir da Silva

Para facilitar a compreensão da estrutura do modelo DEA, a Tabela 2 resume e sistematiza os indicadores considerados neste modelo, apresentando suas classificações como *input* ou *output*.

Tabela 2

Indicadores que serão utilizados na DEA.

Indicadores	Tipo	Fórmula	Fonte
GINV	Input	$GCI [\%] = \frac{GCI}{Gastos}$	PNP
NAM	Input	Número de alunos matriculados por instituto	PNP
TD	Input	$ITCD = \frac{Gx1 + Ax2 + Ex3 + Mx4 + Dx5}{G + A + E + M + D}$	PNP
GCM	Input	$GCM = \frac{Gasto_corrente}{Matrículas_equivalentes}$	PNP
NCO	Output	Número de curso ofertados em cada instituto	PNP
NAC	Output	Percentual de alunos concluintes no ciclo.	PNP

PNP: Plataforma Nilo Peçanha.

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Para investigar os fatores que podem influenciar a eficiência observada em cada instituição, a Tabela 3 apresenta as variáveis consideradas no modelo de regressão, organizado entre variáveis dependentes, independentes e de controle, conforme abordado na segunda etapa da análise deste estudo.

Tabela 3

Variáveis utilizadas no modelo de regressão.

Sigla	Variável dependente	Descrição	Sinal esperado	Fonte
Eficiência	Eficiência	Variável truncada ou censurada, podendo assumir valores fracionários entre 0 e 1	+	DEA
GT	Gastos com tecnologia	Valores executados com despesas de tecnologia da informação	+	SIOP
DPAND	Durante a pandemia	Dummy que assume valor 1 para o período após 2019	+	-
EAC	Taxa de eficiência acadêmica	A proporção de concluintes frente ao total de matrículas finalizadas no IF, mais o somatório do resultado da divisão da evasão do ciclo multiplicado pelo fator de retenção do ciclo		PNP
DSul	Região sul	Regiões onde estão localizados os institutos		PNP
DSudeste	Região sudeste	Regiões onde estão localizados os institutos		PNP
DCentro oeste	Região centro-oeste	Regiões onde estão localizados os institutos		PNP
DNordeste	Região nordeste	Regiões onde estão localizados os institutos		PNP
Pbranco	Branca	Cor/raça		PNP
Pindig	Indígena	Cor/raça		PNP
Ppard	Parda	Cor/raça		PNP
PFemin	Feminino	Sexo		PNP

SIOP: Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento; PNP: Plataforma Nilo Peçanha.

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

A partir da definição e sistematização dos indicadores e variáveis considerados nos modelos não paramétricos (DEA) e paramétrico (regressão), procede-se à análise dos dados

com o objetivo de apresentar uma visão geral das características das variáveis observadas ao longo dos anos analisados.

4 Resultados e Análises

4.1 Estatística Descritiva

A Tabela 4 apresenta a estatística descritiva das variáveis utilizadas na mensuração da eficiência por meio do modelo DEA, considerando 107 observações. Observa-se que os IFs mais eficientes atingiram escores que variaram de 0,55 a 1,00, com média de 0,85. Essa variabilidade revela um cenário relativamente homogêneo, destacando-se os institutos mais eficientes, que apresentaram desvio padrão de 0,13. Esse resultado é consistente com o observado no contexto educacional de Soares e Santos (2024), que identificaram, em 2017 e 2018, instituições de ensino com eficiência média em torno de 0,86.

Tabela 4

Estatística descritiva

Variáveis	Obs.	Mín.	p25	Média	DP	p75	Máx.
Eficiência	107	0,55	0,73	0,85	0,13	1	1
EAC	107	32,92	49,18	57,32	11,40	62,87	86,20
Gasto com tecnologia	107	0,02	0,76	1,16	0,54	1,54	2,35
Gastos com investimento	107	1,48	2,14	2,51	0,56	2,82	3,83
Alunos concluintes	107	21,66	38,39	45,41	11,12	49,66	84,47
Cursos ofertados	107	73,00	173,00	268,95	147,12	319,00	801,00
Alunos matriculados	107	5751,00	16564,00	33134,56	49482,59	34987,00	454434,00
Titulação docente	107	3,66	4,04	4,17	0,21	4,35	4,52
Gasto corrente por matrícula	107	6959,22	13720,46	15801,27	3342,26	17917,27	24001,36
Pamar	107	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,19
Pbran	107	0,02	0,13	0,26	0,17	0,36	0,76
Pindig	107	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,16
Ppard	107	0,00	0,26	0,38	0,17	0,52	0,71
PFemin	107	0,42	0,46	0,51	0,05	0,53	0,64
dpandemia	107	0,00	0,00	0,67	0,47	1	1

DP: Desvio padrão; EAC: eficiência acadêmica.

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Os gastos médios com investimentos foram de R\$ 2,51, variando entre R\$ 1,48 e R\$ 3,83, possivelmente refletindo maior oferta de cursos e número de matrículas. A titulação docente apresentou média de 4,17 (escala 1 a 5), indicando predominância de mestres. Embora docentes mais qualificados agreguem valor acadêmico, Parente (2023) destaca que altos níveis de qualificação podem reduzir a eficiência, pois elevam custos e ampliam o foco em pesquisa, nem sempre revertendo-se em melhores indicadores de ensino.

O gasto corrente por matrícula apresentou média de R\$ 15.801,27, variando entre R\$ 6.959,22 e R\$ 24.001,36. Essas diferenças podem estar relacionadas à presença de estudantes internos. Os dados demográficos apontaram que 38% dos alunos se autodeclararam pardos, 26% brancos e cerca de 50% pertencem ao sexo feminino, evidenciando a diversidade estudantil nos IFs. Conforme estabelecido na metodologia, os *inputs* considerados foram: gastos com investimentos, número de alunos matriculados, titulação do corpo docente e gasto por matrícula. Os *outputs*, por sua vez, foram NCO e número de concluintes. A Tabela 5 apresenta os escores de eficiência dos IFs entre 2018 e 2021, obtidos por meio da DEA.

Tabela 5

Gastos em Investimentos

Institutos federais	2018	2019	2020	2021
IF Baiano	0,884	0,985	1,000	0,800
IF Farroupilha	0,673	1,000	0,903	0,737
IF Goiano	0,731	0,728	0,876	0,863
IF Sertão Pernambucano	0,949	1,000	0,921	1,000
IF Sudeste MG	0,737	0,701	0,824	0,942
IFSULDEMINAS	0,609	0,927	1,000	1,000
IFAC	0,808	1,000	0,789	0,777
IFAL	0,754	0,721	0,743	0,658
IFAM	0,750	0,806	0,838	0,898
IFAP	1,000	1,000	1,000	1,000
IFB	0,671	0,675	0,779	0,757
IFBA	0,743	0,611	0,623	0,632
IFC	0,766	0,731	0,824	0,805
IFCE	0,968	1,000	1,000	1,000
IFES	0,746	0,840	0,867	0,977
IFF	0,575	0,801	0,778	0,729
IFG	0,947	0,739	0,731	0,677
IFMA	0,992	1,000	1,000	1,000
IFMG	0,673	0,809	0,844	1,000
IFMS	1,000	0,733	0,656	0,639
IFMT	0,798	0,816	0,865	0,698
IFNMG	1,000	1,000	1,000	1,000
IFPA	1,000	1,000	1,000	1,000
IFPB	0,493	0,551	0,688	0,731
IFPE	0,639	0,717	0,703	0,698
IFPI	1,000	1,000	1,000	1,000
IFPR	0,791	0,837	0,878	0,715
IFRJ	0,482	0,675	0,630	0,619
IFRN	1,000	1,000	1,000	0,969
IFRO	1,000	0,803	0,852	0,855
IFRR	1,000	1,000	1,000	1,000
IFRS	0,866	0,991	1,000	1,000
IFS	0,595	0,649	0,662	0,720
IFSC	1,000	1,000	0,853	0,951
IFSP	1,000	1,000	0,924	1,000
IFSUL	0,707	0,684	0,617	1,000
IFTM	0,798	0,923	0,982	0,937
IFTO	0,597	0,724	0,846	0,882
Média	0,809	0,847	0,855	0,860
DP	0,163	0,143	0,127	0,138

DP: Desvio padrão.

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Em 2018, 26% dos IFs (10 de 38) atingiram eficiência plena, com destaque para o IFSC, IFRO, IFNMG, IFAP, IFRN, IFPI, IFRR, IFMS, IFPA e IFSP. Outros 21 apresentaram escores abaixo da média, sendo o IFPB e o IFRJ os menos eficientes. Os demais 28 institutos operaram abaixo da fronteira, com escore variando de 0,482 (IFRJ, o mais baixo) a 0,992. Esse achado é semelhante ao que foi reportado por Soares e Santos (2024) em sua avaliação do ensino médio brasileiro.

No ano seguinte, oito IFs mantiveram a eficiência plena, enquanto outros cinco a alcançaram, incluindo o IF Farroupilha, o IF Sertão Pernambucano e IFMA. Houve, portanto, uma ampliação do conjunto de instituições de referência, totalizando treze eficientes. A eficiência média subiu de 0,809, em 2018, para 0,847, em 2019, representando um aumento relativo de 4,7%.

Em 2020, mesmo sob o impacto da pandemia de COVID-19, 11 IFs foram plenamente eficientes, com destaque para o IFRO e o IFSC, que obtiveram escores próximos à média, embora tenham registrado queda em relação a anos anteriores. O IFSC passou de 1,00 em 2019 para 0,853 em 2020, e o IFSP, de 1,0 para 0,924. Em 2021, 13 IFs atingiram eficiência máxima, incluindo IFAP, IFNMG, IFPA, IFPI, IFRR, IFMA, IFCE e IFSP. O IF Goiano apresentou desempenho próximo à média (0,863), enquanto o IFBA (0,632) e o IFRJ (0,619) continuaram entre os menos eficientes.

Cabe destacar que os institutos IFAP, IFNMG, IFPA, IFPI e IFRR mantiveram eficiência plena em todos os anos analisados. Essas instituições configuram-se, neste estudo, como referências de boas práticas, pois conseguiram aproveitar de forma ótima seus insumos para gerar resultados favoráveis, mesmo em contextos adversos. Esse resultado ecoa o conceito de “unidade de referência” discutido por Soares e Santos (2024).

4.2 Índices de Malmquist

A Tabela 6 apresenta os resultados do índice de Malmquist para os IFs no período de 2018 a 2021, com base nos parâmetros TFPCH (mudança na produtividade total dos fatores), ECH (mudança na eficiência técnica) e TECCH (mudança tecnológica), conforme Färe *et al.* (1994) e Coelli *et al.* (1998). Resultados superiores a 1 indicam evolução, inferiores a 1 indicam regressão e iguais a 1 indicam manutenção dos níveis.

Tabela 6

Índice de Malmquist (2018–2021)

Institutos federais	2018–2019			2019–2020			2020–2021		
	TFPCH	TECH	TECCH	TFPCH	TECH	TECCH	TFPCH	TECH	TECCH
IF Goiano	0,91	1,04	0,87	1,09	1,15	0,94	0,93	0,99	0,94
IFB	0,92	1,00	0,91	0,98	1,05	0,93	0,95	1,00	0,95
IFG	0,80	0,84	0,96	0,94	1,02	0,93	0,97	0,99	0,97
IFMS	0,73	0,79	0,92	1,00	0,96	1,04	1,08	1,14	0,94
IFMT	0,89	1,02	0,87	1,00	1,06	0,94	0,81	0,81	1,00
IF Baiano	1,11	1,10	1,01	1,01	1,02	0,99	0,75	0,75	1,00
IF Sertão PE	0,98	1,00	0,98	0,95	1,00	0,95	1,02	1,00	1,02
IFAL	0,90	0,95	0,95	0,90	1,03	0,88	0,88	0,89	1,00
IFBA	0,78	0,82	0,94	1,01	1,04	0,97	0,94	1,01	0,93
IFCE	1,03	1,03	1,00	0,94	1,00	0,94	0,83	1,00	0,83
IFMA	0,94	1,03	0,91	0,98	1,00	0,98	0,95	1,00	0,95
IFPB	1,02	1,11	0,92	1,20	1,25	0,96	0,94	1,03	0,92
IFPE	1,01	1,16	0,87	0,97	0,99	0,98	0,96	1,00	0,97
IFPI	1,06	1,00	1,06	1,17	1,00	1,17	0,81	1,00	0,81
IFRN	0,92	1,00	0,92	0,98	1,00	0,98	0,93	1,00	0,93
IFS	1,00	1,09	0,92	0,98	1,00	0,98	1,06	1,11	0,96
IFAC	0,91	0,94	0,96	0,92	1,03	0,89	0,88	0,99	0,89
IFAM	0,94	1,08	0,88	0,93	1,04	0,90	1,02	1,07	0,95
IFAP	0,88	1,00	0,88	0,84	1,00	0,84	0,90	1,00	0,90

Margarez Rodrigues da Silva, Silvania Neris Nossa, Diego Rodrigues Boente, Cristiano de Jesus Sousa de Abreu e Valdemir da Silva

IFPA	0,87	1,00	0,87	0,99	1,00	0,99	1,01	1,00	1,01
IFRO	0,67	0,80	0,84	1,09	1,06	1,03	1,01	1,05	0,96
IFRR	1,25	1,13	1,10	0,86	1,00	0,86	1,10	1,00	1,10
IFTO	1,15	1,19	0,96	1,10	1,19	0,93	1,05	1,03	1,01
IF Sudeste MG	0,88	0,95	0,93	1,05	1,18	0,89	1,03	1,13	0,91
IFSULDEMINAS	1,09	1,22	0,89	1,25	1,00	1,25	1,15	1,00	1,15
IFES	1,00	1,12	0,89	0,97	1,03	0,94	1,14	1,13	1,01
IFF	1,31	1,38	0,94	0,89	0,97	0,92	0,91	0,93	0,97
IFMG	1,02	1,20	0,85	0,93	1,04	0,89	1,24	1,18	1,05
IFNMG	0,93	1,00	0,93	1,06	1,00	1,06	0,93	1,00	0,93
IFRJ	1,30	1,31	0,99	0,85	0,95	0,90	0,95	0,98	0,97
IFSP	0,93	1,00	0,93	0,86	0,92	0,93	0,97	1,08	0,90
IFTM	1,06	1,13	0,94	1,07	1,14	0,93	0,88	0,94	0,94
IF Farroupilha	1,45	1,44	1,00	0,79	0,90	0,89	0,83	0,84	0,98
IFC	0,94	0,95	0,99	0,94	1,10	0,86	0,96	0,98	0,98
IFPR	0,97	1,06	0,92	0,97	1,05	0,92	0,77	0,81	0,95
IFRS	1,12	1,07	1,04	1,23	1,00	1,23	1,13	1,00	1,13
IFSC	0,98	1,00	0,98	0,79	0,85	0,93	1,02	1,13	0,90
IFSUL	0,90	0,93	0,97	0,97	1,01	0,96	1,70	1,44	1,18

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

De modo geral, entre 2018 e 2019, 14 IFs apresentaram crescimento da produtividade (TFPCH). Esse número caiu para 12 no biênio 2019–2020 e subiu para 15 no período de 2020–2021, sinalizando tendência de recuperação. Quanto à eficiência técnica (ECH), observou-se evolução em 20 IFs no primeiro período, 19 no segundo e 13 no terceiro, refletindo os impactos da pandemia. A mudança tecnológica (TECCH) apresentou desempenho inferior: apenas quatro IFs evoluíram entre 2018 e 2019, seis entre 2019 e 2020, e nove entre 2020 e 2021.

Esse resultado sugere que, mesmo diante da ampliação do ensino remoto durante a pandemia, a fronteira de eficiência não se deslocou para cima em muitos casos, possivelmente porque as inovações adotadas foram emergenciais e não necessariamente elevaram o patamar máximo de produtividade possível. Esse contexto de baixa mudança tecnológica se aproxima do cenário apresentado no estudo de Brintseva (2024), ao revelar que instituições de ensino polonesas e ucranianas tiveram um ganho excepcional de 11,7% entre 2019 e 2020, seguido de uma queda de 3% entre 2020 e 2021.

O IFTO destacou-se por apresentar avanços simultâneos em produtividade e eficiência técnica nos três períodos analisados. Outros institutos, como o IFSULDEMINAS, IFMG, IFRS e IFSUL, também apresentaram ganhos relevantes, especialmente no recorte final de 2020–2021. Os dados evidenciam que, apesar das adversidades provocadas pela pandemia, parte dos IFs conseguiu manter ou ampliar seus níveis de eficiência produtiva. Contudo, a estagnação tecnológica em diversos casos, aponta para a necessidade de políticas institucionais voltadas à inovação e à digitalização dos processos educacionais.

4.3 Análise de Correlação

A Tabela 7 apresenta os resultados do teste de correlação de Pearson entre as variáveis utilizadas no modelo. Observa-se correlação positiva e significativa, ao nível de 10%, entre a eficiência e a taxa de EAC, o NAM e os NCO. Em termos práticos, esses resultados sugerem que desempenhos acadêmicos superiores e uma maior estrutura de oferta influenciam

Margarez Rodrigues da Silva, Silvania Neris Nossa, Diego Rodrigues Boente, Cristiano de Jesus Sousa de Abreu e Valdemir da Silva

positivamente a eficiência dos institutos, provavelmente porque aproveitam melhor os recursos e convertem insumos em resultados com menos desperdício.

Tabela 7

Correlação de Pearson entre as variáveis

Variável	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Eficiência (1)	1									
EAC (2)	0,385*	1								
NAM (3)	0,228*	0,187*	1							
NCON (4)	0,553*	0,719*	0,336*	1						
NCO (5)	0,446*	0,034	0,312*	0,061	1					
TD (6)	-0,137	0,007	0,263*	0,216*	0,067	1				
GCM (7)	-0,269*	-0,022	-0,342*	-0,078	-0,348*	0,129	1			
lag GT (8)	-0,025	0,130	0,180*	-0,055	0,4307	0,162*	-0,006	1		
GINV w (9)	-0,087	0,222*	0,069	0,033	0,417*	0,195*	-0,032	0,629*	1	
DPAND (10)	0,047	-0,030	0,120	-0,138	0,017	0,172*	0,012	0,286*	0,042	1

EAC: Eficiência acadêmica; NCON: número de alunos concluintes; NAM: número de alunos matriculados; NCO: cursos ofertados; TD: titulação docente; GCM: gasto corrente por matrícula; GT: gastos com tecnologia; GINV: gastos com investimentos; DPAND: durante a pandemia.

*Estatisticamente significativo no nível de 10%.

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Identificou-se correlação negativa da eficiência com TD, GT e GINV, indicando que esses fatores, isoladamente, não asseguram ganhos de eficiência. A relação negativa entre TD e eficiência corrobora Parente (2023), sugerindo que docentes mais titulados dedicam tempo a atividades não captadas pelos indicadores de saída. Além disso, salários mais altos elevam custos sem proporcional aumento de concluintes, o que pode reduzir a eficiência mensurada. Isso não torna a qualificação indesejável, mas evidencia que, sob métricas quantitativas, instituições com quadros mais qualificados podem parecer menos eficientes se não converterem essa qualificação em resultados tangíveis.

O gasto corrente por matrícula também apresentou correlação negativa, reforçando que custos unitários menores tendem a elevar os níveis de eficiência. Observa-se ainda uma correlação positiva entre GT e o período da pandemia (DPAND), evidenciando a importância da tecnologia em períodos de restrição presencial.

4.4 Análise de Regressão

A Tabela 8 apresenta os resultados do modelo de regressão Tobit em painel, estimado para verificar os determinantes dos escores de eficiência dos IFs e, em especial, testar as hipóteses H1 (influência positiva de gastos tecnológicos) e H2 (influência negativa da pandemia). Os coeficientes estimados confirmam vários dos padrões já apresentados na análise descritiva (Tabela 4) e de correlação (Tabela 7), ao mesmo tempo em que trazem *insights* adicionais sobre a significância estatística de cada efeito.

Inicialmente, observou-se que nenhuma das variáveis diretamente relacionadas às hipóteses principais revelou efeito significativo. O coeficiente do *lag* de Gastos em Tecnologia (*lag* GT), que representa o impacto do investimento em TICs do ano anterior sobre a eficiência corrente, mostrou-se negativo e estatisticamente insignificante. Já o coeficiente da *dummy* DPAND, que identifica observações do período pandêmico, 2020–2021, foi positivo, mas também sem significância estatística. Isso indica que, controlando pelos demais fatores, não se

pode afirmar que gastar mais em tecnologia tenha aumentado a eficiência, nem que a pandemia, em si, tenha contribuído para a redução ou aumento da eficiência média dos IFs.

Tabela 8

Modelo de Regressão Tobit

Eficiência	Coefficiente	Erro padrão	z	p
lag GT	-0,0246	0,0193	-1,28	0,2020
EAC	0,0030	0,0009	3,26	0,0010
DPAND	0,0262	0,0203	1,29	0,1970
DSul	-0,0375	0,0315	-1,19	0,2330
DSudeste	-0,0156	0,0324	-0,48	0,6300
DCentro-Oeste	-0,0824	0,0339	-2,43	0,0150
DNordeste	0,0621	0,0350	1,77	0,0760
Pbran	-0,0277	0,0746	-0,37	0,7110
Pindig	0,0846	0,4740	0,18	0,8580
Ppard	-0,0034	0,0814	-0,04	0,9670
Pfemin	-0,0812	0,1986	-0,41	0,6830
Cons	0,8257	0,1567	5,27	0,0000
/ σ_u	0,2124	0,0223	9,53	0,0000
/ σ_e	0,0793	0,0070	11,36	0,0000
Rho	0,8775	0,0276	0,8149	0,9235
Observações	107			
Pseudo R²	0.694335			

Fonte: Dados da Pesquisa (2023)

Por sua vez, a variável GT apresentou sinal negativo e não significativo, indicando que apenas investir em tecnologia não é suficiente para aumentar a eficiência. Esse resultado não corrobora o estudo de Kosasi *et al.* (2020), o qual afirma que, para que as instituições alcancem êxito em seus resultados e assegurem, consequentemente, bons indicadores, os investimentos em tecnologia tornam-se inegáveis.

As variáveis de composição discente não apresentaram efeitos significativos nos escores de eficiência, indicando que diferenças étnico-raciais ou de gênero não explicam variações de desempenho e sugerindo ausência de viés estrutural. O modelo Tobit, com Pseudo R² de 0,694 e parâmetros significativos, confirmou adequação do modelo e heterogeneidade institucional. A regressão destacou que investimentos em tecnologia devem ser qualificados (Guo & Ye, 2025), que o impacto médio da pandemia foi nulo frente a cenários internacionais (Brintseva, 2024) e que fatores institucionais não modelados influenciam a eficiência, reforçando a necessidade de realocar recursos com base em desempenho (Parente, 2023).

Os achados deste estudo reforçam contribuições teóricas e práticas ao evidenciarem que maiores gastos não garantem eficiência, sendo os ganhos decorrentes, sobretudo, de melhorias gerenciais (Parente, 2023). Enquanto não se verificou efeito significativo da pandemia, pesquisas europeias apontaram impactos negativos (Brintseva, 2024), destacando a influência do contexto institucional. Na prática, recomenda-se que investimentos tecnológicos sejam planejados com capacitação e reengenharia de processos, aliados a avaliações periódicas que orientem decisões baseadas em evidências, fortalecendo a accountability no gasto educacional (Andonova & Trenovski, 2022).

4.5 Discussão dos Resultados

A aplicação do modelo DEA revelou que os institutos IFAP, IFNMG, IFPA, IFPI e IFRR alcançaram eficiência plena (índice 1) entre 2018 e 2021, configurando-se como

referência para as demais instituições. Em contrapartida, o IFPB e o IFRJ registraram os menores escores em 2018 (0,493 e 0,482, respectivamente), evidenciando desafios significativos.

A análise longitudinal, utilizando o índice de Malmquist, demonstrou que 12 institutos apresentaram tendência de queda na produtividade entre 2020 e 2021. Em sentido oposto, o IFTO destacou-se positivamente por obter resultados superiores a 1 nos três períodos analisados, sugerindo ganhos em produtividade e eficiência técnica. Esse desempenho contribui para decisões institucionais estratégicas, conforme argumentam Barros e Amaral (2022).

No que se refere à hipótese H₁, os resultados indicam que maiores investimentos em tecnologia não garantem, por si sós, maior eficiência institucional. Embora relevantes, tais investimentos exigem um ecossistema educacional mais integrado, conforme apontam Xu e Liu (2017). Coccia (2019) reforça que a tecnologia promove avanços socioeconômicos e melhora a governança, mas seu impacto depende de condições estruturais e da estabilidade do financiamento público, severamente comprometido nos anos analisados.

O estudo também corrobora Andonova e Trenovski (2022), ao destacar a necessidade de avaliações periódicas de eficiência no setor educacional. Por fim, apesar da expectativa de que a pandemia afetaria negativamente a eficiência (H₂), essa hipótese foi rejeitada. Contextualizando com estudos externos, esse resultado converge com os achados de Panagouli *et al.* (2021), que apontam benefícios do ensino remoto em algumas instituições de ensino.

5 Considerações Finais

Os resultados obtidos neste estudo permitiram responder à problemática de pesquisa proposto: os gastos com tecnologia e a pandemia da COVID-19 não apresentaram efeito estatisticamente significativo sobre a eficiência média dos Institutos Federais entre 2018 e 2021. A análise evidenciou que as melhorias de eficiência observadas decorreram, especialmente, de fatores internos de gestão e otimização do uso dos recursos disponíveis, mais do que de aumentos orçamentários em TI ou de impactos diretos de pandemia. Além disso, observou-se heterogeneidade entre as instituições, com algumas se mantendo na fronteira eficiente durante todo o período e outras apresentando desempenho inferior, o que revela oportunidades de aprimoramento gerencial e organizacional.

Esta pesquisa, do ponto de vista teórico, avança ao integrar investimentos tecnológicos e choques exógenos em um mesmo modelo analítico de eficiência, algo ainda pouco explorado na literatura sobre educação profissional. A ausência de efeito direto dos gastos em TI destoa de evidências internacionais que associam tais investimentos a ganhos automáticos de desempenho, reforçando que o impacto da tecnologia depende do contexto institucional e da qualidade de sua aplicação. No campo prático, os resultados indicam que estratégias de capacitação dos recursos humanos envolvidos e a avaliação contínua de desempenho são fundamentais para potencializar os benefícios dos investimentos em tecnologia.

A contribuição deste estudo está em revelar que os determinantes da eficiência na rede federal de educação profissional não se limitam ao volume de recursos, mas à forma como esses são mobilizados, revelando instituições resilientes mesmo em cenários de crise sanitária. Em contraste com os resultados os resultados de estudos no contexto internacional, que evidenciaram queda generalizada de desempenho durante a pandemia, os achados nacionais sugerem que estratégias locais de adaptação e gestão foram decisivas para reduzir potenciais efeitos negativos e sustentar níveis de eficiência.

Entre as limitações, destacam-se o recorte temporal investigado entre 2018 e 2021, o qual não contempla eventuais efeitos de longo prazo, e uso de variáveis predominantemente quantitativas, que não capturam integralmente as dimensões qualitativas do desempenho institucional. Fatores contextuais e de liderança não foram incorporados aos modelos do estudo, embora possam influenciar os resultados revelados.

Para estudos futuros, recomenda-se ampliar a série temporal pós-pandemia, incluir variáveis qualitativas e contextuais e conduzir análises comparativas com outras redes de ensino ou com contextos internacionais. Essas abordagens possibilitarão compreender como tecnologia, gestão e contexto interagem na geração de eficiência no setor público educacional.

Referências

- Almeida, A. T. C., & Almeida Filho, A. C. (2014). Eficiência técnica da gestão das escolas federais de educação básica no Brasil. *Revista Ciências Sociais em Perspectiva*, 13(25), 1-18. <https://doi.org/10.48075/revistacsp.v13i25.9067>
- Andonova, V. G., & Trenovski, B. (2022). Assessing public spending efficiency in South East European countries – a data envelopment analysis (DEA) approach. *Public Money & Management*, 43(26), 1–9. <https://doi.org/10.1080/09540962.2022.2035528>
- Aoki, S., Inoue, K., & Gejima, R. (2010). Data envelopment analysis for evaluating Japanese universities. *Artificial Life and Robotics*, 15(2), 165–170. <https://doi.org/10.1007/s10015-010-0786-7>
- Aparicio, J., Cordero, J. M., & Ortiz, L. (2019). Measuring efficiency in education: The influence of imprecision and variability in data on DEA estimates. *Socio-Economic Planning Sciences*, 68(12), 100698. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.03.004>
- Barros, F. R., & Amaral, H. F. (2022). Avaliação da eficiência dos institutos federais no nordeste brasileiro. *Valore*, 7(1), 131–151. <https://doi.org/10.22408/rev7120221097131-151>
- Basak, S. K., Wotto, M., & Bélanger, P. (2016). A framework on the critical success factors of *e-learning* implementation in higher education: A review of the literature. *International Journal of Educational and Pedagogical Sciences*, 10(7), 2409-2414. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1125677>
- Blichfeldt, H., & Faullant, R. (2021). Performance effects of digital technology adoption and product & service innovation– A process-industry perspective. *Technovation*, 105(7), 102275. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102275>
- Brasil. (2022). Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira (INEP). *Anuário Estatístico da Educação Profissional e Tecnológica*. https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/anuario_estatistico_educacao_profissional_tecnologica_2019.pdf

Brasil. Presidência da República. Casa Civil. (2008). *Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008*. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Casa Civil. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111892.htm

Brasil. (2022). *Plataforma Nilo Peçanha*. <https://www.gov.br/mec/pt-br/pnp>

Brasil. Congresso Nacional. (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Senado. https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf

Brasil. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. (2021). *Censo da educação básica 2020: Resumo técnico*. Inep. https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_escolar_2020.pdf

Brintseva, O. (2024). A DEA-based Malmquist Productivity Index for Analysing University Performance and Competitiveness. *Krakow Review of Economics and Management*, 4(1006), 5–22. <https://doi.org/10.15678/krem.17685>

Bullock, G., & Wilder, N. (2016). The comprehensiveness of competing higher education sustainability assessments. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 17(3), 282–304. <http://doi.org/10.1108/IJSHE-05-2014-0078s>

Caves, D. W., Christensen, L. R., & Diewert, W. E. (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of *input*, *output*, and productivity. *Econometrica*, 50(6), 1393–1414. <https://doi.org/10.2307/1913388>

Chan, S. G., & Karim, M. A. Z. (2012). Public spending efficiency and political and economic factors: Evidence from selected East Asian countries. *Economic Annals*, 57(193), 7–23. <https://doi.org/10.2298/EKA1293007C>

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)

Coccia, M. (2019). Why do nations produce science advances and new technology? *Technology in society*, 59(11), Artigo 101124. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.03.007>

Coelli, T. J., Rao D. S. P., & Battese, G. E. (1998). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Academic Publishers: Boston, 1998. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5493-6>

DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (1983). The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. *American sociological review*, 48(2), 147–160.

Elgohary, E. (2022). The role of digital transformation in sustainable development in Egypt. *The International Journal of Informatics, Media and Communication Technology*, 4(1), 71-106. <https://doi.org/10.21608/ijimct.2022.219953>

Engzell, P., Frey, A., & Verhagen, M. D. (2021). Learning loss due to school closures during the COVID-19 pandemic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(17), e2022376118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2022376118>

Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris, & Z. Zhang (1994). Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialised Countries. *American Economic Review*, 84(1994), 66–83. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2117971>

Feres, M. M., Toledo, L. O., Cometti, N. N., & Rego, L. C. (2016). *Manual para cálculo dos indicadores de gestão das Instituições da Rede Federal de EPCT*. Brasília: SETEC. http://porta.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=36901-manual-de-indicadores-da-rfep

Furtado, L. L., & Campos, G. M. (2015). Grau de eficiência técnica dos institutos federais de educação, ciência e tecnologia e a relação dos custos, indicativos de expansão e retenção junto aos escores de eficiência. *Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade*, 9(3), 295–312. <https://doi.org/10.17524/repec.v9i3.1230>

Guo, R., & Ye, M. (2025). Input-output efficiency, productivity dynamics, and determinants in western China's higher education: A three-stage DEA, global Malmquist index, and Tobit model approach. *PLoS ONE*, 20(6), e0325901. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0325901>

Hammes Junior, D. (2019). *Análise da eficiência dos gastos públicos na graduação: um estudo com universidades federais brasileiras* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina]. <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/204539/PPGC0176-D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Haug, N., Geyrhofer, L., Londei, A., Dervic, E., Desvars-Larrive, A., Loreto, V., & Klimek, P. (2020). Ranking the effectiveness of worldwide COVID-19 government interventions. *Nature human behaviour*, 4(12), 1303–1312. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-01009-0>

Itoh, H. (2002). Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of data envelopment analysis. *Review of Urban & Regional Development Studies*, 14(2), 133–152. <https://doi.org/10.1111/1467-940X.00052>

Jing, Q., & Shen, F. (2011). An empirical research on the efficiency of vocational education in China's agricultural human resources. In *2011 International Conference on Management and Service Science* (pp. 1-5). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5998063>

Margarez Rodrigues da Silva, Silvania Neris Nossa, Diego Rodrigues Boente, Cristiano de Jesus Sousa de Abreu e Valdemir da Silva

Johnes, G. (2020). Concepts of efficiency, higher education. In P. N. Teixeira, J.-C. Shin, A. Amaral, & M. J. Rosa (Eds.), *The International Encyclopedia of Higher Education Systems and Institutions*. Springer.

Johnes, G., Johnes, J., & Virmani, S. (2020). Performance and efficiency in Indian universities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 81(6), Artigo 100834. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100834>

Khan, I. U., Idris, M., & Khan, A. U. (2020). An investigation of the factors affecting institutional performance: Evidence from higher education institutions. *FWU Journal of Social Sciences*, 14(3), 131-144.

Khan, A., & Murova, O. I. (2015). Productive efficiency of public expenditures: A cross-state study. *State and Local Government Review*, 47(3), 170–180. <https://doi.org/10.1177/0160323X15610385>

Kim, D. H., Lee, H. J., Lin, Y., & Kang, Y. J. (2021). Changes in academic performance in the online, integrated system-based curriculum implemented due to the COVID-19 pandemic in a medical school in Korea. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 18(21), 1-24. <https://doi.org/10.3352%2Fjeehp.2021.18.24>

Kosasi, S., Budiastuti, D., Prabowo, H., & Bandur, A. (2020). Improving information service performance of informatics management and computing in Private schools. *Psychology and Education*, 57(9), 234-240. Recuperado de <http://www.psychologyandeducation.net/pae/index.php/pae/article/view/267/118>

Kostova, T., Beugelsdijk, S., Scott, W. R., Kunst, V. E., Chua, C. H., & van Essen, M. (2020). The construct of institutional distance through the lens of different institutional perspectives: Review, analysis, and recommendations. *Journal of International Business Studies*, 51(4), 467–497. <https://doi.org/10.1057/s41267-019-00294-w>

Lin, C. H., Yang, H., & Liou, D. (2010). A cross-national comparative analysis of industrial policy and competitive advantage. *International Journal of Technology Management*, 49(1-3), 93–106. <http://dx.doi.org/10.1504/IJTM.2010.029412>

Machado, G. S., Crozatti, J., Oliveira, B., Oliveira Silva, C. E., Mahlmeister, R. S., & Moraes, V. (2018). Impactos na eficiência do gasto público na educação fundamental dos municípios paulistas por meio das categorias do elemento da despesa. *Anais Do Congresso Brasileiro De Custos - ABC*. Recuperado de <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4498>

Mallaye, D., & Gadam, G. D. (2021). *Heterogeneity of Inter-regional Efficiency of Education Public Spending in Fragile State: Evidence from Chad*. Recuperado de <https://publication.aercafricalibrary.org/items/e2c5f5e3-a77d-49f4-9e1c-51835a05d6e0>

Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference curves. *Trabajos de Estadística*, 4(1), 209–242. <https://doi.org/10.1007/bf03006863>

Mandl, U., Dierx, A., & Ilzkovitz, F. (2008). The effectiveness and efficiency of public spending. *Economic Papers*, 30(1). Recuperado de https://ec.europa.eu/economy_finance/publications/pages/publication11902_en.pdf

Marzzoni, D. N. S., & Pereira, Y. P. A. (2020). People management: Case study of the organizational climate in a public institution. *Research, Society and Development*, 9(7), Artigo e449974364. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4364>

Munoz, D. A. (2016). Assessing the research efficiency of higher education institutions in Chile: A data envelopment analysis approach. *International Journal of Educational Management*, 30(6), 809–825. <http://doi.org/10.1108/IJEM-03-2015-0022s>

Nanotek, S. A., & Benu, N. N. (2022). The use of technology in teaching and learning (case study in two state schools in Kupang, Indonesia during the Covid-19 pandemic). *Randwick International of Education and Linguistics Science Journal*, 3(2), 249–255. <https://doi.org/10.47175/rielsj.v3i2.452>

Naveed, Q. N., Muhammad, A., Sanober, S., Qureshi, M. R. N., & Shah, A. (2017). A mixed method study for investigating critical success factors (CSFs) of *e-learning* in Saudi Arabian universities. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8(5), 171-178. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2017.080522>

Nazarko, J., & Šaparauskas, J. (2014). Application of DEA method in efficiency evaluation of public higher education institutions. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(1), 25–44. <https://doi.org/10.3846/20294913.2014.837116>

Paludo, A. (2013). *Administração Pública*. 3ª ed. Elsevier.

Panagouli, E., Stavridou, A., Savvidi, C., Kourti, A., Psaltopoulou, T., Sergentanis, T. N., & Tsitsika, A. (2021). School performance among children and adolescents during COVID-19 pandemic: A systematic review. *Children*, 8(12), Artigo 1134. <https://doi.org/10.3390/children8121134>

Parente, P. H. N., Maria, C. C. de, Dutra, R. S., & Paulo, E. (2021). Eficiência e produtividade nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia do Brasil. *Administração Pública e Gestão Social*, 13(1), 1-18. <https://doi.org/10.21118/apgs.v13i1.8735>

Parente, P. H. N. (2023). Determinantes da eficiência nas instituições federais de Educação profissional brasileiras. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 31(121), 1–18. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362023003104027>

Peters, B. G. (2000). *Institutional theory: Problems and prospects. Report, Institute for Advanced Studies*, Vienna.

Queiroz, M. V. A. B., Sampaio, R. M. B., & Sampaio, L. M. B. (2020). Dynamic efficiency of primary education in Brazil: Socioeconomic and infrastructure influence on school performance. *Socio-Economic Planning Sciences*, 70, 100738. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.100738>

Rajkumar, A. S., & Swaroop, V. (2008). Public spending and outcomes: Does governance matter? *Journal of Development Economics*, 86(1), 96–111. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2007.08.003>

Ramos, R. E., & Ferreira, G. M. (2007). Analisando retornos de escala usando DEA: um estudo em Instituições de Ensino Tecnológico no Brasil. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, 5(4), 25-38. <https://doi.org/10.15675/gepros.v0i4.176>

Richardson, R. J., Peres, J. D. S., Wanderley, J. C. V., Correia, L. M., & Peres, M. H. M. (1999). Métodos quantitativos e qualitativos. In R. J. Richardson (Ed.), *Pesquisa social: métodos e técnicas* (pp. 70-89). Atlas.

Rocha, A. B., & Funchal, B. (2019). Mais recursos, melhores resultados? As relações entre custos escolares diretos e desempenho no Ensino Médio. *Revista de Administração Pública*, 53(2), 291–309. <https://doi.org/10.1590/0034-761220170175>

Rodrigues, A. C., Muylder, C. F., & Gontijo, T. S. (2018). Eficiência das unidades do CEFET-MG: uma avaliação por data envelopment analysis. *For Science*, 6(3), 1-18. <https://doi.org/10.29069/forscience.2018v6n3.e270>

Rowley, D. J., & Sherman, H. (2003). The special challenges of academic leadership. *Management Decision*, 41(10), 1058–1063. <https://doi.org/10.1108/00251740310509580>

Sarfraz, M., Khawaja, K. F., & Ivascu, L. (2022). Factors affecting business school students' performance during the COVID-19 pandemic: A moderated and mediated model. *The International Journal of Management Education*, 20(2), Artigo e100630. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2022.100630>

Segovia-Gonzalez, M. M., Dominguez, C., & Contreras, I. (2020). An assessment of the efficiency of Spanish schools: Evaluating the influence of the geographical, managerial, and socioeconomic features. *International Transactions in Operational Research*, 27(4), 1845–1868. <https://doi.org/10.1111/itor.12711>

Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento. (2023). *Dados 2023*. <https://www.siop.planejamento.gov.br/modulo/login/index.html#/>

So, S. H. (2011). Efficiency analysis of R&D investment for technology development in regional strategic industries using non-radial SBM model. *Journal of Industrial Economics and Business*, 24(2), 1169–1188. <https://doi.org/10.3390/su12073008>

Soares, D. J. M., & Santos, W. (2024). Indicadores de avaliação de contexto e resultados educacionais no Ideb: uma análise das escolas estaduais de ensino médio no Espírito Santo.

Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, 105(2), e5872. <https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.105.5872>

Sukmana, H. T., Wibowo, V., & Kurniawan, H. (2022, September). The influence of IT governance and digital technology adoption to institutional performance mediated by instructional leadership. In *2022 10th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CITSM56380.2022.9935962>

Theóphilo, C. R., & Martins, G. D. A. (2009). *Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas*. Atlas.

Thornton, C. H., & Audrey, J. (2008). The role of culture in institutional and individual approaches to civic responsibility at research universities. *The Journal of Higher Education*, 79(2), 160–182. <https://doi.org/10.1353/jhe.2008.0011>

Tomasik, M. J., Helbling, L. A., & Moser, U. (2021). Educational gains of in-person vs. distance learning in primary and secondary schools: A natural experiment during the COVID-19 pandemic school closures in Switzerland. *International Journal of Psychology*, 56(4), 566–576. <https://doi.org/10.1002/ijop.12728>

Uemura, M. R. B., & Comini, G. M. (2022). Determining factors in the performance of integrated vocational education schools. *Revista de Gestão*, 29(2), 102–116. <https://doi.org/10.1108/REGE-12-2020-0123>

Whitechurch, C., & Gordon, G. (2010). Diversifying academic and professional identities in higher education: Some management challenges. *Tertiary Education and Management*, 16(2), 129–144. <https://doi.org/10.1080/13583881003757029>

Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT Press. <https://ipcig.org/evaluation/apoio/Wooldridge%20-%20Cross-section%20and%20Panel%20Data.pdf>

Xu, H., & Liu, F. (2017). Measuring the efficiency of education and technology via DEA approach: Implications on national development. *Social Sciences*, 6(4), 136. <https://doi.org/10.3390/socsci6040136>

Yadav, G. P., & Yadav, U. S. (2022). A profitable and new approaches of social innovation in the handicraft sector. Case study: Social innovation through the ITC component on the financial mechanism of the state. *Journal of Positive School Psychology*, 6(4), 10558–10573. Recuperado de <https://journalppw.com/index.php/jpsp/article/view/6547>