

## EFICIÊNCIA TÉCNICA NAS UNIVERSIDADES FEDERAIS BRASILEIRAS: UMA APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

Allan Pinheiro Monteiro<sup>1</sup>, David Costa Correia Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Paragominas, Brasil (e-mail do allan.monteiro@ufra.edu.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Paragominas, Brasil

**Resumo:** Este estudo avaliou a eficiência técnica de 60 universidades federais brasileiras, com dados de 2023, utilizando a Análise Envoltória de Dados (DEA), modelo Banker, Charnes e Cooper (BCC) orientado a *input*. Foram considerados três insumos e dois *outputs*, processados no software SIAD 3.0. Os resultados revelaram ampla ineficiência relativa, identificaram *benchmarks* para ajustes e destacaram a UFAPE como principal referência entre as instituições eficientes.

**Palavras-chave:** Eficiência técnica; Universidades federais; Análise Envoltória de Dados; Modelo BCC; Orientação a *input*

### INTRODUÇÃO

A educação é reconhecida como motor crítico do desenvolvimento econômico moderno. A qualidade do ensino exerce impacto direto no crescimento do Produto Interno Bruto - PIB, influenciando os rendimentos individuais e a capacidade tecnológica das nações (HANUSHEK; WOESSMANN, 2020). A teoria do crescimento endógeno enfatiza que o desenvolvimento econômico é impulsionado por fatores internos, especialmente o capital humano e a capacidade de inovação, conferindo à educação superior um papel central nessa dinâmica (WOESSMANN, 2024). A título ilustrativo, o Banco Mundial estima que países com maior escolaridade e qualidade educacional tendem a alcançar maior estabilidade institucional, produtividade e inclusão social (WORLD BANK, 2023).

Nesse cenário, a educação superior assume papel estratégico. Mais do que formar profissionais, ela constitui um polo de pesquisa, inovação e pensamento crítico, sendo fundamental para o avanço tecnológico e o fortalecimento das instituições democráticas. A educação superior contribui para a criação de conhecimento científico, desenvolvimento

de tecnologias sustentáveis e formação de lideranças qualificadas, essenciais ao enfrentamento de desafios globais como as mudanças climáticas, desigualdades e transformações digitais (UNESCO, 2021). Além disso, a obtenção de diploma de nível superior está fortemente associada à mobilidade social, aumento da renda e redução da pobreza intergeracional (OECD, 2021).

A promoção da educação superior eficiente e equitativa está diretamente relacionada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS da Agenda 2030, especialmente ao ODS 4, que visa assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos. Além disso, o fortalecimento das instituições públicas de ensino superior contribui para o ODS 8 (trabalho decente e crescimento econômico) e o ODS 16 (paz, justiça e instituições eficazes), ao garantir melhor uso dos recursos públicos, ampliar a formação de capital humano qualificado e sustentar o desenvolvimento científico e tecnológico do país (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015).

A definição das variáveis utilizadas na análise de eficiência foi baseada na mobilização de fatores produtivos (*inputs*) e na geração de produtos (*outputs*). Os fatores de produção consistem na combinação de diferentes tipos de capitais, conforme descrito a seguir:

- i. Fator Trabalho: representa a mão de obra utilizada, incluindo recursos humanos qualificados e não qualificados. O trabalho é um dos insumos básicos da economia, sendo diretamente relacionado à quantidade de tempo e esforço aplicado no processo produtivo (MANKIW, 2014).
- ii. Capital Físico: refere-se a máquinas, equipamentos e infraestrutura necessários para o processo produtivo. Esse capital é essencial para aumentar a produtividade do trabalho e viabilizar a produção em maior escala (SAMUELSON; NORDHAUS, 2010).
- iii. Capital Financeiro: engloba os recursos monetários disponíveis para investimentos e manutenção da atividade produtiva (GITMAN; ZUTTER, 2012).
- iv. Recurso Natural: inclui os recursos ambientais utilizados, como terra, água e outros elementos naturais essenciais para a produção (BARRETT, 2024).

Cada um desses fatores é analisado dentro do seu respectivo contexto, permitindo compreender de que forma contribuem para a eficiência produtiva das unidades avaliadas.

Contudo, o crescimento do sistema de ensino superior brasileiro tem sido marcado por restrições orçamentárias e assimetrias regionais, o que impõe desafios à sustentabilidade e à equidade da oferta educacional pública. Nesse contexto, torna-se imprescindível discutir a eficiência técnica das instituições, entendida como a capacidade de transformar insumos (como recursos humanos e financeiros) em produtos educacionais (como número de concluintes e qualidade dos cursos) da forma mais produtiva possível. Avaliar a eficiência técnica permite identificar desperdícios, promover o uso racional dos recursos públicos e fomentar uma cultura de gestão baseada em evidências (CAMANHO et al., 2024; GANGA CONTRERAS et al., 2025).

Uma das abordagens metodológicas mais consolidadas para esse fim é a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), técnica não paramétrica de fronteira que permite medir a

eficiência relativa de unidades comparáveis, mesmo quando múltiplas entradas e saídas estão envolvidas (CHARNES et al., 1978; BANKER et al., 1984). No âmbito das Instituições Federais de Ensino Superior - IFES, a DEA tem sido aplicada para identificar padrões de desempenho, promover transparência na gestão e subsidiar políticas educacionais mais eficazes (TORRES; RAMOS, 2024; AROOSA et al., 2023).

Este trabalho insere-se nesse campo de estudos ao aplicar a DEA para avaliar a eficiência técnica de 60 IFES brasileiras com base em dados do ano de 2023. A escolha pelo modelo Banker, Charnes e Cooper - BCC com orientação a *input* deve-se à sua adequação para cenários com heterogeneidade institucional e à ênfase na minimização dos recursos utilizados, mantendo os níveis de produção constantes (CAMANHO et al., 2024; CHEN; CHANG, 2021).

Dessa forma, este estudo tem como objetivo geral avaliar a eficiência técnica das universidades federais brasileiras, analisando de forma comparativa e criteriosa a relação entre os insumos utilizados (docentes, técnicos administrativos e despesas institucionais) e os resultados obtidos (número de concluintes e IGC). Especificamente, pretende-se: (i) identificar as instituições mais eficientes segundo a DEA; (ii) apontar *benchmarks* de referência para as IFES ineficientes; (iii) analisar os pesos atribuídos às variáveis no modelo; e (iv) estimar os alvos e folgas de melhoria para as unidades avaliadas, com base em seus desempenhos relativos.

## MATERIAL E MÉTODOS

A DEA é uma técnica de programação linear não paramétrica que busca otimizar dados, avaliando a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão (DMUs - *Decision Making Units*). Essa metodologia mede a eficiência a partir da relação entre os insumos (*inputs*) utilizados e os produtos (*outputs*) gerados pelas DMUs, permitindo identificar aquelas que operam de maneira mais eficiente dentro de determinado conjunto comparável (AROOSA et al., 2023; CHEN; CHANG, 2021).

A escolha dos *inputs* parte de uma análise que consideram os fatores produtivos essenciais para a realização de uma atividade; enquanto os *outputs* correspondem aos resultados ou produtos obtidos daquelas atividades (TORRES; RAMOS, 2024; DONTHU et al., 2021). Entre os principais modelos DEA empregados na literatura destacam-se: (i) Modelo CRS (*Constant Returns to Scale*): assume retornos constantes de escala, isto é, parte do pressuposto de que a eficiência produtiva não se

altera com o porte da operação, sendo apropriado quando todas as DMUs operam em escala ótima (CHARNES et al., 1978). (ii) Modelo VRS (*Variable Returns to Scale*): admite retornos variáveis de escala, reconhecendo que a eficiência pode variar conforme o tamanho da unidade produtiva. Esse modelo, também conhecido como BCC, é considerado mais realista em contextos onde há heterogeneidade entre as unidades analisadas (BANKER et al., 1984; GANGA CONTRERAS et al., 2025).

Em ambos os modelos, uma DMU é considerada eficiente quando seu índice de eficiência é igual a 1 (um), o que indica que ela pertence à fronteira eficiente. Caso contrário, a unidade é classificada como ineficiente e pode ter metas projetadas a partir das eficientes (CHARNES et al., 1978).

Este estudo adota o modelo DEA BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984) com orientação a *input* (*input-oriented*), por considerar retornos variáveis de escala e buscar a minimização dos recursos utilizados, mantendo os níveis de produção constantes. Essa abordagem é particularmente útil para avaliar unidades operando em diferentes escalas, permitindo uma análise mais flexível e sensível à heterogeneidade entre as instituições (AROOSA et al., 2023; CAMANHO et al., 2024). O modelo VRS é adequado para cenários com variações regionais, estruturais ou tecnológicas, pois ajusta a avaliação à escala de operação de cada unidade, destacando a eficiência na gestão dos recursos, independentemente do porte institucional (TORRES; RAMOS, 2024; DONTHU et al., 2021).

A Figura 1 ilustra, de forma esquemática, a diferença entre as fronteiras de eficiência dos modelos CCR e BCC com orientação a insumos. No exemplo apresentado, a unidade produtiva E é ineficiente e é projetada para a fronteira eficiente em dois cenários: (i) no modelo CCR, com retornos constantes de escala, a projeção ocorre sobre a linha convexa que parte da origem, implicando uma redução proporcional nos insumos, sem considerar variações no porte ou na estrutura das unidades analisadas; (ii) no modelo BCC, com retornos variáveis de escala, a projeção ocorre sobre uma fronteira construída por combinações convexas entre unidades eficientes (como B e C), permitindo projeções mais realistas em ambientes heterogêneos e ajustadas à escala de operação de cada DMU. Esse ajuste é particularmente relevante em contextos como o das universidades públicas, que apresentam diferentes tamanhos, missões institucionais e capacidades operacionais (GOMES; BAPTISTA, 2004).

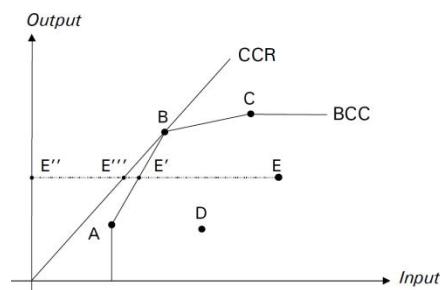


Figura 1. Representação esquemática das fronteiras CCR e BCC com orientação a *input*.

O ponto E representa a posição original da unidade de decisão (DMU). O ponto E' corresponde à projeção de E sobre a fronteira eficiente do modelo CCR. Já o ponto E'' representa a projeção de E sobre a fronteira eficiente do modelo BCC. Analogamente, na aplicação empírica com dados das IFES, as unidades ineficientes foram projetadas sobre a fronteira construída a partir das universidades mais eficientes, permitindo a identificação de *benchmarks* e metas realistas de redução de insumos. A eficiência técnica, no modelo BCC, foi calculada com base na razão  $\frac{E''E'}{E'E}$ , conforme ilustrado na figura 1 (GOMES; BAPTISTA, 2004).

### Modelo VRS (Variable Returns to Scale)

O modelo VRS incorpora economias ou deseconomias de escala, capturando variações na eficiência associadas aos diferentes tamanhos operacionais das DMUs (PARADI et al., 2018). Esta abordagem permite que a fronteira de eficiência seja flexível, adaptando-se ao formato da amostra observada, e é especialmente adequada para contextos onde há grande heterogeneidade entre as unidades analisadas, como é comum na avaliação de instituições públicas ou sistemas educacionais (CHEN; CHANG, 2021; GANGA CONTRERAS et al., 2025).

Ao admitir retornos variáveis de escala, o modelo VRS possibilita uma avaliação mais precisa da eficiência técnica em ambientes com diversidade estrutural, regional ou institucional, nos quais o desempenho não pode ser atribuído unicamente à gestão interna, mas também a fatores externos à organização (TORRES; RAMOS, 2024; AROOSA et al., 2023). O modelo busca minimizar um escalar  $\theta$ , que representa a proporção pela qual os insumos podem ser reduzidos, mantendo-se constantes os níveis de produto. A formulação matemática do modelo é apresentada a seguir:

Minimizar  $\theta$

Sujeito a:

- Restrição das entradas (as entradas da DMU sob avaliação não aumentam):

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{io} ; \text{ para todo } i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

- Restrição das saídas (as saídas da DMU podem ser expandidas):

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \theta y_{ro} ; \text{ para todo } r = 1, 2, \dots, s \quad (2)$$

- Retornos Variáveis de Escala:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1; \text{ para todo } j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Não negatividade:  $\lambda_j \geq 0$ ; para todo  $j = 1, 2, \dots, n$

Nessa formulação,  $x_{ij}$  representa a quantidade do insumo  $i$  utilizada pela unidade  $j$ , enquanto  $y_{rj}$  corresponde à quantidade do produto  $r$  produzido pela mesma unidade. A DMU avaliada é representada pelo índice  $\theta$ , e os coeficientes  $\lambda_j$  são variáveis que ponderam as combinações lineares entre as unidades da amostra. A restrição de convexidade  $\lambda_j = 1$  é o que garante a consideração de retornos variáveis de escala no modelo.

A interpretação do resultado é dada pelo valor do escalar  $\theta$ . Quando  $\theta = 1$ , a unidade é considerada tecnicamente eficiente, pois não há possibilidade de redução proporcional dos insumos sem afetar o nível de *outputs*. Por outro lado, valores de  $\theta < 1$  indicam ineficiência técnica, sugerindo que a DMU poderia operar com uma quantidade menor de recursos mantendo os mesmos resultados, ou seja, há margem para melhoria na alocação dos insumos.

### Definição e organização das variáveis

A definição das variáveis utilizadas na análise de eficiência foi baseada na identificação dos principais insumos educacionais mobilizados pelas universidades federais (*inputs*) e dos resultados acadêmicos gerados (*outputs*). Inspirando-se na literatura sobre fronteira de produção, os fatores de produção foram organizados em categorias (TORRES; RAMOS, 2024):

- Fator Trabalho: Representado pelas quantidades de docentes e técnicos administrativos em educação (TAEs), enquanto agentes centrais na oferta de ensino, pesquisa e gestão universitária.
- Capital Físico-Financeiro: Inclui a despesa total das instituições, que abrange gastos com custeio, investimento e folha de pagamento,

funcionando como proxy do esforço financeiro envolvido nas atividades acadêmicas.

- Resultado Acadêmico: Envolve variáveis que refletem os resultados gerados pelas IFES, tais como número de concluintes e a nota do Índice Geral de Cursos (IGC), indicador de qualidade consolidado utilizado pelo INEP/MEC

### Definição e organização dos *inputs*

As variáveis de entrada utilizadas neste estudo foram:

- número de docentes efetivos;
- número de técnicos administrativos em educação (TAE), e
- despesa total da IFES.

Todas as variáveis referem-se ao nível institucional e foram extraídas a partir do censo da educação superior 2023 (INEP, 2024), apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Insumos utilizados/unidades e fonte das informações utilizados nos modelos DEA

Insumos	unidade	Fonte
Docente	Unid	Instituto Nacional De Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
TAE	Unid	Instituto Nacional De Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
Despesa total	(R\$) Milhões	Instituto Nacional De Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do MEC/INEP (2024).

### Definição e organização dos *outputs*

A Tabela 2 apresenta as variáveis de saída selecionadas que buscam captar a efetividade da atuação das IFES, considerando tanto a produtividade acadêmica quanto a qualidade percebida institucionalmente. Assim, adotaram-se como *outputs*:

- Número de concluintes: Indicador de produção acadêmica, refletindo a capacidade da instituição em formar alunos.
- Índice Geral de Cursos - contínuo (IGC): Avaliação composta e padronizada da qualidade da educação superior, expressa em escala de 0 a 5, utilizada como proxy de desempenho qualitativo institucional.

Tabela 2. Variáveis de saída (*outputs*) e fontes

Insumos	unidade	Fonte
Concluintes	Unid	Instituto Nacional De Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2024
IGC	escala	Instituto Nacional De Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2023

**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do MEC/INEP (2023, 2024).

### Tabulação e softwares usados

Deste modo, o banco de dados utilizado para compor os *inputs* e os *outputs* deste estudo baseou-se em fontes oficiais do Instituto Nacional De Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, referentes ao ano de 2023, e foram organizados em uma planilha, contendo a identificação das DMUs (IFES), nas linhas, além dos respectivos *inputs* e *outputs*, nas colunas.

Para a aplicação da DEA, utilizou-se o Sistema Integrado de Apoio à Decisão – SIAD, versão 3.0, um *software* gratuito desenvolvido com a finalidade de permitir a aplicação prática da DEA por meio da resolução de problemas de programação linear. Seu projeto visa preencher lacunas deixadas por pacotes comerciais, ao oferecer resultados completos tanto para os modelos clássicos (CCR e BCC) quanto para modelos mais avançados, como análise de fronteira invertida e DEA com incerteza de dados ou restrições de pesos (ANGULO MEZA et al., 2005).

Antes da inserção no *software*, os dados foram padronizados para atender aos requisitos do sistema. Esse processo incluiu a conversão da planilha do formato Excel (.xlsx) para arquivo texto simples (.txt), seguida da substituição do separador decimal, originalmente vírgula, por ponto. Em seguida, foram eliminados os espaços supérfluos entre colunas, padronizando-se o uso de tabulação simples. Por fim, a primeira linha do arquivo foi configurada com as informações exigidas pelo SIAD, especificando o número total de DMUs (60), bem como a quantidade de variáveis de entrada (3) e de saída (2).

Após o tratamento dos dados, o arquivo foi carregado no SIAD com as seguintes configurações de modelagem: modelo CCR com orientação *input*, e sem a ativação de parâmetros avançados (Figura 2). Essa configuração busca minimizar os insumos utilizados pelas IFES, mantendo constante a

produção acadêmica, conforme prática recomendada para contextos em que o controle gerencial recaia prioritariamente sobre os recursos empregados (AROOSA et al., 2023; CHEN; CHANG, 2021).

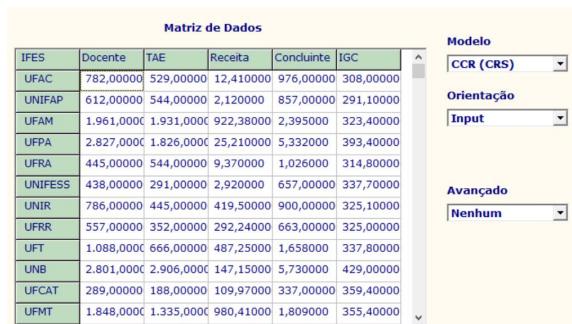


Figura 2. Configuração do SIAD para o modelo BCC orientado à *input*.

Os dados utilizados foram organizados em planilha e submetidos ao software SIAD 3.0 para aplicação do modelo DEA BCC orientado a *input*. A base completa de dados, bem como os relatórios de eficiência, pesos e metas, encontra-se disponível publicamente no repositório Zenodo (MONTEIRO, 2025).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da eficiência técnica foi realizada por meio do modelo BCC, orientado à minimização dos insumos, conforme a abordagem proposta por Charnes, Cooper e Rhodes. Foram consideradas três variáveis de entrada: número de docentes, número de TAEs e despesa total; e duas de saída: número de concluintes e IGC. A análise foi aplicada a 60 IFES brasileiras, com dados extraídos de fontes oficiais referentes ao ano de 2023.

### Eficiências Técnicas e *benchmarks* Associados

A Tabela 3 apresenta as IFES que atingiram os maiores escores de eficiência técnica padrão (igual a 1,00), bem como as instituições ineficientes com seus respectivos benchmarks. Das 60 IFES avaliadas, apenas quatro atingiram a fronteira eficiente: UNIFAP, UNIFESSPA, UFAPE e UFDPAR. Essas instituições operaram com a melhor combinação entre os insumos utilizados e os outputs produzidos, segundo o modelo BCC com orientação a insumos, demonstrando elevado grau de racionalidade na gestão dos recursos.

A maior parte das IFES apresentou escores inferiores a 0,50, o que revela ampla margem para melhoria na alocação e utilização dos recursos públicos. Esse desempenho limitado pode estar relacionado a desequilíbrios estruturais, dificuldades gerenciais ou

ineficiências operacionais internas. Este padrão é coerente com achados de estudos que também indicam baixa eficiência média no sistema federal de ensino superior, que reportam valores médios de eficiência técnica em torno de 0,40 utilizando o mesmo modelo (TORRES; RAMOS, 2024).

Tabela 3. Eficiência Técnica das IFES e seus *benchmarks*.

DMU	Eficiência	<i>benchmarks</i>
UNIFAP	1,0	UNIFAP
UNIFESSPA	1,0	UNIFESSPA
UFAPE	1,0	UFAPE
UFDPAR	1,0	UFDPAR
		UNIFESSPA/
UFOB	0,8552	UFAPE/ UFDPAR
UFAC	0,8232	UNIFESSPA/ UFDPAR
UNIFEI	0,8153	UFDPAR
UFCAT	0,7933	UFAPE/ UFDPAR
UFTM	0,7854	UNIFESSPA/ UFDPAR
UFR	0,7624	UFAPE/ UFDPAR
UNIFAL	0,7530	UFDPAR
UFSB	0,7424	UFAPE/ UFDPAR
UFCSPA	0,7344	UFAPE/ UFDPAR
UFCA	0,7020	UFAPE/ UFDPAR
UFFS	0,6893	UFDPAR
UNIVAS	0,6254	UFDPAR
UNILA	0,5811	UFAPE/ UFDPAR
UFRR	0,5532	UFDPAR
UFGD	0,5430	UFDPAR
UNIR	0,5322	UFDPAR
UFRB	0,3765	UFDPAR
UFRA	0,3460	UFAPE
UFABC	0,2793	UFAPE
UFRPE	0,2541	UFAPE/ UFDPAR
UFLA	0,2457	UFAPE
UFSJ	0,2284	UFAPE/ UFDPAR
UFOP	0,2247	UFAPE
UNIRIO	0,2020	UFAPE
UFVJM	0,1908	UFAPE
UNIPAMP	0,1833	UFAPE
UFSCAR	0,1807	UFAPE
UFV	0,1765	UFAPE

DMU	Eficiência	<i>benchmarks</i>
UFT	0,1568	UFAPE/ UFDPAR
UFRRJ	0,1382	UFAPE
UNIFESP	0,1342	UFAPE
UFPEL	0,1295	UFAPE
UFJF	0,1220	UFAPE
UFCG	0,1141	UFAPE
UFES	0,1097	UFAPE
UFSM	0,1075	UFAPE
UFS	0,1069	UFAPE
UFMS	0,1049	UFAPE
UFU	0,1043	UFAPE
UFAL	0,1011	UFAPE
UTFPR	0,0951	UFAPE/ UFDPAR
UFMT	0,0941	UFAPE
UFSC	0,0863	UFAPE
UFPR	0,0847	UFAPE
UFRN	0,0837	UFAPE
UFAM	0,0807	UFAPE
UFC	0,0797	UFAPE
UFRGS	0,0791	UFAPE
UNB	0,0749	UFAPE
UFPB	0,0731	UFAPE
UFPE	0,0722	UFAPE
UFMG	0,0700	UFAPE
UFPA	0,0681	UFAPE
UFBA	0,0676	UFAPE
UFF	0,0580	UFAPE
UFRJ	0,0485	UFAPE

No extremo oposto, da Tabela 3, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) apresentou o menor escore de eficiência (0,048), o que indica elevado grau de ineficiência relativa. As instituições públicas de grande porte, apesar da relevância histórica e acadêmica, tendem a apresentar maior “distância de operação ótima” quando comparadas em modelos orientados à minimização de insumos, como é o caso deste estudo (CAMANHO et al., 2024).

Embora a DEA seja uma ferramenta poderosa para avaliar a eficiência técnica, ela apresenta limitações ao lidar com instituições de grande porte e alta complexidade, como a UFRJ. Essas universidades desempenham múltiplas funções e operam em contextos estruturais diversos, como presença em regiões metropolitanas, oferta de cursos especializados e manutenção de hospitais

universitários, que não são plenamente captados pelos indicadores quantitativos do modelo. Assim, escores baixos de eficiência podem refletir não necessariamente má gestão, mas sim a insuficiência do modelo em incorporar aspectos qualitativos e externalidades positivas geradas pelas instituições. Portanto, interpretações baseadas exclusivamente na DEA devem ser feitas com cautela e, sempre que possível, complementadas por análises qualitativas e indicadores contextuais (CAMANHO et al., 2024; CHEN; CHANG, 2021; GANGA CONTRERAS et al., 2025; TORRES; RAMOS, 2024; AROOSA et al., 2023; DONTHU et al., 2021).

O modelo DEA também identifica, para cada instituição ineficiente, um conjunto de *benchmarks*, ou seja, as IFES eficientes (ou combinações delas) que operam como referência para melhorar o desempenho da DMU analisada. Tais *benchmarks* representam unidades que, com níveis proporcionais de insumos, produzem melhores resultados, sendo assim utilizadas como padrão de comparação.

Entre os *benchmarks* identificados, destaca-se a UFAPE, que aparece como referência direta para diversas IFES ineficientes. Essa posição revela características organizacionais enxutas, maior racionalidade na alocação de recursos que serve de referência dentro do sistema federal de ensino superior (TORRES; RAMOS, 2024). Essa estrutura de referências é fundamental para interpretações gerenciais, pois indica o nível de eficiência de cada IFES e aponta exemplos reais que servem como guias para a melhoria daquelas em situação ineficiente (CHEN; CHANG, 2021 e GANGA CONTRERAS et al. 2025).

#### Análise dos Pesos das Variáveis

A Tabela 4 permite compreender a importância relativa de cada variável no desempenho das IFES. Verifica-se que a variável "Receita" foi frequentemente associada a pesos mais altos entre as DMUs eficientes, indicando seu papel como insumo determinante no modelo adotado. Por outro lado, a variável "TAE" recebeu peso nulo em várias instituições, o que sugere baixa relevância em termos comparativos. Este comportamento vai ao encontro dos resultados apresentados por Chen (2021), que também apontou a variação na importância dos insumos administrativos em diferentes contextos de ensino superior.

Tabela 4. Pesos atribuídos às variáveis por IFES

DMU	<sup>1</sup> PD	<sup>2</sup> PT	<sup>3</sup> PR	<sup>4</sup> PC	<sup>5</sup> PI
UFAPE	5,65	0,0	0,0	0,0	2,76
UFDPAR	3,78	0,0	0,0	1,76	0,0

DMU	<sup>1</sup> PD	<sup>2</sup> PT	<sup>3</sup> PR	<sup>4</sup> PC	<sup>5</sup> PI
UFCAT	3,46	0,0	0,0	0,76	1,49
UFSB	2,98	0,0	0,0	0,65	1,29
UFCSPA	2,74	0,0	0,0	0,60	1,18
UFCA	2,72	0,0	0,0	0,59	1,17
UNILA	2,43	0,0	0,0	0,53	1,05
UNIFESS PA	2,26	0,0	2,66	1,52	0,0
UFRA	2,24	0,0	0,0	0,0	1,09
UNIFEI	2,03	0,0	0,0	0,95	0,0
...	...	..	...	...	...
UNIFAP	1,50	0,0	36,31	1,16	0,0
UFTM	1,36	0,0	1,59	0,91	0,0
UFAC	125	0,0	1,47	084	0,0
UFF	0,30	0,0	0,0	0,0	0,15
UFSJ	0,29	1,51	0,0	0,0	0,61
UFRJ	0,23	0,0	0,0	0,0	0,12
UFT	0,22	1,14	0,0	0,0	0,46
UTFPR	0,12	0,62	0,0	0,0	0,25
UFR	0,0	8,16	1,69	0,0	2,55
UFOB	0,0	3,87	0,08	1,30	0,87

Nota. <sup>1</sup>Peso Docente; <sup>2</sup>Peso TAE; <sup>3</sup>Peso Receita; <sup>4</sup>Peso concluinte; <sup>5</sup>Peso IGC

#### Alvos e Folgas: Redução de Insumos e Melhoria de Resultados

A Tabela 5 apresenta os alvos e folgas calculados para as instituições ineficientes. As reduções projetadas nas entradas revelam o quanto cada instituição deveria ajustar seus recursos para operar de forma comparável às IFES eficientes.

Por exemplo, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que obteve a menor eficiência técnica do conjunto analisado (0,048), apresenta um amplo descompasso entre os insumos utilizados e os resultados alcançados. De acordo com os alvos calculados, a UFRJ teria que reduzir drasticamente seu número de docentes de 4.271 para cerca de 207, de TAEs, de 4.588 para aproximadamente 132, além de uma diminuição expressiva na despesa total, de R\$ 4,49 bilhões para cerca de R\$ 58 milhões, para alcançar a eficiência observada nas IFES de referência, mantendo os níveis atuais de concluintes e IGC.

Como o IGC varia entre 0 e 5, seus valores foram multiplicados por 1000 para equilibrar a escala com os demais *outputs*. A medida evitou distorções nos pesos e na eficiência (CAMANHO et al., 2024; GANGA CONTRERAS et al., 2025).

Tabela 5. Alvos e Folgas para a UFRJ

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Docente	4.271	207,02	0	207,1
TAE	4.588	222,39	90	132,2
Receita (Mi)	4.488	217,55	217	0,058
Concluinte	4,8	4,842	105	109,9
IGC	423,3	423,3	0	423,3

Esses valores projetados revelam um forte desequilíbrio entre recursos mobilizados e resultados efetivos, o que pode estar associado a aspectos de gestão, estrutura organizacional ou perfis institucionais específicos. Essa situação se alinha ao conceito de “distância de operação ótima”, que caracteriza instituições públicas com grande porte e tradição como suscetíveis à ineficiência relativa quando submetidas a modelos comparativos orientados a minimização de insumos (CAMANHO et al., 2024).

De modo geral, a análise dos alvos reforça o diagnóstico de que muitas IFES operam com excedentes significativos de recursos frente aos padrões de referência estabelecidos pelas unidades eficientes. Esse padrão aponta que o DEA, ao propor metas personalizadas de melhoria, permite identificar com precisão o potencial de reestruturação interna de cada unidade, seja por racionalização orçamentária, redistribuição de pessoal ou revisão de estratégias operacionais (TORRES; RAMOS, 2024; CHEN; CHANG, 2021).

O uso combinado de alvos e folgas também contribui para uma leitura mais realista da distância entre a situação atual de uma IFES e a fronteira eficiente. Enquanto os alvos radiais assumem a possibilidade de ajustes proporcionais, as folgas permitem identificar desequilíbrios mais específicos em variáveis isoladas. Essa abordagem detalhada favorece a elaboração de estratégias de intervenção institucional mais adequadas às características de cada instituição (GANGA CONTRERAS et al., 2025).

Essa estratégia revela oportunidades concretas para a revisão da alocação de pessoal, especialmente no que tange à proporcionalidade entre docentes, técnicos administrativos e resultados institucionais. Além disso, a criação de núcleos internos de gestão por eficiência pode fortalecer a cultura organizacional orientada por evidências, promovendo o uso sistemático de indicadores para apoiar decisões gerenciais. Tais iniciativas contribuem não apenas para a racionalização do uso dos recursos públicos, mas também para a construção de modelos de governança universitária mais sustentáveis e

responsivos às demandas sociais e acadêmicas (CAMANHO et al., 2024).

## CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência técnica das IFES brasileiras, com base em dados de 2023, utilizando a DEA no modelo BCC orientado a *input*. Foram considerados como insumos os quantitativos de docentes, TAEs e a despesa institucional, enquanto os *outputs* foram representados pelo número de concluintes e pelo IGC. A escolha metodológica se mostrou adequada para captar a heterogeneidade estrutural das IFES e evidenciar padrões diferenciados de desempenho relativo.

Os resultados revelaram que apenas quatro instituições atingiram a fronteira eficiente, enquanto a maioria apresentou escores significativamente inferiores, com destaque para grandes universidades que operam abaixo do ponto ótimo de alocação de recursos. A UFAPE destacou-se como benchmark recorrente, indicando práticas de gestão e estrutura organizacional potencialmente replicáveis. A análise dos pesos das variáveis reforçou o protagonismo da variável despesa, enquanto o insumo TAE mostrou-se de baixa relevância marginal para a maioria das IFES eficientes. Os alvos e folgas calculados permitiram estimar com precisão os ajustes necessários para que as IFES ineficientes alcancem níveis ótimos de desempenho, contribuindo para o planejamento de intervenções institucionais com base em evidências.

Como limitação, destaca-se o uso de apenas dois *outputs* disponíveis em fontes públicas consolidadas, o que restringe parcialmente a captação da multifuncionalidade universitária. Futuros estudos poderão incorporar variáveis adicionais, como produção científica, patentes e impacto social, ampliando o escopo analítico da eficiência. Além disso, análises dinâmicas ao longo do tempo, por meio de modelos como o DEA Window, podem oferecer *insights* mais aprofundados sobre a trajetória das instituições.

Por fim, os achados deste trabalho reforçam a importância de avaliações periódicas de desempenho no ensino superior público brasileiro, contribuindo para o aperfeiçoamento da gestão universitária, a transparência na aplicação dos recursos públicos e a formulação de políticas educacionais mais eficazes e equitativas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), pelo apoio institucional na realização deste estudo. Agradecemos também ao Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) pela disponibilização pública dos dados utilizados na análise.

Reconhecemos, ainda, as contribuições teóricas e metodológicas oferecidas pelos pesquisadores cujos trabalhos embasaram esta pesquisa, assim como os colegas e docentes do mestrado profissional em Administração Pública – PROFIAP/UFRA, pelo ambiente de troca científica e incentivo à produção acadêmica.

## REFERÊNCIAS

ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GONÇALVES GOMES, E.; COELHO, P. H. G. Free software for decision analysis – a software package for data envelopment models. In: International Conference On Enterprise Information Systems, 7., 2005, Miami. *Proceedings [...]*. Miami: ICEIS, 2005. p. 207-212. DOI:10.5220/0002548802070212.

AROOSA, Tehniyat; AHMED, Jameel; FATIMA, Kaneez. Evaluation of efficiencies of public sector universities of Quetta: an empirical application of Data Envelopment Analysis. *Journal of Applied Data Sciences*, v. 12, n. 3, p. 88–101, 2023. DOI: <https://doi.org/10.62345/jads.2023.12.3.88>

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. DOI:10.1287/mnsc.30.9.1078.

BARRETT, Scott; outros. *Environmental and Natural Resource Economics: A Contemporary Approach*. 5. ed. London: Routledge, 2024

CAMANHO, Ana S.; SILVA, Maria C.; PIRAN, Fábio S.; LACERDA, Daniel P. A literature review of economic efficiency assessments using Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, v. 315, p. 1–18, 2024. DOI: 10.1016/j.ejor.2023.07.027.

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. DOI: 10.1016/0377-2217(78)90138-8.

CHEN, Shih-Pin; CHANG, Chung-Wei. Measuring the efficiency of university departments: an empirical

study using data envelopment analysis and cluster analysis. *Scientometrics*, v. 126, p. 5263-5284, 2021. DOI: 10.1007/s11192-021-03982-3.

DONTHU, Naveen; KUMAR, Satisch; PANDEY, Nitesh; LIM, Wi Cheong. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, v. 133, p. 285-296, 2021. DOI: 10.1016/j.jbusres.2021.04.070.

GANGA-CONTRERAS, Francisco et al. Research efficiency in Chilean universities: a look from data envelopment analysis. *Iberoamerican Journal of Science Measurement and Communication*, v. 5, n. 1, p. 1-19, 2025. DOI: 10.47909/ijsmc.173.

GOMES, E. G.; BAPTISTA, D. C. Modelos de análise por envoltória de dados orientados a insumos e produtos. *Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 287–307, 2004.

GITMAN, Lawrence J.; ZUTTER, Chad J. *Princípios de Administração Financeira*. 13. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

HANUSHEK, Eric A.; WOESSION, Ludger. The economic impacts of learning losses. *OECD Education Working Papers*, n. 225, 2020. DOI: 10.1787/21908d74-en.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). *Censo da Educação Superior 2023 – Resultados*. Brasília: INEP, 2024. Disponível em:<https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da-educacao-superior/resultados>. Acesso em: 22 jan. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). *Indicadores de qualidade da educação superior – Dados de 2023*. Brasília: INEP, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/indicadores-educacionais/indicadores-de-qualidade-da-educacao-superior>. Acesso em: 16 nov. 2024.

MANKIW, N. Gregory. *Introdução à Economia*. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

MONTEIRO, Allan Pinheiro. Dataset and DEA reports (CCR, *input-oriented*) on Brazilian federal universities – 2023. Zenodo, 2025. Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15777155>

OECD. *Education at a Glance 2021: OECD Indicators*. Paris: OECD Publishing, 2021. DOI: 10.1787/b35a14e5-en.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.* Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 22 set. 2024.

PARADI, Joseph C.; SHERMAN, H. David; TAM, Fai Keung. *Data Envelopment Analysis in the Financial Services Industry: A Guide for Practitioners and Analysts Working in Operations Research Using DEA.* Cham: Springer, 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-69725-3.

SAMUELSON, Paul A.; NORDHAUS, William D. *Economia.* 19. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2010.

TORRES, Lívia Mariana Lopes de Souza; RAMOS, Francisco S. Are Brazilian Higher Education Institutions Efficient in Their Graduate Activities? A Two-Stage Dynamic Data-Envelopment-Analysis Cooperative Approach. *Mathematics*, v. 12, n. 6, art. 884, 2024. DOI: 10.3390/math12060884.

UNESCO; COMISSÃO INTERNACIONAL SOBRE O FUTURO DA EDUCAÇÃO. *Reimagining Our Futures Together: A New Social Contract for Education.* Paris: UNESCO, 2021. DOI: 10.54675/ASRB4722.

WOESSMANN, Ludger. Skills and Earnings: A Multidimensional Perspective on Human Capital. *EdWorkingPaper: 24-1075*, Annenberg Institute at Brown University, nov. 2024. DOI: 10.26300/4cjn-sp54.

WORLD BANK. *World Development Report 2023: Migrants, Refugees, and Societies.* Washington, DC: World Bank, 2023. DOI: 10.1596/978-1-4648-1941-4.