



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

FELIPE ALVES MENDES DA SILVA

**EFICIÊNCIA DAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS BRASILEIRAS: AVALIAÇÃO
DA GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO SOB A ÓTICA DE UM MODELO EM
REDES COM RECURSOS COMPARTILHADOS**

Recife

2023

FELIPE ALVES MENDES DA SILVA

**EFICIÊNCIA DAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS BRASILEIRAS: AVALIAÇÃO
DA GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO SOB A ÓTICA DE UM MODELO EM
REDES COM RECURSOS COMPARTILHADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Pesquisa Operacional.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Sousa Ramos.

Recife

2023

Catálogo na fonte
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

S586e Silva, Felipe Alves Mendes da.
Eficiência das universidades públicas brasileiras: avaliação da graduação e pós-graduação sob a ótica de um modelo em redes com recursos compartilhados / Felipe Alves Mendes da Silva. 2023.
101 f: il.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Sousa Ramos.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Recife, 2023.
Inclui referências e apêndices.

1. Engenharia de Produção. 2. Network data envelopment analysis (NDEA). 3. Eficiência. 4. Ensino superior. 5. universidades brasileiras. I. Ramos, Francisco de Souza (Orientador). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG / 2023 - 93

FELIPE ALVES MENDES DA SILVA

**EFICIÊNCIA DAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS BRASILEIRAS: AVALIAÇÃO
DA GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO SOB A ÓTICA DE UM MODELO EM
REDES COM RECURSOS COMPARTILHADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 28/02/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco de Sousa Ramos (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Cabral Seixas Costa (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Paulo Amilton Maia Leite Filho (Examinador Externo)
Universidade Federal da Paraíba

Dedico este trabalho aos meus pais, Márcia e Jarbas, pelo amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por direcionar meus passos ao longo desse caminho, dando-me força, saúde e confiança necessária para superar os obstáculos desse ciclo que se encerra.

Aos meus pais, Márcia e Jarbas, por sempre estarem do meu lado, me apoiando, me incentivando e acreditando no meu potencial. Todas as minhas conquistas, realizações e a pessoa que sou hoje é em virtude dos seus esforços, princípios e amor. Amo vocês.

Aos meus irmãos, Júlia e Gustavo, por todo companherismo ao longo desses anos. Obrigado por tudo e amo vocês.

Aos meus familiares, que torcem pelo meu sucesso pessoal e profissional. Em especial, minha Madrinha Magna e minha prima Janeclecia, por toda atenção e incentivo.

À Gilvando, por toda assistência nas minhas idas a Recife, pela sua amizade e pelos conselhos de vida. Sou muito grato de ter pessoas como você na minha vida.

À Rayane, por dividir comigo os perrengues de Microeconomia, por ser minha parceira de orientação e agora uma das pessoas que levarei para a vida.

Ao meu grupo do mestrado, Yara e Marquinhos por todas as risadas e momentos de descontração durante essa jornada no PPGEP.

A todos os meus amigos, que de maneira geral sempre me apoiam, me incentivam e torcem pelo meu sucesso.

Ao meu orientador Francisco de Sousa Ramos, por todo suporte necessário. Agradeço por sua dedicação, sua paciência e por confiar em mim. Você é um exemplo de profissional que desejo seguir.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP/UFPE), pelos conhecimentos a mim concedidos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro prestado durante todo o período do mestrado, permitindo assim o desenvolvimento da minha pesquisa.

E a todos que contribuíram de alguma forma para a finalização de mais um ciclo da minha vida.

Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o que, com frequência, poderíamos ganhar, por simples medo de arriscar.

William Shakespeare

RESUMO

As avaliações no segmento educacional apresentam-se como um desafio devido aos inúmeros critérios a serem considerados. Desse modo, o presente trabalho propõe uma nova abordagem para avaliar as instituições de ensino superior brasileiras por meio de um modelo DEA em redes (Network DEA - NDEA). O modelo proposto contempla dois estágios em paralelo e visa avaliar as atividades de graduação e pós-graduação considerando o compartilhamento de recursos entre essas atividades e variáveis indesejáveis. A modelagem NDEA possibilita representar de forma adequada o ensino superior brasileiro, uma vez que essas atividades se desenvolvem de forma paralela. Uma amostra com 81 universidades públicas foi utilizada para ilustrar o método e os dados correspondem ao ano de 2020. Os resultados indicam que os índices de eficiência da pós-graduação são superiores aos da graduação, demonstrando ao governo que a graduação deve ser o foco no desenvolvimento de estratégias de melhoria do ensino superior. Os resultados do modelo NDEA foram comparados com o modelo CCR, o que permitiu verificar um maior poder de discriminação por parte do primeiro modelo. Foi realizada uma análise de sensibilidade do modelo e não se observou grandes variações nos scores de eficiência, constatando a sua robustez. A abordagem proposta fornece novos insights sobre o ensino superior brasileiro e por meio da decomposição de eficiência o tomador de decisão é capaz de identificar a estrutura acadêmica menos eficiente, facilitando o desenvolvimento de estratégias de melhoria para cada universidade.

Palavras-chave: *network data envelopment analysis* (NDEA); eficiência; ensino superior; universidades brasileiras.

ABSTRACT

Evaluations in the educational segment present themselves as a challenge due to the many criteria to be considered. Thus, the present work proposes a new approach to evaluate Brazilian higher education institutions using a DEA model in networks. The proposed model contemplates two steps in parallel and aims to evaluate undergraduate and graduate activities considering the sharing of resources between these activities and undesirable variables. The NDEA modeling makes it possible to adequately represent Brazilian higher education since these activities are developed in parallel. A sample with 81 public universities was used to illustrate the method and the data correspond to the year 2020. The results indicate that graduate efficiency rates are higher than undergraduate efficiency rates, demonstrating to the government that undergraduate education should be the focus in developing strategies to improve higher education. The results of the NDEA model were compared with the CCR model, which allowed us to verify a greater power of discrimination on the part of the former model. A sensitivity analysis of the model was performed and no major variations in efficiency scores were observed, confirming its robustness. The proposed approach provides new insights into Brazilian higher education and through efficiency decomposition, the decision maker can identify the least efficient academic structure, facilitating the development of improvement strategies for each university.

Keywords: network data envelopment analysis (NDEA); efficiency; higher education; brazilian universities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Indicadores de qualidade do Ensino Superior Brasileiro	23
Figura 2 – Representação Gráfica da DMU	27
Figura 3 – Modelo de Fronteira de Eficiência	28
Figura 4 – Diferença entre a representação da DMU em modelos clássicos e modelos de rede	36
Figura 5 – Etapas da pesquisa.....	45
Figura 6 – Sistema de produção paralelo com q unidades de produção	46
Figura 7 – Modelo de dois estágios em paralelo com inputs compartilhados	48
Figura 8 – Estrutura proposta do modelo NDEA	51
Figura 9 – Distribuição das universidades pelas regiões brasileiras	55
Figura 10 – Dispersão do score de eficiência por tipo de universidade	66
Figura 11 – Dispersão dos scores de eficiência por região.....	68
Figura 12 – Análise da eficiência variando o limite superior de α_1	71
Figura 13 – Análise da eficiência variando o limite inferior de α_1	72
Figura 14 – Análise da eficiência variando o limite superior de α_2	73
Figura 15 – Análise da eficiência variando o limite inferior de α_2	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Hipóteses da Pesquisa	18
Tabela 2 - Indicadores que compõem o CPC e seus respectivos pesos.....	24
Tabela 3 - Formulações do modelo fracionário.....	30
Tabela 4 - Formulações do modelo CCR Primal.....	31
Tabela 5 - Formulações do modelo CCR Dual.....	32
Tabela 6 - Formulações do modelo BCC Primal.....	33
Tabela 7 - Formulações do modelo BCC Dual.....	34
Tabela 8 - Caracterização da pesquisa.....	43
Tabela 9 - Variáveis utilizadas no estudo	51
Tabela 10 - Universidades selecionadas para compor a amostra	54
Tabela 11 - Estatística Descritiva das Variáveis	56
Tabela 12 - Resultados do Modelo NDEA em paralelo	58
Tabela 13 - Score de eficiência por estágio	60
Tabela 14 - Comparação dos resultados do modelo NDEA paralelo com o modelo CCR	63
Tabela 15 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis de acordo com o tipo de universidade	67
Tabela 16 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para universidades em diferentes regiões ..	69
Tabela 17 - Médias dos scores de eficiência global e dos estágios por tipo de tratamento.....	75
Tabela 18 - DMU's consideradas eficientes por tipo de tratamento	76

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa e Relevância	15
1.2	Problema e objetivos de pesquisa	17
1.2.1	Objetivo Geral	17
1.2.2	Objetivos Específicos	17
1.3	Estrutura do Trabalho	18
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1	Avaliação do Ensino Superior no Brasil	20
2.1.1	Indicadores de Qualidade do Ensino superior	22
2.2	Análise Envoltória de Dados	27
2.2.1	Conceitos Gerais	27
2.2.2	Modelos Clássicos	30
2.2.3	NETWORK DEA	35
2.2.4	DEA no Segmento Educacional	37
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	43
3.1	Caracterização da Pesquisa	43
3.2	Etapas da Pesquisa	44
3.3	Modelagem NDEA em Paralelo com Inputs Compartilhados	45
3.4	Seleção das DMU's e Coleta de Dados	53
4	ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS	56
4.1	Estatística Descritiva dos Dados	56
4.2	Análise de Eficiência	57
4.3	Análise de Desempenho entre as Universidades Federais, Estaduais e Municipais	65
4.4	Análise de Desempenho entre as Regiões Brasileiras	68
4.5	Análise de Sensibilidade do Modelo	70
4.6	Análise de Eficiência com Outros Tipos de Tratamento de Saídas Indesejáveis	75

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
5.1	Sugestões para Trabalhos Futuros	79
	REFERÊNCIAS	81
	APÊNDICE A – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA O LIMITE SUPERIOR DE α_1.....	90
	APÊNDICE B – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA O LIMITE INFERIOR DE α_1.....	92
	APÊNDICE C – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA O LIMITE SUPERIOR DE α_2.....	94
	APÊNDICE D – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA LIMITE INFERIOR DE α_2.....	96
	APÊNDICE E – RESULTADOS DO MODELO NDEA CONSIDERANDO A SAÍDA INDESEJÁVEL COMO ENTRADA.....	98
	APÊNDICE F – RESULTADOS DO MODELO NDEA DE ACORDO COM A ABORDAGEM DO INVERSO MULTIPLICATIVO	100

1 INTRODUÇÃO

A educação é importante para todas as esferas da sociedade. Seus benefícios contribuem tanto para o desenvolvimento da sociedade quanto para os indivíduos (JOHNES; PORTELA; THANASSOULIS, 2017). Nesse contexto, o ensino superior é considerado um pilar crucial para impulsionar diferentes aspectos do desenvolvimento socioeconômico de um país, de modo que países desenvolvidos possuem uma estreita relação entre a importância do ensino superior e o desenvolvimento econômico (SHAMOHAMMADI; OH, 2019).

Uma vez que o crescimento econômico de um país está relacionado com o desempenho de seu sistema educacional, visto que altos níveis de educação estão associados tanto a uma alta taxa de empregabilidade quanto a uma alta renda de pessoas com ensino superior, há um interesse crescente do governo e das Instituições de Ensino Superior (IES) em avaliar a qualidade da educação e a eficiência dos recursos investido na educação (CONTRERAS; LOZANO, 2020; MONCAYO–MARTÍNEZ; RAMÍREZ–NAFARRATE; HERNÁNDEZ–BALDERRAMA, 2020).

No entanto, essa avaliação envolve um processo complexo e criterioso capaz de abranger as relações existentes entre suas atividades essenciais. Essa complexidade está atrelada as diversas variáveis que devem ser levadas em consideração para se obter uma visão geral do desempenho do sistema educacional, tornando um processo de avaliação desafiador, exigindo uma visão holística e equilibrada, considerando os diversos interesses, atribuições e subprocessos em contexto (STUMBRIENE; CAMANHO; JAKAITIENE, 2020; TAVARES; ANGULO-MEZA; SANT’ANNA, 2021).

Diante da importância e complexidade envolvendo a avaliação do ensino superior, foi criado no Brasil o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES) pela Lei nº. 10.861, de 14 de abril de 2004. O novo sistema visa avaliar de forma integrada as instituições, cursos de graduação e o desempenho dos alunos, através de um conjunto de indicadores de desempenho que avaliam todas as partes do sistema (BRASIL, 2004).

Entre os indicadores criados no âmbito do SINAES, destaca-se no ano de 2008 a criação do Índice Geral de Cursos (IGC) e o Conceito Preliminar de Curso (CPC), indicadores utilizados pelo governo para avaliar a qualidade das IES brasileiras e seus respectivos cursos de graduação (IKUTA, 2016). Esses indicadores servem como base para subsidiar o reconhecimento e credenciamento de cursos e instituições, além de serem utilizados como parâmetro para elaboração de políticas públicas pelo governo e como critério na construção da matriz de distribuição orçamentária (HOFFMANNI *et al.*, 2014; IKUTA, 2016; INEP, 2020).

O IGC é construído com base numa média ponderada das notas dos cursos de graduação e pós-graduação de cada instituição. Assim, sintetiza num único indicador a qualidade de todos os cursos de graduação e pós-graduação da mesma instituição de ensino (INEP, 2020). Diante da sua relevância no contexto nacional, os resultados do IGC são utilizados como instrumento para o ranqueamento das instituições e para o marketing institucional (MENDES; DUTRA, 2019).

Dada a importância do IGC para a sociedade, sua formulação é foco de debate e crítica por parte da comunidade acadêmica brasileira, tais críticas estão principalmente relacionadas ao CPC que é um importante indicador para composição do IGC. A principal crítica reside na falta de consenso sobre a atribuição de pesos nos componentes do CPC, no entanto, existem críticas relacionadas ao uso da mesma avaliação para cursos de diferentes áreas e diferentes tipos de instituições, ao processo de padronização das notas, e ao alto grau de subjetividade em alguns de seus indicadores (BITTENCOURT *et al.*, 2010; IKUTA, 2016; LACERDA; FERRI, 2017; ZANELLA; OLIVEIRA, 2021).

Diante desse contexto, uma abordagem que vem sendo constantemente aplicada na avaliação do ensino superior é a Análise Envoltória de Dados (DEA) (TAVARES; ANGULO-MEZA; SANT'ANNA, 2021). Desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), essa técnica tornou-se uma das principais técnicas não paramétricas, com modelos consolidados ao longo dos mais de quarenta anos. O DEA é uma das técnicas mais eficazes para medir a eficiência relativa de um conjunto de unidades de tomada de decisão (DMUs) com múltiplas entradas (inputs) e saídas (outputs) (KAO, 2016). Uma das vantagens da técnica, é que ela não requer pesos pré-definidos das variáveis no cálculo da eficiência (DING *et al.*, 2021).

No entanto, os modelos DEA tradicionais consideram as DMU's como "caixas pretas" e desconsideram a estrutura interna da DMU, ou seja, eles não avaliam os processos internos nas DMU's (AKBARIAN, 2021). Para sanar essa lacuna, existe os modelos *Network Data Envelopment Analysis* (Network DEA - NDEA) ou DEA em rede, que consideram a estrutura interna da DMU, permitindo uma análise mais detalhada da DMU (LOZANO, 2015). Um tipo básico de estrutura de rede é um sistema paralelo em que um processo de produção ou uma DMU consiste em um conjunto de subunidades atuando em paralelo de forma independente (DU; CHEN; HUO, 2015). Nesse contexto, uma extensão do sistema paralelo considera o compartilhamento de alguns recursos entre os subprocessos (AN *et al.*, 2018).

Mediante a relevância das IES para sociedade, além das críticas verificadas na literatura em relação aos indicadores utilizados pelo governo para a avaliação do ensino superior, visto que o IGC agrega aspectos relacionados a graduação e pós-graduação em um mesmo indicador,

sem considerar as realidades distintas dessas duas estruturas de formação acadêmica para avaliar a qualidade das IES. Propõe-se nesse trabalho uma nova modelagem para realizar uma avaliação flexível e adequada do sistema de ensino superior brasileiro por meio de um modelo DEA em redes em paralelo com inputs compartilhados e saídas indesejáveis. Com o modelo proposto não é necessário pesos pré-definidos e possibilita obter novas métricas de avaliação por meio da decomposição de eficiência, fornecendo informações gerenciais mais precisas e auxiliando os gestores no desenvolvimento de políticas de melhoria.

1.1 Justificativa e Relevância

As instituições de ensino superior (IES) possui relevância indiscutível no caráter social, tecnológico e econômico de um país. Essas instituições desempenham a função social de gerar, adquirir e compartilhar conhecimento, bem como desenvolver inovação tecnológica e formar profissionais qualificados para atender os diversos setores do mercado, como resultado, contribui para o desenvolvimento do sistema econômico (KATHARAKI; KATHARAKIS, 2010).

De acordo com *The Times Higher Education (THE)*, um ranking acadêmico de universidades globais que procura avaliar a qualidade das instituições de ensino superior no mundo, das 70 instituições brasileiras constantes do ranking, 55 são universidades públicas. Além disso, a qualidade das IES brasileiras tem sido atestada por órgãos governamentais como avaliações do INEP, CAPES e outras instituições privadas (ANDIFES, 2017).

Segundo Ikuta (2016), os indicadores disponibilizados pelo governo para avaliar as IES brasileiras, tais como o IGC, estimulam a criação de rankings universitários e estimulam a competitividade entre as IES. Entretanto, Johnes (2018) afirma que a abordagem metodológica subjacente à construção de rankings universitários que envolve essencialmente o cálculo de um índice composto a partir de um conjunto de dados, devem ser analisados com extrema cautela, visto que esses rankings são direcionados ao público em geral, como alunos, gestores e governo, assim, uma abordagem metodológica inadequada pode levar ao desenvolvimento de políticas inadequadas, decisões gerenciais ruins ou alunos escolhendo a universidade errada para suas necessidades.

Diante desse contexto, a avaliação de desempenho do ensino superior tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores. Nesse sentido, uma abordagem que vem sendo constantemente aplicada nesse tipo de avaliação é a Análise Envoltória de Dados (DEA), uma técnica não-paramétrica com vasta literatura nas questões de mensuração de desempenho. No estudo de Johnes (2015), o autor destaca que a educação tem sido uma área popular de

aplicações da DEA e que os idealizadores da técnica a introduziram nesse contexto. Logo, o segmento educacional está entre as cinco principais áreas de aplicação do DEA (LIU *et al.*, 2013).

No contexto supracitado, há aplicações na avaliação de universidades (CHEN *et al.*, 2021; NAZARKO; SAPARAUSKAS, 2014; WOLSZCZAK-DERLACZ; PARTEKA, 2011; YANG; FUKUYAMA; SONG, 2018), na alocação de recursos (CONTRERAS; LOZANO, 2020), desempenho de pesquisa (AMARA; RHAJEM; HALILEM, 2020; DING *et al.*, 2021), departamentos acadêmicos (AGASISTI *et al.*, 2012; CHEN; CHANG, 2021; KAO; HUNG, 2008) e cursos de graduação (SZUWARZYŃSKI, 2021). De acordo com Costa *et al.*, (2012) o crescente número de aplicação do DEA para estimar a eficiência do setor educacional é decorrente das características do referido setor, sendo composto por múltiplos insumos e múltiplos produtos, facilitando a estimação da fronteira de eficiência pelo DEA.

Na avaliação do desempenho do ensino superior brasileiro, diversos estudos foram realizados. Podemos citar os estudos de Tavares, Angulo-meza e Sant'anna (2021); Junior, Flach e Mattos (2020); (OLIVEIRA *et al.*, 2014); (BELLONI, 2000). No entanto, grande parte dos estudos envolvendo DEA no ensino superior nacional fazem o uso dos modelos clássicos da técnica. Johnes (2015) alerta sobre a importância de avaliar o desempenho do segmento educacional por meio de proposições mais recentes do DEA como os modelos em redes.

Desse modo, propõe-se um modelo para avaliar as universidades por meio de um modelo em redes em paralelo com recursos compartilhados e saídas indesejáveis. A estrutura proposta contempla dois estágios em paralelo e visa avaliar de forma independente as atividades da graduação e pós-graduação de uma mesma instituição, uma vez que na realidade brasileira essas atividades se desenvolvem de forma paralela.

Logo, avaliar essas instituições em um modelo “caixa preta” acarretaria uma perda de informação, impossibilitando identificar as fontes de ineficiência das unidades avaliadas. Além disso, desconsiderar o compartilhamento de recursos entre essas duas atividades seria penalizar a eficiência desses dois sistemas. Nesse sentido, o modelo em redes é adequado para avaliar as IES, pois permite separar as divisões existentes no ensino superior e representar adequadamente a realidade brasileira.

Esse método é de grande relevância porque avalia as instituições de ensino superior brasileiras, visto que o Brasil é um país intercontinental com problemas socioeconômicos como desigualdade social, falta de capital humano qualificado e pobreza crescente (TORRES; SIVA; RAMOS, 2022). Assim, a superação desses problemas exige a consolidação de um sistema de ensino superior qualificado e comprometido com os interesses da sociedade (BERTOLIN,

2011). Portanto, avaliar e monitorar o desempenho do sistema nacional de ensino superior é uma análise de serviço público essencial para garantir maior igualdade entre as regiões do país.

Há quatro contribuições desta pesquisa para a literatura. Primeiro, é proposto uma nova modelagem DEA para avaliar as universidades brasileiras. Essa abordagem pode auxiliar os tomadores de decisão a traçar estratégias mais eficazes de acordo com os resultados dos estágios individuais para melhorar o desempenho do sistema. Segundo, a modelagem proposta considera que cada estágio consome quantidade de entradas diferentes para produzir saídas diferentes. Em terceiro, o método considera o compartilhamento de recursos para medir com precisão a eficiência das universidades brasileiras. Por fim, considerar saídas indesejáveis na mensuração da eficiência das universidades brasileiras representa uma avaliação inovadora na literatura DEA nacional.

1.2 Problema e objetivos de pesquisa

Avaliar o desempenho das instituições de ensino superior pode fornecer parâmetros para o governo sobre o atual cenário das instituições do país, visto que universidades eficientes contribuem no desenvolvimento social e econômico. Além disso, um sistema de avaliação eficaz auxilia no desenvolvimento de políticas públicas e contribui na distribuição dos recursos de maneira mais eficiente.

Mediante o exposto, o presente estudo objetiva a responder ao seguinte problema de pesquisa: *O modelo atual utilizado pelo governo para a avaliação das universidades de forma global considerando as dimensões de ensino da graduação e pós-graduação está adequado?*

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho consiste em propor um modelo DEA em redes para avaliação do ensino superior brasileiro, possibilitando mitigar as atuais limitações enfrentadas pelo governo no procedimento de avaliação vigente.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Realizar revisão bibliográfica das principais aplicações da DEA no segmento educacional;
- Investigar as particularidades do procedimento atual de avaliação do ensino superior brasileiro;

- Realizar a modelagem para avaliar as instituições de ensino brasileiras;
- Identificar as fontes de ineficiências das unidades avaliadas;
- Verificar a consistência do modelo através de uma análise de sensibilidade.

A melhoria no desempenho das universidades possibilita trazer retornos sociais e econômicos para todas as partes interessadas. O benefício social obtido com esse incremento de performance está atrelado ao desenvolvimento humano, científico e tecnológico, formando pessoas mais qualificadas, podendo levar a mais oportunidades de emprego e melhores salários.

Os objetivos do trabalho possibilitam contribuir na esfera econômica por meio da identificação das instituições eficientes e ineficientes. Universidades bem avaliadas atraem mais alunos, ajudando a desenvolver a economia das regiões onde estão inseridas. Além disso, essas instituições recebem mais parcerias com empresas e organizações para ter acesso a talentos altamente qualificados e a pesquisa inovadora, possibilitando atrair mais investimentos e impulsionando o desenvolvimento econômico.

Frente ao exposto, propõe-se duas hipóteses de pesquisa com a finalidade de avaliar a influência de fatores internos e externos na eficiência das instituições. Essas hipóteses foram propostas com o propósito de responder a alguns questionamentos importantes para o segmento educacional, os quais se encontram detalhados no Tabela 1.

Tabela 1 – Hipóteses da Pesquisa

Hipóteses	Questionamentos
H1 – O tipo de instituição influencia no desempenho.	A consideração da estrutura administrativa da instituição impacta na mensuração da eficiência?
H2- A localização geográfica influencia no desempenho.	A consideração da localização geográfica impacta na eficiência das universidades?

Fonte: O autor (2023).

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está organizado em cinco seções. O primeiro capítulo refere-se à introdução. Essa apresenta a contextualização do desenvolvimento do trabalho enaltecendo tanto a justificativa e a relevância da existência desta pesquisa, quanto abordando a finalidade do estudo através de um objetivo geral e específicos.

O segundo capítulo expõe o referencial teórico e a revisão da literatura, discutindo os principais conceitos-chaves tratados neste documento, bem como o estado de arte. Inicialmente,

apresenta-se o processo de avaliação do ensino superior no Brasil e os indicadores de qualidade utilizados pelo governo nesse processo. Posteriormente, é abordado os principais conceitos referentes a Análise Envoltória de Dados (DEA), elucidando os modelos clássicos, modelos em rede e uma sistematização das pesquisas DEA no segmento educacional.

O terceiro capítulo discorre o método de pesquisa. Ocorre a pormenorização do método implementado com o propósito de alcançar os objetivos delineados para a pesquisa. O método contempla a modelagem NDEA, seleção da amostra e coleta dos dados.

O capítulo quatro apresenta os dados, as análises realizadas e os resultados obtidos com a modelagem desenvolvida. Por fim, o capítulo cinco apresenta as considerações finais, explanando os objetivos e sugerindo a continuação da pesquisa por meio de proposições futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a fundamentação teórica e a revisão da literatura. Inicialmente, aborda-se o processo de avaliação do ensino superior no Brasil, destacando os principais indicadores de qualidade utilizados no processo de avaliação. Posteriormente, apresenta-se a Análise Envoltória de Dados (DEA), destacando os principais conceitos e modelos relacionados a técnica, bem como as principais aplicações no setor educacional.

2.1 Avaliação do Ensino Superior no Brasil

As origens do processo de avaliação do ensino superior no Brasil remontam ao final da década de 50, período que iniciou os intensos debates sobre o modelo universitário brasileiro e início da década de 60, quando foi implementada a reforma universitária de 1968 (BELLONI, 2000). Embora ao longo dos anos esse processo tenha sofrido mudanças significativas nos principais fatores estruturais e conjunturais que o condicionam, o atual modelo do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES) ainda contém métricas que remontam aquela época (ZANDEVALLI, 2009).

Instituído pela Lei nº 10.861 de 14 de abril de 2004, o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES) foi estabelecido com o propósito de avaliar as instituições, os cursos e o desempenho estudantil. Desse modo, são avaliados todos os aspectos que giram em torno desses três eixos, como ensino, pesquisa, extensão, responsabilidade social, desempenho dos alunos, gestão da instituição, corpo docente e as instalações (MEC, 2018).

Os principais objetivos do SINAES envolvem a melhoria da qualidade da educação superior, bem como orientar a expansão da sua oferta; promover a eficácia institucional e efetividade acadêmica e social do ensino superior; estabelecer compromissos e responsabilidades sociais das instituições de educação superior, através da valorização de sua missão pública, incentivo de valores democráticos e respeito as diferenças, diversidades, identidade institucional e a autonomia de cada organização (BRASIL, 2004).

Como brevemente mencionado, o SINAES estrutura-se em três pilares avaliativos: Avaliação das Instituições de Educação Superior (AVALIES), Avaliação dos Cursos de Graduação (ACG) e o Exame Nacional do Desempenho dos Estudantes (ENADE). Contempla, ainda, o Censo da Educação Superior e o Cadastro de Cursos e Instituições (INEP, 2009). Dessa forma, as informações que englobam o SINAES são utilizadas para orientação institucional e para embasar políticas públicas em instituições de ensino superior. Além disso, os dados

também são úteis para a sociedade, principalmente aos estudantes, como referência sobre às condições dos cursos e instituições (MEC, 2018).

A AVALIES subdivide-se em duas modalidades: autoavaliação, desenvolvida pela própria instituição, através de uma comissão de avaliação composta por membros da própria instituição e representantes da sociedade civil mais envolvidos com as IES; e a avaliação externa, realizada por uma comissão formada por especialistas designados pela CONAES. Por sua vez, o ACG avalia a qualidade relacionada a infra-estrutura, corpo docente e organização didático-pedagógica subjacente a um cursos, com o intuito de identificar as condições de ensino ofertadas aos estudantes de graduação, sendo uma avaliação realizada por especialistas designados pelo MEC (INEP, 2009). Por outro lado, o ENADE consiste em um exame aplicado aos estudantes da graduação ingressantes e concluintes com a finalidade de avaliar o desempenho desses alunos em relação aos conteúdos programáticos previstos nas diretrizes curriculares dos cursos (INEP, 2018).

Segundo Guerra e Souza (2020), esses três processos são articulados entre si formando um sistema global e integrado de avaliação das ações acadêmicas com o objetivo de identificar as potencialidades e dificuldades dos cursos e instituições. Além disso, o SINAES possui diversos instrumentos voltados para auxiliar a coleta e divulgação de dados, como o Censo da Educação Superior e o Cadastro de Cursos e Instituições.

O Censo da Educação Superior é um instrumento de obtenção de dados para geração de informações, monitoramento e avaliação de políticas públicas, além de ser elemento essencial para a elaboração de estudos e pesquisas sobre o setor, possibilitando analisar as tendências da educação superior (INEP, 2020). O Censo é realizado anualmente pelo INEP e contempla uma gama de informações relativas à educação superior, incluindo vagas oferecidas, candidatos, matrículas, ingressantes, concluintes e docentes, nas diferentes formas de organização acadêmica e categoria administrativa. De forma análoga ao Censo, o Cadastro de Cursos e Instituições decorre da coleta de informações sobre as IES e seus cursos (INEP, 2009).

Os processos avaliativos são coordenados e supervisionados pela Comissão Nacional de Avaliação da Educação Superior (CONAES). Enquanto a operacionalização é de responsabilidade do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

A CONAES é o órgão colegiado de coordenação e supervisão do SINAES, instituído pela Lei nº 10.861, de 14 de abril de 2004. O CONAES possui as seguintes atribuições:

- I - propor e avaliar as dinâmicas, procedimentos e mecanismos da avaliação institucional, de cursos e de desempenho dos estudantes; II - estabelecer diretrizes

para organização e designação de comissões de avaliação, analisar relatórios, elaborar pareceres e encaminhar recomendações às instâncias competentes; III - formular propostas para o desenvolvimento das instituições de educação superior, com base nas análises e recomendações produzidas nos processos de avaliação; IV - articular-se com os sistemas estaduais de ensino, visando a estabelecer ações e critérios comuns de avaliação e supervisão da educação superior; V – submeter anualmente à aprovação do Ministro de Estado da Educação a relação dos cursos a cujos estudantes será aplicado o Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes ENADE; VI - elaborar o seu regimento, a ser aprovado em ato do Ministro de Estado da Educação; VII - realizar reuniões ordinárias mensais e extraordinárias, sempre que convocadas pelo Ministro de Estado da Educação (BRASIL, 2004).

O INEP é uma autarquia federal e representa uma referência nacional em três grandes áreas de atuação: a) avaliações e exames educacionais; b) pesquisas estatísticas e indicadores educacionais; e c) gestão do conhecimento e estudos educacionais. Também é importante destacar que o INEP é vinculado ao Ministério da Educação.

Entre suas responsabilidades no Ensino Superior, deve-se destacar o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), a avaliação de alunos de graduação, cursos de graduação e universidades. O Enem corresponde à prova de avaliação mais relevante para ingressar nas universidades brasileiras. A sua nota pode ser utilizada em instituições públicas, privadas e estrangeiras, e as universidades portuguesas utilizam a nota como critério de admissão. Ao mesmo tempo, algumas instituições americanas, canadenses, britânicas e francesas consideram a nota do teste um indicador relevante para avaliar a trajetória escolar do candidato.

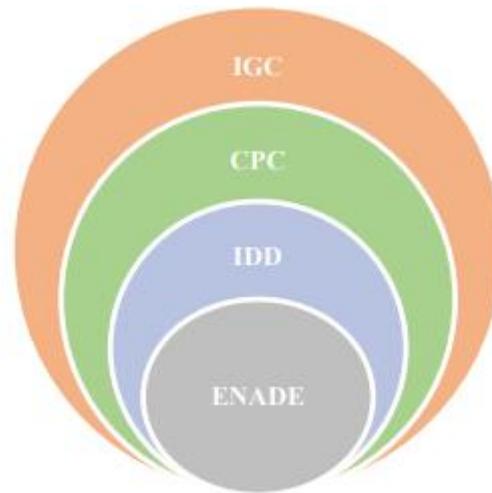
Entre os indicadores, o INEP disponibiliza anualmente um conjunto de indicadores de qualidade do ensino superior, tais como: (1) Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE); (2) Indicador da Diferença entre Performances Observadas e Esperadas (IDD); (3) Conceito Preliminar de Curso (CPC); (4) Índice Geral de Cursos (IGC).

2.1.1 Indicadores de Qualidade do Ensino superior

O uso de indicadores para avaliar o desempenho dos sistemas educativos fornece informações relevantes e abrangentes sobre aspectos importantes da realidade observada, que geralmente, é resultado de algum tipo de dado ou informação quantitativa e qualitativa (ANDRIOLA; ARAÚJO, 2018).

A Figura 1 ilustra a relação dos quatro indicadores de qualidade disponibilizados pelo INEP para a avaliação do ensino superior brasileiro. Como podemos observar, o SINAES tem o ENADE como métrica focal do sistema, pois dele derivam os outros indicadores.

Figura 1 – Indicadores de qualidade do Ensino Superior Brasileiro



Fonte: Leal (2018).

O conceito ENADE avalia os cursos de graduação a partir dos resultados obtidos pelos estudantes no Exame Nacional de Desempenho de Estudantes. No cálculo do indicador é utilizado informações como: o número de estudantes concluintes participantes com resultados válidos, o desempenho dos estudantes participantes na parte de Formação Geral (FG) e o desempenho dos estudantes participantes na parte de Componente Específico (CE) do exame (INEP, 2018).

É importante enfatizar que todas as medidas originais referentes ao Conceito Enade, são padronizadas e reescaladas para assumirem valores de 0 a 5, na forma de variáveis contínuas. Desse modo, a nota dos concluintes é obtida a partir da média ponderada das notas padronizadas do respectivo curso de graduação em FG e CE, sendo 25% o peso da Formação Geral e 75% o peso do Componente Específico da nota final. Em síntese, O Conceito Enade é uma variável discreta que assume valores de 1 a 5, resultante da conversão da Nota dos Concluintes no Enade do curso de graduação. Também é importante destacar que para um curso tenha o Conceito Enade calculado, é necessário que ele possua pelo menos dois estudantes concluintes participantes do exame.

O conceito Enade é utilizado no cálculo de outro indicador de qualidade mencionado anteriormente, o Indicador de Diferença entre os Desempenhos Observado e Esperado (IDD). O IDD mede o valor agregado pelo curso de graduação ao desenvolvimento dos estudantes concluintes, considerando seu desempenho no Enade e suas características de desenvolvimento ao ingressar no curso de graduação avaliado (INEP, 2018).

Desse modo, o cálculo do IDD leva em consideração as seguintes informações: número de estudantes concluintes participantes no Enade com resultados válidos, desempenho geral dos estudantes participantes no Enade, desempenho dos estudantes no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) e o número de participantes no Enade com nota do Enem recuperada para o cálculo do IDD.

Além disso, é importante frisar que o IDD é uma variável discreta que assume valores de 1 a 5 e para que um curso tenha seu IDD calculado é necessário atender duas condições: (1) possuir no mínimo dois estudantes participantes do Enade com dados recuperados da base de dados do Enem no período entre o ano de ingresso no curso avaliado e os três anos anteriores e (2) atingir 20% do total de estudantes participantes do Enade com dados recuperados da base de dados do Enem.

Outro indicador de qualidade disponibilizado pelo INEP é o Conceito Preliminar do Curso (CPC). O CPC é um indicador de qualidade que reúne, em uma única medida, diversos aspectos relacionados aos cursos de graduação. É composto por oito componentes, entre eles o Enade e IDD, agrupados em quatro dimensões que avaliam a qualidade dos cursos de graduação (INEP, 2020). A Tabela 2 detalha as dimensões, os indicadores e os pesos utilizados no cálculo do CPC.

Tabela 2 – Indicadores que compõem o CPC e seus respectivos pesos

Dimensão	Indicadores	Peso
Desempenho dos Estudantes	Nota dos Concluintes no Enade (NC)	20,0%
Valor agregado pelo processo formativo oferecido pelo curso	Nota do Indicador da Diferença entre os Desempenhos Observado e Esperado (NIDD)	35,0%
	Nota de Proporção de Mestres (NM)	7,5%
Corpo Docente	Nota de Proporção de Doutores (ND)	15,0%
	Nota de Regime de Trabalho (NR)	7,5%
Percepção Discente sobre as Condições do Processo Formativo	Nota referente à organização didático-pedagógica (NO)	7,5%
	Nota referente à infraestrutura e instalações físicas (NF)	5,0%
	Nota referente às oportunidades de ampliação da formação acadêmica e profissional (NA)	2,5%

Fonte: (INEP, 2020).

Conforme apresentado na Tabela 2, dois indicadores representam as duas primeiras dimensões e refletem o desempenho dos alunos. NC indica a pontuação obtida no Exame Nacional de Desempenho do Estudante (Enade). Por outro lado, o NIDD refere-se a nota obtida

no indicador da Diferença entre Performances Observadas e Esperadas (IDD). Os indicadores referentes ao corpo docente representam a proporção de docentes com titulação de mestrado e/ou doutorado. Em contrapartida, a proporção do regime de trabalho indica o percentual de docentes do curso de graduação com tempo parcial ou integral. Todos os indicadores da percepção dos alunos sobre as condições do curso de graduação são obtidos com a aplicação de um questionário que todos os graduandos devem preencher antes do Enade. O valor de cada indicador consiste em uma média dos valores retornados pelos alunos.

Na Tabela 2 também é possível verificar os pesos utilizados pelo INEP para obter o valor do CPC. Podemos observar que é atribuído um peso de 20% à NC e outros 35% ao NIDD, resultando em um valor de 55% conferido diretamente ao desempenho dos alunos. Em relação ao corpo docente, é atribuído um peso de 30% distribuído em 7,5%, 15% e 7,5% para os indicadores NM, ND e NR respectivamente. Por outro lado, o indicador NO recebe um peso de 7,5%, enquanto NF recebe 5,0% e NA 2,5%, totalizando um valor de 15% atribuído a percepção dos discentes sobre o processo formativo. Dessa forma, o CPC consiste em uma soma ponderada de oito indicadores; portanto, é um indicador composto. É fundamental destacar que todos os indicadores são fornecidos pelo governo em uma escala de 0 a 5, onde zero é o pior valor possível e cinco é o melhor. A soma ponderada dos indicadores e seus respectivos pesos retorna o valor do CPC contínuo.

Por fim, o Índice Geral de Cursos Avaliados (IGC) é um indicador de qualidade utilizado para a avaliação das instituições. O IGC corresponde a uma média ponderada envolvendo as notas do CPC e do Conceito Capes dos cursos e programas de pós-graduação *stricto sensu* das Instituições de Educação Superior (IES) (INEP, 2020).

Dessa forma, o cálculo do IGC utiliza as seguintes informações: notas contínuas de CPCs referentes aos cursos de graduação avaliados no triênio de referência, número de matrículas nos cursos de graduação, conceitos dos cursos de Mestrado e Doutorado atribuídos pela Capes na última avaliação divulgada para os programas de pós-graduação reconhecidos e o número de matrículas nos cursos de Mestrado e Doutorado. Assim como os indicadores anteriores, o IGC é uma variável discreta que assume valores de 1 a 5 e a condição para que uma IES tenha seu IGC calculado, é que ela possua pelo menos um curso com concluintes inscritos no Enade no triênio de referência, além de ser necessário ter pelo menos um curso com CPC calculado.

O IGC é um indicador de grande relevância para o governo na avaliação das universidades, visto que instituições com IGC inferior a 3 necessitam de uma avaliação rigorosa por meio de visitas presenciais, sendo supervisionados por um determinado período, o que pode acarretar sanções, tais como, pedidos de abertura de novos cursos indeferidos e processos seletivos suspensos. Dessa forma, as instituições podem até ser descredenciadas se esses resultados insatisfatórios persistirem. Entretanto, apesar da relevância do IGC para avaliação

do ensino superior, algumas críticas são apresentadas na literatura quanto a sua construção, tais críticas estão principalmente relacionadas ao CPC que é um importante indicador para composição do IGC.

A primeira é em relação aos pesos. Na nota técnica do CPC, não há justificativa quanto à escolha dos pesos, dando a impressão de que os pesos foram atribuídos subjetivamente. Além disso, pequenas variações nos pesos podem alterar significativamente os resultados, especialmente considerando a configuração de alguns tipos de IES (BITTENCOURT et al., 2010; ZANELLA; OLIVEIRA, 2021). Desse modo, em um estudo comparativo, algumas IES são mais sensíveis a um determinado indicador, por exemplo aos itens relacionados ao desempenho dos estudantes, como é o caso das universidades federais, enquanto outras, como é o caso das universidades privadas, são mais sensíveis aos itens de infraestrutura e instalações físicas, ou seja, nesses dois tipos de IES existem pontos fortes e fracos a determinados itens e a distribuição de pesos poderá ser favorável ou não a um tipo de IES (BITTENCOURT et al., 2010).

Outra crítica diz respeito aos processos de ponderação e padronização das notas de cada indicador que compõe o CPC. Segundo Ikuta (2016), considerando a escala do CPC de 1 a 5 existe uma grande quantidade de cursos avaliados com conceito 3, sendo uma característica inerente à sua metodologia. Isso ocorre devido ao recurso estatístico de afastamento padronizado utilizado no cálculo de cada componente, acarretando uma maior homogeneização na distribuição das notas, concentrando-as principalmente na faixa 3 do CPC (BITTENCOURT et al., 2008).

Também é importante observar que alguns indicadores considerados no CPC possuem alto grau de subjetividade (IKUTA, 2016). 15% do CPC corresponde à percepção do aluno sobre as condições do curso de graduação. Os valores para os indicadores desta dimensão são obtidos através de longos questionários preenchidos pelos alunos do último ano de graduação. Assim, levando em consideração que 55% da nota final do CPC refere-se exclusivamente ao desempenho dos estudantes (ENADE e IDD), é importante enfatizar o fato de que 70% da nota do CPC está inteiramente relacionada aos discentes (LACERDA; FERRI, 2017). Portanto, diante da relevância do CPC para avaliar a qualidade dos cursos de graduação brasileiros, a utilização de um conjunto de pesos inadequado é prejudicial para esta avaliação (TORRES; SIVA; RAMOS, 2022).

Além do mais, o IGC engloba em um único indicador aspectos relacionados a graduação e pós-graduação. Contudo, Leal (2018) enfatiza que agregar as informações dessas duas estruturas de formações acadêmicas em um mesmo indicador não fornece uma medida de

avaliação adequada para o governo, pois não possibilita identificar qual estrutura acadêmica mais impactou na nota do IGC e não permite identificar as principais fontes de ineficiência para que os gestores possam atuar e, conseqüentemente, melhorar o serviço oferecido.

Diante disso, o presente estudo propõe uma abordagem para avaliar as instituições de ensino superior brasileiras. Um modelo DEA em redes de dois estágios em paralelo é a formulação matemática escolhida para tal avaliação. A seção seguinte aborda em detalhes os principais conceitos relacionados a técnica DEA.

2.2 Análise Envoltória de Dados

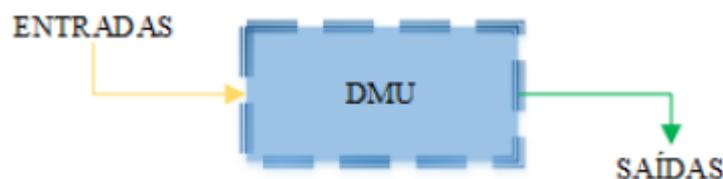
A presente seção apresenta a Análise Envoltória de Dados (DEA) a partir de certos aspectos imprescindíveis para a familiarização com a técnica. Os conceitos gerais, os modelos clássicos, os modelos de rede e as principais aplicações da técnica na educação são apresentados nessa seção.

2.2.1 Conceitos Gerais

Originalmente proposta por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*) é uma técnica não paramétrica baseada em programação linear, para avaliar a eficiência relativa de sistemas homogêneo denominados como Unidades de Tomada de Decisão (DMUs) (SHADAB *et al.*, 2021).

Uma definição importante para compreender a Análise Envoltória de Dados, é o conceito de Unidade Tomadora de Decisão (*Decision Making Units - DMU*). Segundo Rezaeiani e Foroughi (2018), DMU é uma unidade produtiva que consome múltiplas entradas (inputs) para produzir múltiplas saídas (outputs). A Figura 2 ilustra a representação gráfica de uma DMU.

Figura 2 – Representação Gráfica da DMU

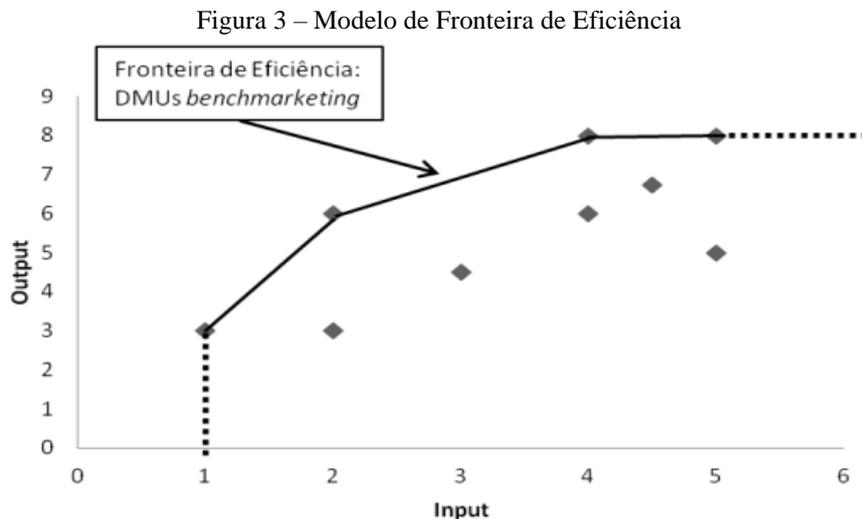


Fonte: Torres (2018).

As DMUs a serem analisadas devem ser homogêneas. Diante disso, Dyson *et al.*, (2001) enfatiza algumas premissas básicas que devem ser levadas em consideração na escolha do

conjunto de DMUs: (1) realizam atividades similares, produzindo produtos ou serviços comparáveis; (2) uma gama de recursos semelhantes deve estar disponível para todas as unidades; (3) devem operar nas mesmas condições de mercado, diferenciando-se somente na quantidade de recursos utilizados e produtos produzidos. Essas premissas podem ser aplicadas a uma finidade de unidades de produção englobando a maioria dos sistemas produtivos. De acordo com Emrouznejad e Yang (2018), as 5 principais áreas de aplicação que mais se destacam no DEA são: agricultura, bancos, cadeia de suprimentos, transporte e políticas públicas.

A eficiência de uma DMU corresponde a uma medida escalar variando entre zero e um, e este valor é obtido através de um modelo de programação linear (AMIRTEIMOORI, 2007; CHARNES; COOPER; RHODES, 1978). Segundo Khezrimotlagh *et al.*, (2019), o objetivo da técnica DEA é classificar as DMUs em dois grupos mutuamente exclusivos e coletivamente exaustivos (DMUs eficientes e DMUs ineficientes). Essa classificação é feita com base na fronteira de eficiência, em que as unidades eficientes são localizadas sobre a fronteira enquanto as ineficientes localizam-se abaixo. Portanto, a fronteira de eficiência indica as DMUs eficientes, que podem ser comparadas para encontrar as melhores práticas, tal configuração possibilita benchmarks (FLACH *et al.*, 2017), conforme ilustrado na Figura 3.



Fonte: Povedano (2019).

Para Nastis, Bournaris e Karpouzou (2019), a principal vantagem das técnicas DEA é que ela não requer suposições sobre a forma da fronteira de possibilidades de produção ou desvios dela, nem sobre as operações internas de uma DMU.

De acordo com Ferreira e Gomes (2009), para uma melhor compreensão do uso da DEA é importante diferenciar os conceitos de eficiência técnica, eficácia e produtividade. Para os autores, eficiência técnica é a capacidade de maximizar o que foi produzido, a partir do nível dos insumos disponíveis. A eficácia está relacionada ao objetivo e metas traçadas, mas sem considerar os recursos utilizados. Já a produtividade diz respeito ao uso dos recursos utilizados da melhor forma possível para realizar a produção.

A produtividade de cada DMU é calculada a partir da relação entre entradas e saídas do processo, sua relação matemática está exposta na Equação 1.

$$Produtividade = \frac{saídas}{entradas} \quad (1)$$

De acordo com Cooper, Seiford e Tone (2007), a produtividade pode ser dividida em duas vertentes: produtividade parcial dos fatores (PPF) e produtividade total dos fatores (PTF). A total inclui todos os fatores utilizados na produção, enquanto a parcial engloba apenas uma fração dos fatores. Para os autores, a produtividade total é mais complexa devido à dificuldade de escolher os insumos e saídas a serem consideradas, assim como os pesos associados a cada um deles. Entretanto, a PFT se torna expressiva pela capacidade de retratar a complexidade dos sistemas produtivos (TORRES, 2018). A Equação 2 retrata o cálculo da produtividade total dos fatores.

$$Produtividade = \frac{u_1y_1 + u_2y_2 + \dots + u_ny_n}{v_1x_1 + v_2x_2 + \dots + v_nx_n} \quad (2)$$

Diante da complexidade de definir os pesos associados a cada entrada e saída, o DEA não exige que o tomador de decisão defina tais pesos (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007). Para isso, o DEA determina um conjunto de pesos de modo que a eficiência da DMU em análise em relação às outras DMUs seja maximizada (LERTWORASIRIKUL; CHARNSETHIKUL; FANG, 2011). A partir disso, o índice de eficiência é a relação da produtividade de uma DMU pela máxima produtividade que ela pode alcançar no presente momento, conforme descrito na Equação 3.

$$Eficiência = \frac{P}{P_{max}} \quad (3)$$

Segundo Coelli *et al.*, (2005), os modelos DEA podem apresentar duas formulações distintas em relação as orientações: orientação para as entradas (input oriented) e orientação para as saídas (output oriented). De acordo com os autores, os modelos orientados aos inputs buscam identificar as eficiências técnicas com a redução proporcional do uso de entradas, mantendo os níveis das saídas constantes. Por sua vez, nos modelos orientados aos outputs a eficiência técnica é mensurada com o aumento proporcional das saídas, mantendo os níveis de inputs fixos.

O estudo de Cook e Seiford (2009) detalha os principais modelos DEA, tais como, os de retornos constantes de escala (*CRS - Constant Returns to Scale*), os de retornos variáveis de escala (*VRS - Variable Returns to Scale*), os modelos aditivos, os baseados em folgas (*SBM – Slack-based Measure*) e os de medidas não radiais.

2.2.2 Modelos Clássicos

Existem dois modelos considerados clássicos na aplicação do DEA. O primeiro modelo foi proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), denominado CCR e se baseia na hipótese de retorno constante à escala (*Constant Returns to Scale – CRS*). O segundo, proposto por Banker, Charnes e Cooper (1984), denominado BCC e considera a hipótese de retorno variável à escala (*Variable Returns to Scale – VRS*).

2.2.2.1 Modelo de Retornos Constantes de Escala (CCR)

Inicialmente o modelo proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), trata-se de um problema de programação fracionária. Ou seja, a eficiência de qualquer DMU é obtida por meio da divisão entre soma ponderada de outputs com a soma ponderada dos inputs, sujeito a restrição de que o resultado dessa divisão para todas as DMUs, seja menor ou igual a unidade. A modelagem fracionária é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Formulações do modelo fracionário

Modelo Fracionário
$\max h_{(0)} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$
Sujeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m$$

Onde:

$h_{(0)}$ = Eficiência da DMU₀;
 u_r = Peso do output r;
 v_i = Peso do input i;
 y_{r0} = Quantidade do output r na DMU em análise;
 x_{i0} = Quantidade do input i na DMU em análise;
 y_{rj} = Quantidade do output r na DMU j;
 x_{ij} = Quantidade do input i na DMU j;
 j = Quantidade de DMUs;
 r = Quantidade de outputs;
 i = Quantidade de inputs;

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Charnes, Cooper e Rhodes (1978).

De acordo com Ferreira e Gomes (2009), um problema de programação fracionário possui infinita soluções, e para obter uma única solução é necessário a linearização do modelo. Desse modo, o problema fracionário pode ser convertido em um problema de programação linear (PPL). Essa conversão pode resultar em um modelo orientado a insumos ou orientado a produtos. Os valores da função objetivo retornam resultados iguais em ambas as direções, devido à suposição de retornos constantes à escala. Essa transformação resultará no modelo primal, também denominado como modelo dos multiplicadores. A Tabela 4, expõem os modelos primal orientado ao input e output, assim como suas variáveis.

Tabela 4 – Formulações do modelo CCR Primal

Modelo Primal	Modelo Primal
CCR orientado aos inputs	CCR orientado aos outputs
$\max E_{f(0)} = \sum_{i=1}^m u_i y_{i0}$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{j=1}^n v_j x_{j0} = 1$ $\sum_{i=1}^m u_i y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j x_{jk} \leq 0; \quad k = 1, \dots, z$ $u_i, v_j \geq 0; \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n$	$\min E_{f(0)} = \sum_{j=1}^n v_j x_{j0}$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^m u_i y_{i0} = 1$ $\sum_{i=1}^m u_i y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j x_{jk} \leq 0; \quad k = 1, \dots, z$ $u_i, v_j \geq 0; \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n$

Onde:

$E_{f(0)}$ = Eficiência da DMU₀;
 u_i = Peso do output i;

v_j = Peso do input j ;
 y_{i0} = Quantidade do output i na DMU em análise;
 x_{j0} = Quantidade do input j na DMU em análise;
 y_{ik} = Quantidade do output i na DMU k ;
 x_{jk} = Quantidade do input j na DMU k ;
 k = Quantidade de DMUs;
 i = Quantidade de outputs;
 j = Quantidade de inputs;

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Charnes, Cooper e Rhodes (1978).

Para todo problema de programação linear existe um outro problema a ele associado denominado dual. Ou seja, um problema primal apresenta seu respectivo dual. Nesse véis, dual e primal fornecem condições complementares de análises. Nas formulações de DEA, o problema dual é denominado como modelo do envelope. A Tabela 5 expõem os modelos duais de acordo com as respectivas orientações.

Tabela 5 – Formulações do modelo CCR Dual

Modelo Dual	Modelo Dual
CCR orientado aos inputs	CCR orientado aos outputs
$\min \theta$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k \leq \theta \cdot x_{j0}; \quad j = 1, \dots, n$ $\sum_{k=1}^z y_{ik} \cdot \lambda_k \geq y_{i0}; \quad i = 1, \dots, m$ $\lambda_k \geq 0; \quad \forall j$	$\max \eta$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k \leq x_{j0}; \quad j = 1, \dots, n$ $\sum_{k=1}^z y_{ik} \cdot \lambda_k \geq \eta \cdot y_{i0}; \quad i = 1, \dots, m$ $\lambda_k \geq 0; \quad \forall j$

Onde:

θ = Eficiência;
 η = Inverso da eficiência;
 λ_k = Participação da DMU k na meta da DMU em análise;
 y_{ik} = Quantidade do output r da DMU k ;
 x_{jk} = Quantidade do input i na DMU k ;
 y_{i0} = Quantidade do output r na DMU em análise;
 x_{j0} = Quantidade do input i na DMU em análise;
 k = número de unidades em avaliação;
 j = número de inputs;
 i = número de outputs;

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Charnes, Cooper e Rhodes (1978).

O modelo dual fornece as metas para cada DMU ineficiente se torne eficiente, sendo uma ferramenta de benchmark. Além do mais, esse modelo possibilita identificar quais unidades eficientes são benchmarks das unidades ineficientes. Porém, como dito anteriormente

esse modelo assume que os retornos são constantes em escala, o que significa que um aumento proporcional no insumo leva a um aumento proporcional no produto. No entanto, essa hipótese não se aplica em algumas circunstâncias, e para sanar essa lacuna, Banker, Charnes e Cooper (1984) propõem um modelo sobre a hipótese de retornos variáveis de escala.

2.2.2.2 Modelo de Retornos Variáveis de Escala (BCC)

O modelo BCC pode ser considerado uma extensão do modelo CCR. As modelagens se diferenciam pela adição de uma variável, no qual possibilita determinar os retornos de escala das operações investigadas (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984).

De acordo com Lertworasirikul, Charnsethikul e Fang (2011), do ponto de vista da teoria econômica, existem três tipos de retornos de escala: (1) retornos crescentes (*Increasing Returns to Scale – IRS*), quando um acréscimo nos inputs poderá promover uma expansão mais que proporcional nos outputs ; (2) retornos decrescentes (*Decreasing Returns to Scale - DRS*), representa a situação oposta dos retornos crescentes, um aumento nos inputs gera um decréscimo não proporcional nos produtos; (3) retornos constantes (*Constant Returns to Scale - CRS*), um aumento dos inputs gera um crescimento proporcional nos outputs.

Sarica e Or (2007), fazem uma comparação entre os scores de eficiência obtidos CCR e BCC. Segundo os autores, o modelo CCR assume uma expansão radial e redução de todas as DMUs observadas, enquanto o modelo BCC apenas aceita as combinações convexas das DMUs como o conjunto de possibilidades de produção. Se uma DMU for totalmente eficiente nas pontuações CCR e BCC, ela está operando no tamanho de escala mais produtivo. Entretanto, se a pontuação de uma DMU for completa no BCC e a mesma condição não for notada no CCR, então é localmente eficiente, mas não globalmente eficiente devido ao tamanho da escala. A Tabela 6 elucida as formulações dos modelos primais.

Tabela 6 – Formulações do modelo BCC Primal

Modelo Primal	Modelo Primal
BCC orientado aos inputs	BCC orientado aos outputs

$\max E_{f(0)} = \sum_{i=1}^m u_i y_{i0} + u^*$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{j=1}^n v_j x_{j0} = 1$ $\sum_{i=1}^m u_i y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j x_{jk} + u^* \leq 0; \quad k = 1, \dots, z$ $u_i, v_j \geq 0; \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n$	$\min E_{f(0)} = \sum_{j=1}^n v_j x_{j0} + v^*$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^m u_i y_{i0} = 1$ $\sum_{i=1}^m u_i y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j x_{jk} + v^* \leq 0; \quad k = 1, \dots, z$ $u_i, v_j \geq 0; \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n$
---	---

Onde:

$E_{f(0)}$ = Eficiência da DMU₀;

u_i = Peso do output i ;

v_j = Peso do input j ;

y_{i0} = Quantidade do output i na DMU em análise;

x_{j0} = Quantidade do input j na DMU em análise;

y_{ik} = Quantidade do output i na DMU k ;

x_{jk} = Quantidade do input j na DMU k ;

k = Quantidade de DMUs;

i = Quantidade de outputs;

j = Quantidade de inputs;

u^* e v^* = coeficientes de retorno a escala

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Banker, Charnes e Cooper (1984).

Portanto, o modelo BCC possibilita a mensuração da eficiência técnica pura de uma DMU, ou seja, a capacidade de utilizar os bens disponíveis, sem que haja desperdícios no processo. O cálculo da eficiência técnica global é obtido através do modelo CCR. Por outro lado, eficiência de escala mensura a capacidade de operação da DMU. Em outras palavras, se ela opera em um nível acima ou abaixo do ideal.

De forma análoga ao CCR, Banker, Charnes e Cooper (1984) propõem o modelo dual do BCC. A diferença entre ambos consiste na adição de uma restrição de convexidade $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$. As modelagens duais do BCC estão expostas na Tabela 7.

Tabela 7 – Formulações do modelo BCC Dual

Modelo Dual	Modelo Dual
BCC orientado aos inputs	BCC orientado aos outputs

min θ	max η
Sujeito a: $\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k \leq \theta \cdot x_{j0}; \quad j = 1, \dots, z$ $\sum_{k=1}^n y_{ik} \cdot \lambda_k \geq y_{i0}; \quad i = 1, \dots, n$ $\sum_{k=1}^z \lambda_k = 1;$ $\lambda_k \geq 0; \quad \forall j$	Sujeito a: $\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k \leq x_{j0}; \quad j = 1, \dots, z$ $\sum_{k=1}^n y_{ik} \cdot \lambda_k \geq \eta \cdot y_{i0}; \quad i = 1, \dots, n$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1;$ $\lambda_k \geq 0; \quad \forall j$

θ = Eficiência;

η = Inverso da eficiência;

λ_k = Participação da DMU k na meta da DMU em análise;

y_{ik} = Quantidade do output r da DMU k;

x_{jk} = Quantidade do input i na DMU k;

y_{i0} = Quantidade do output r na DMU em análise;

x_{j0} = Quantidade do input i na DMU em análise;

z = número de unidades em avaliação;

j = número de inputs;

i = número de outputs;

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Banker, Charnes e Cooper (1984).

Torres (2018), enfatiza duas consequências advindas do relaxamento dos retornos de escala. Segundo a autora, diferentemente do CCR, as orientações de input e output do BCC fornecem resultados distintos para a função objetivo. Além do mais, um maior número de DMU's podem ser consideradas eficientes.

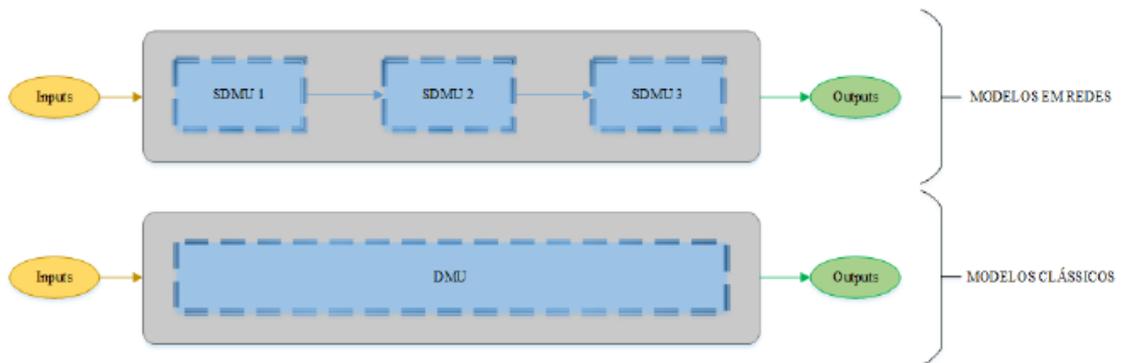
Os modelos clássicos de DEA consideram as DMU's como "caixas pretas", desconsiderando sua estrutura interna (AKBARIAN, 2021). No entanto, Tavana e Khalili-Damghani (2014) enfatizam que ao ignorar a estrutura interna do sistema, não é possível identificar as fontes de ineficiência nas DMUs devido à falta de informação sobre o processo interno. Nesse contexto, surge o *Network Data Envelopment Analysis* (Network DEA - NDEA), ou DEA em redes.

2.2.3 NETWORK DEA

Os modelos DEA em rede considera os processos internos da DMU com entradas, saídas e produtos intermediários (GUO *et al.*, 2017). O que caracteriza os modelos de rede são os produtos intermediários, que diferentemente dos inputs exógenos (recursos) e dos outputs, os produtos intermediários são produzidos e consumidos dentro do sistema e, portanto, não são visíveis de fora (KAO, 2016). Logo, nos modelos DEA em rede a eficiência global de um

sistema consiste em uma composição dos diferentes processos (também denominados como sub-DMU's) conectados por produtos intermediários, o que permitem uma análise mais detalhada das DMU's e conseqüentemente aumenta o poder discriminativo dos modelos (LOZANO, 2015). A Figura 4 ilustra as diferenças entre a análise das DMU nos modelos clássicos e nos de redes.

Figura 4 – Diferença entre a representação da DMU em modelos clássicos e modelos de rede



Fonte: Torres (2018).

Os primeiros estudos a considerar a estrutura interna da DMU na verificação da eficiência foram os de Charnes *et al.* (1986) e Wang, Gopal e Zionts (1997). De modo geral, esses trabalhos foram responsáveis pelas primeiras considerações sobre a divisão de uma operação em dois estágios. É importante salientar que existem casos ainda mais complexos, nos quais toda a operação é desmembrada em mais de dois estágios (KAO, 2014).

Desde então, diversos estudos foram desenvolvidos para mensurar a eficiência dos sistemas em rede. Para Kao e Hwang (2010), a desconsideração da estrutura interna pode resultar em resultados enganosos, nos quais análises com os modelos clássicos podem alcançar sistemas eficientes, enquanto seus processos não o são. Diante da importância de se considerar a estrutura interna da DMU no cálculo da eficiência, diversos autores começaram a desenvolver trabalhos nessa direção. Alguns autores desenvolvem modelos para medir eficiências sob condições específicas, outros buscaram examinar propriedades de certos modelos ou aplicam modelos existentes para resolver problemas do mundo real (KAO, 2014).

Kao e Hwang (2010) classificam os modelos DEA em rede em três abordagens distintas: (1) abordagem independente, em que as eficiências do sistema e de todos os processos são calculadas de forma independente; (2) abordagem conectada, onde as interações entre os processos são levadas em consideração no cálculo da eficiência do sistema. (3) abordagem

relacional, havendo algum tipo de relação matemática entre a eficiência do sistema e as eficiências do processo do componente.

Segundo Kao (2009), diferentemente dos modelos clássicos, os modelos DEA em rede não possui uma forma padrão, tendo em vista que esses modelos dependem da estrutura da rede em questão. Nesse sentido, Barat, Tohidi e Sanei (2019) classificam as estruturas dos sistemas DEA em rede em três tipos básicos: em paralelo, em série e misto. Nos sistemas paralelos cada DMU consiste em um conjunto de subunidades. Já nos sistemas em série, os componentes são conectados por produtos intermediários. Por fim, o sistema misto é caracterizado pela presença de estruturas paralelas e em série.

O corrente estudo propõe um modelo DEA em redes com uma estrutura paralela para avaliar as universidades brasileiras. Um sistema paralelo é composto por um número específico de processos, em que cada processo executa uma função específica ou produz um determinado produto, além de que nesses casos, cada DMU possui o mesmo número de processos e cada processo executa a mesma função (KAO; LIN, 2012).

Em muitos casos, os estudos relacionados a sistemas paralelo são realizados sob a suposição de que todas as subunidades paralelas são operadas independentemente consumindo o mesmo conjunto de entradas para produzir o mesmo conjunto de saídas (DU; CHEN; HUO, 2015). No entanto, em muitos cenários reais, essa propriedade de fatores de entrada e saídas iguais pode não se manter. Logo, a modelagem proposta no presente estudo considera que cada estágio consome quantidade de entradas diferentes para produzir saídas diferentes. Além disso, uma extensão do sistema paralelo considera o compartilhamento de alguns recursos entre os subprocessos (AN *et al.*, 2017). Desse modo, o método considera o compartilhamento de recursos para medir com precisão a eficiência das universidades brasileiras. No entanto, Torres (2018), enfatiza que considerar questões como: compartilhamento de inputs, compartilhamento de inputs e outputs, podem aumentar o nível de complexidade matemática.

2.2.4 DEA no Segmento Educacional

Existe um número considerável de estudos no âmbito da educação envolvendo DEA, incluindo ensino fundamental e médio, ensino profissional e ensino superior, esses estudos abrangem diversos modelos de ensino, assim como diferentes aspectos administrativos (JOHNES, 2015; VILLANO; TRAN, 2019). Os trabalhos de Bessent e Bessent (1980) e Charnes, Cooper e Rhodes (1981) provavelmente correspondem aos estudos seminais nesse segmento.

Bessent e Bessent (1980) analisaram a eficiência relativa de um conjunto de escolas de ensino fundamental em um distrito escolar urbano com o propósito de identificar as unidades escolares que fazem melhor uso dos recursos em termos de resultados medidos. O método proposto resulta na identificação de escolas eficientes e ineficientes e fornece informações gerenciais relativas às variáveis de entrada e saída.

Charnes, Cooper e Rhodes (1981) investigaram a eficácia de um programa social de intervenções com crianças das escolas primárias dos Estados Unidos denominado Programa de Acompanhamento. A intenção do estudo foi estabelecer se o programa estava atingindo seu objetivo social de acompanhar as crianças em algum grau de vulnerabilidade social.

De acordo com Thanassoulis *et al.*, (2016), esses estudos seminais geraram uma infinidade de aplicações dentro e fora da educação. No contexto do ensino superior, Johnes e Johnes (1995) aplicaram o DEA para investigar a eficiência técnica dos departamentos de economia das universidades do Reino Unido como produtores de pesquisa. Os autores levam em consideração o papel do financiamento da pesquisa no desempenho da eficiência. Os resultados indicam que o DEA tem uma contribuição positiva em analisar os indicadores relacionados ao desempenho universitário.

Nesse mesmo contexto, Kao e Hung (2008) aplicaram o DEA para avaliar a eficiência relativa dos departamentos acadêmicos de uma universidade em Taiwan. Os autores consideraram como inputs as pessoas, despesas operacionais e espaço físico; e como outputs total de horas-crédito de um curso, publicações e bolsas externas. Na análise os autores realizam uma decomposição de eficiência e uma clusterização, possibilitando a categorização de 4 grupos de departamentos com características semelhantes.

Miranda, Gramani e Andrade (2012) aplicaram uma combinação das abordagens DEA e análise de fronteira estocásticas (SFA) para medir a eficiência dos cursos de administração de empresas ofertados por instituições privadas. Em suas considerações, Nazarko e Saparauskas (2014) realizaram um estudo comparativo da eficiência de 19 universidades polonesas de tecnologia. O estudo utilizou o modelo DEA orientado ao *output CCR-CRS*. No modelo proposto, os autores também analisaram as economias de escala em relação à eficiência alcançada. Ruiz, Segura e Sirvent (2015) propõem uma extensão dos modelos clássicos por meio de um modelo de benchmarking de desempenho para avaliar as universidades espanholas. O modelo permite incorporar na análise as opiniões dos especialistas sobre a importância relativa das diferentes entradas e saídas, de modo que a seleção de benchmarks e o estabelecimento de metas reflitam suas visões aceitas.

Sagarra, Mar-Molinero e Agasisti (2017) utilizam uma abordagem combinada que inclui proporções tradicionais juntamente com modelos DEA. A integração dessas duas abordagens possibilita avaliar as mudanças na eficiência de cada universidade e explorar se essas mudanças estão relacionadas ao ensino, à pesquisa ou a ambos.

Em um contexto de administração de recursos, Wang (2019) desenvolveu um modelo de alocação de recursos com base na análise de eficiência por meio do DEA. O método leva em consideração várias dimensões de desempenho relacionado a pesquisa, incluindo número de publicações, número de patentes e receita da transferência de conhecimento. O método é aplicado em um grupo de 64 universidades chinesas com base em seu desempenho ao longo de 2014-2016.

Em um estudo mais recente, Moncayo-Martínez, Ramírez-Nafarrate e Hernández-Balderrama (2020) avaliaram o desempenho das universidades mexicanas em relação a três atividades: ensino, pesquisa e disseminação do conhecimento. Os autores desenvolveram um modelo DEA para avaliar a eficiência de cada atividade separadamente.

A diversidade de estudos envolvendo aplicações do DEA no segmento educacional é corroborado nos *surveys* de Villano e Tran (2019), Johnes, Portela e Thanassoulis (2017), De Witte e López-Torres (2017) e Thanassoulis *et al.* (2016). Esses estudos destacam os diferentes modelos do DEA usados para mensurar a eficiência na educação, bem como suas evoluções nesse ramo literário.

Nesse sentido, diante da consolidação dos modelos tradicionais da DEA no âmbito da educação, surgiram novas abordagens por meio de proposições mais recentes do DEA como os modelos em redes. Ho *et al.* (2014) usaram um modelo DEA em redes para estimar a eficiência do processo de transferência de tecnologia de um conjunto de universidades dos EUA. O modelo é estruturado em dois estágios, sendo um estágio de inovação em pesquisa e o outro de criação de valor. Os resultados demonstraram que alcançar eficiência nos dois estágios requer diferentes capacidades de inovação, logo, as universidades mais eficientes só têm desempenho eficiente em um dos dois estágios.

. Lee e Worthington (2016) desenvolveram um modelo DEA em redes que engloba a qualidade e quantidade de produção de pesquisa das universidades australianas. O objetivo dos autores é desenvolver um modelo empírico adequado que melhor represente a produção subjacente da pesquisa em ensino superior.

Toloo, Emrouznejad e Moreno (2017) propõem um novo modelo DEA linear relacional para lidar com a medição da pontuação de eficiência de processos de dois estágios com entradas compartilhadas sob a hipótese de retornos constantes de escala. Os autores utilizam as

operações universitárias para ilustrar as aplicações potenciais da abordagem proposta. Os estágios analisados pelos autores são ensino e pesquisa e os inputs compartilhados entre esses estágios são despesas gerais e despesas com equipamentos.

Shamohammadi e Oh (2019) investigaram as tendências no desempenho de ensino e pesquisa das universidades de universidades privadas coreanas por meio de um modelo de dois estágios. Os autores buscam avaliar as mudanças de eficiência nos anos de 2010 a 2016. Os resultados indicaram uma deterioração na eficiência durante o período de estudo. Wu *et al.* (2020) desenvolveram um modelo DEA de três estágios para examinar a eficiência das 31 instituições de ensino superior (IES) da China continental sob uma perspectiva regional. O modelo engloba efeitos ambientais (ou contextuais) e ruído estatístico no processo de avaliação.

Em um estudo mais recente, Chen *et al.* (2021) analisam a eficiência operacional de 52 universidades chinesas usando um conjunto de dados em 2014. Os autores levaram em consideração a heterogeneidade da amostra devido os diferentes tipos e regiões entre as universidades chinesas por meio uma abordagem DEA em rede estendida em dois estágios.

A maioria dos estudos relacionados a DEA em redes adota uma estrutura em série para avaliar a eficiência das universidades. Existem poucos estudos nesse contexto que consideram que essas atividades se desenvolvem de uma forma paralela. Kao e Lin (2012) desenvolveram um modelo para mensurar a eficiência de sistemas de produção paralelos onde vários processos estão operando independentemente dentro de um sistema fuzzy. Um estudo de caso sobre a eficiência de ensino e pesquisa de departamentos de química em universidades do Reino Unido com um fator qualitativo de qualidade de pesquisa é usado como exemplo para ilustrar o modelo.

Sob uma perspectiva da teoria dos jogos, An *et al.* (2017) desenvolveram um modelo centralizado e dois modelos de jogo líder-seguidor para medir a eficiência de um sistema paralelo com dois componentes que possuem uma relação interativa em modo centralizado e não centralizado, respectivamente. A abordagem é aplicada para analisar o desempenho das universidades chinesas do Projeto 985. Singh e Ranjan (2018) investigam a eficiência de subunidades paralelas não homogêneas, onde a eficiência de uma DMU e suas subunidades pode ser medida simultaneamente em um único estágio. Os autores propõem um modelo em que a eficiência de uma DMU é uma combinação convexa das eficiências de suas subunidades. A abordagem desenvolvida é aplicada para avaliar a eficiência do sistema de ensino superior na Índia.

An *et al.* (2018) desenvolveram um modelo DEA aditivo para analisar um sistema paralelo de processos interdependentes com dois componentes que possuem um relacionamento

interdependente. O modelo é aplicado para analisar o Projeto 985 das universidades chinesas e algumas implicações políticas são explicadas.

Shi *et al.* (2020) investigaram o problema de medição de eficiência para sistemas paralelos com dois componentes baseado na teoria dos jogos de Stackelberg, considerando que algumas entradas/saídas são números fuzzy. O modelo desenvolvido é aplicado para medir a eficiência fuzzy das eficiências de ensino e pesquisa dos departamentos de química nas universidades do Reino Unido. Xiong *et al.* (2022) propõem uma abordagem paralela baseada em DEA para realocar recursos multi-períodos entre todas as DMUs, tratando períodos individuais (por exemplo, anos) como divisões operando no nível paralelo. Os autores avaliaram desempenho de P&D de cada uma das 61 universidades públicas da China e realocaram recursos de financiamento do governo entre elas. Na avaliação do desempenho do ensino superior brasileiro, diversos estudos foram realizados. Podemos citar os estudos de Tavares, Angulo-Meza e Sant'anna (2021); Junior, Flach e Mattos (2020); Meza *et al.* (2018); Oliveira *et al.* (2014); Belloni (2000).

Tavares, Angulo-Meza e Sant'anna (2021) aplicaram um modelo multiestágio para avaliar 45 universidades federais. A avaliação considera onze variáveis organizadas em três etapas distintas, que refletem o desempenho das IES em diferentes perspectivas: financeira, nível de graduação e nível de pós-graduação (formação discente e produção científica e inovação). Junior, Flach e Mattos (2020) aplicaram o modelo BCC para avaliar a eficiência dos gastos públicos nas universidades federais entre os anos de 2013 a 2017. Os autores concluíram que algumas universidades federais foram ineficientes nesse período.

Meza *et al.* (2018) avaliaram os programas de pós-graduação das universidades brasileiras por meio de um modelo em redes. O modelo é dividido em duas etapas, sendo a primeira denominada como produtividade da pesquisa e a segunda qualidade da pesquisa. Oliveira *et al.* (2014) avaliaram a eficiência das universidades federais no período de 2006 a 2012 por meio do modelo BCC. Os autores utilizaram dez variáveis sendo oito como inputs e duas como outputs. Os resultados constataram que apenas uma instituição alcançou eficiência máxima em todos os anos analisados. Belloni (2000) avaliou o desempenho de universidades federais brasileiras sob o ponto de vista do critério da eficiência produtiva. A metodologia desenvolvida consiste no uso interativo de técnicas estatísticas e DEA e foi testada por meio da construção de um conjunto de indicadores da qualidade da pós-graduação e da pesquisa e um indicador da qualidade da graduação.

Dessa forma, ao revisar a literatura existente, observamos que a maioria das aplicações de DEA em redes que adotam tanto uma estrutura em série quanto paralela, está focada em

analisar a eficiência de ensino e pesquisa. Além do mais, poucos estudos consideram o compartilhamento de recursos e a presença de saídas indesejáveis na análise. No contexto brasileiro, grande parte dos estudos envolvendo DEA no ensino superior nacional fazem o uso do modelo clássico da técnica. Portanto, o modelo proposto no presente estudo visa analisar o desempenho das universidades brasileiras a partir das atividades de graduação e pós-graduação com a presença de inputs compartilhados e saídas indesejáveis.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo descreve em detalhe o método proposto para a realização da presente pesquisa. Visando alcançar tal intuito, sessões são delineadas e sistematizadas com o intuito de alcançar os objetivos da pesquisa. Alguns pontos explorados nesse capítulo são: caracterização da pesquisa; etapas da pesquisa; detalhamento da modelagem proposta e definição das DMU's e coleta de dados.

3.1 Caracterização da Pesquisa

De acordo com Gil (2008), a pesquisa é definida como um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico, com a finalidade de descobrir respostas para problemas, utilizando procedimentos científicos. Nesse contexto, a pesquisa científica pode ser caracterizada quanto a sua natureza, sua abordagem, seus objetivos e seus procedimentos técnicos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). A Tabela 8 contém a caracterização do presente estudo.

Tabela 8 – Caracterização da pesquisa

NATUREZA	Pesquisa aplicada
ABORDAGEM	Quantitativa e qualitativa
OBJETIVOS	Pesquisa exploratória
PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	Pesquisa bibliográfica e estudo de caso

Fonte: O autor (2023).

Com relação a sua natureza, o presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada. Visto que a pesquisa aplicada abrange estudos elaborados com o intuito de resolver problemas identificados no âmbito da sociedade, com a aplicação em uma situação específica (GIL, 2010).

O caráter deste estudo apresenta uma abordagem quali-quantitativa, pois envolve métodos quantitativos e qualitativos. Quantitativa porque explica o fenômeno através de dados numéricos, que são analisados por meio de métodos matemáticos (MACHONA; CHIKODZI; SITHOLE, 2017). E qualitativo porque dá orientação ao pesquisador para determinar abordagens de análise (MILLER, 2015; SARAÇ, 2011).

No que diz respeito aos objetivos, a pesquisa é caracterizada como exploratória, porque seu objetivo é se familiarizar com um determinado fenômeno ou obter novos insights, por

exemplo, em um novo contexto ou formular relações mais precisas (SCHOLTEN; DE BLOK; HAAR, 2018).

Como procedimento técnico, a presente pesquisa inicialmente apresenta caráter bibliográfico. Visto que o embasamento teórico constituído de teses, dissertações, livros, artigos e outras publicações, fornece informações relevantes e às vezes desconhecidas para pesquisador, sendo uma etapa fundamental para qualquer trabalho científico (WAZLAWICK, 2010). Além disso, levando em consideração que o DEA será aplicado em um contexto real, a pesquisa se caracteriza como estudo de caso, definido por Yin (2017) como um estudo empírico que investiga os fenômenos em seu contexto real.

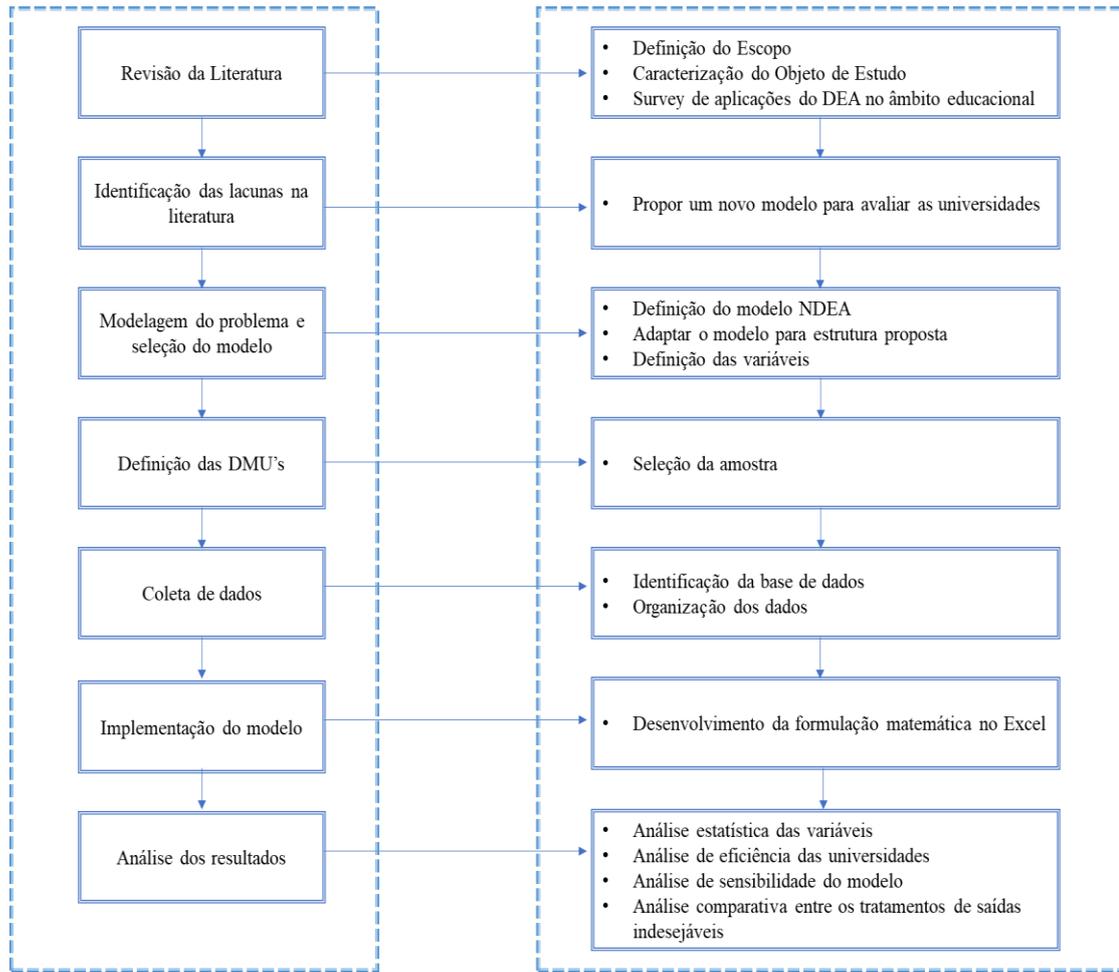
3.2 Etapas da Pesquisa

O método de pesquisa deste estudo fundamenta-se no que é necessário para se atingir os objetivos estabelecidos. A Figura 5 elucida as etapas da pesquisa. Inicialmente é realizado uma revisão da literatura englobando aplicações do DEA no segmento educacional, tanto em escala global, como nacional, com o intuito de identificar em quais aspectos a presente pesquisa pode contribuir para o aperfeiçoamento do processo de avaliação do ensino superior nacional.

Dada a revisão sistemática, é preciso definir o modelo NDEA para avaliação de eficiência. Esse processo desponta de estudos alicerçados na literatura e a escolha está atrelada ao objetivo do estudo de contemplar a estrutura do ensino superior brasileiro. Posteriormente, ocorre a adaptação do modelo selecionado para o contexto abordado e a seleção das variáveis para sua implementação. Em seguida, ocorre a seleção do grupo de DMU's participantes da amostra final. Para isso, a princípio é necessário elencar as IES brasileiras, bem como a seleção e delimitação do grupo que vai compor a amostra.

Como passo subsequente, procede-se a coleta dos dados nas bases de dados selecionadas. Em seguida, a implementação do modelo ocorrerá através do *software* Excel, o qual permite a obtenção dos resultados de eficiência, por meio de uma extensão do Excel denominada Solver. Por fim, desponta a análise dos resultados.

Figura 5 – Etapas da pesquisa



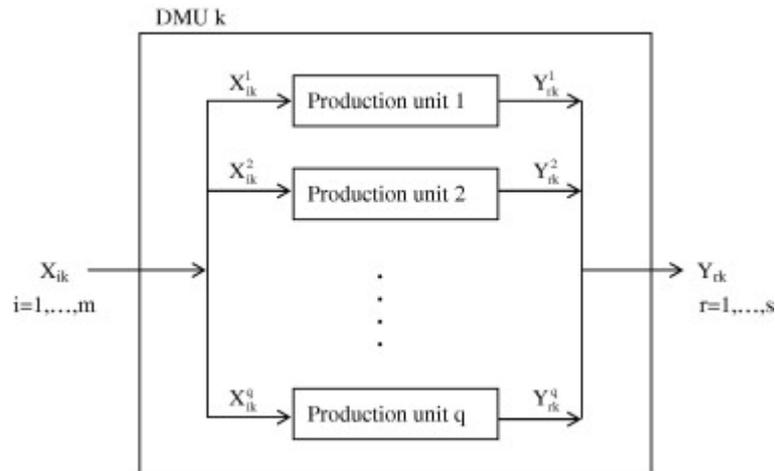
Fonte: O autor (2023).

3.3 Modelagem NDEA em Paralelo com Inputs Compartilhados

Diante da busca realizada na literatura, utilizou-se como referência para desenvolver a modelagem proposta o modelo desenvolvido por Kao (2009). O autor adota uma estrutura paralela para calcular a eficiência global do sistema, bem como as eficiências de suas unidades de produção individuais e sua modelagem considera que cada unidade de produção possui o mesmo conjunto de multiplicadores, enquanto grande parte dos estudos com estrutura em paralelo adota uma abordagem independente, em que cada unidade de produção em uma mesma DMU possui um conjunto diferente de multiplicadores.

A Figura 6 ilustra um sistema de produção paralelo K com q unidades de produção, onde cada unidade produção p , $p = 1, \dots, q$ converte insumos X_{ik}^p , $i = 1, \dots, m$ nas saídas Y_{rk}^p , $r = 1, \dots, s$, independentemente. As somas de todos X_{ik}^p sobre p , $\sum_{p=1}^q X_{ik}^p$, e todo Y_{rk}^p sobre p , $\sum_{p=1}^q Y_{rk}^p$, são a entrada X_{ik} e a saída Y_{ik} do sistema, respectivamente.

Figura 6 – Sistema de produção paralelo com q unidades de produção



Fonte: Kao (2009).

Em vez de maximizar a eficiência, o modelo paralelo de Kao (2009) minimiza a ineficiência representada pela folga de uma DMU e decompõe a folga de ineficiência em suas subunidades de acordo com o Modelo 1.

$$\min s_k, \quad (1)$$

$$\text{s. t. } \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} = 1, \quad (1.1)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} + s_k = 0, \quad (1.2)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq k \quad (1.3)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s, \quad i = 1, \dots, m. \quad (1.4)$$

O objetivo de maximizar a eficiência é equivalente a minimizar a ineficiência, pois a ineficiência $1 - E_k$ é o complemento da eficiência E_k . No modelo 1 a pontuação de ineficiência é representada pela variável de folga s_k , ou seja, a ineficiência da DMU k é $1 - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}$, que é igual a folga s_k em $\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} + s_k = 0$. Em seguida no sistema de produção paralela cada entrada/saída do sistema é a soma das entradas/saídas de todas suas unidades de produção. Logo, na equação 1.2 temos:

$$\begin{aligned}
& \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} + s_k \\
&= \sum_{r=1}^s u_r (Y_{rk}^1 + Y_{rk}^2 + \dots + Y_{rk}^q) - \sum_{i=1}^m v_i (X_{ik}^1 + X_{ik}^2 + \dots + X_{ik}^q) + s_k, \\
&= \sum_{p=1}^q \left(\sum_{r=1}^s u_r Y_{rp}^p - \sum_{i=1}^m v_i X_{ip}^p \right) + s_k = 0
\end{aligned}$$

Onde X_{ik}^p e Y_{rp}^p são a i^a entrada e a r^a saída respectivamente, da p^a unidade de produção dentro da DMU k e existem q unidades de produção nesta DMU. Dessa forma, s_k^p representa a folga associada á p -ésima unidade de produção. Logo, a folga total do sistema, s_k , pode ser alocada as suas q unidades de produção: $s_k = \sum_{p=1}^q s_k^p$. Portanto, a equação de (1.2) torna-se:

$$\sum_{p=1}^q \left(\sum_{r=1}^s u_r Y_{rp}^p - \sum_{i=1}^m v_i X_{ip}^p + s_k^p \right) = 0 \quad (1.4)$$

Como cada quantidade entre parênteses é igual a zero, é derivado um conjunto de q restrições:

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rp}^p - \sum_{i=1}^m v_i X_{ip}^p + s_k^p = 0, \quad p = 1, \dots, q. \quad (1.5)$$

Da mesma forma, a restrição 1.3 associada a cada DMU diferente de k no Modelo (1) é substituída pelas mesmas restrições correspondentes às suas q unidades de produção. Em síntese, de acordo com Modelo (2), é possível obter os scores de ineficiência relativa de um conjunto de n DMUs, cada uma com q unidades de produção paralelas.

$$\min \sum_{p=1}^q s_k^p, \quad (2)$$

$$\text{s. t. } \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} = 1, \quad (2.1)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}^p - \sum_{i=1}^m v_i X_{ik}^p + s_k^p = 0, \quad p = 1, \dots, q, \quad (2.2)$$

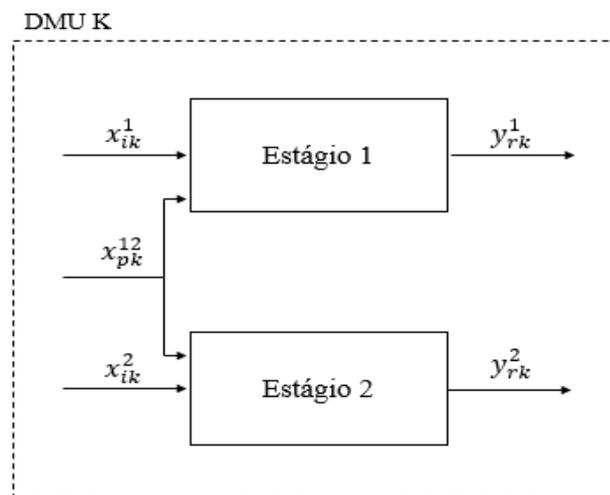
$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^p - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^p \leq 0, \quad p = 1, \dots, q, \quad j = 1, \dots, n, j \neq k \quad (2.3)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s, \quad i = 1, \dots, m. \quad (2.4)$$

O Modelo 2 fornece as folgas de ineficiências do sistema bem como de suas unidades de produção para cada DMU. Dessa forma, por meio da decomposição da ineficiência, é possível identificar as unidades produtivas com grandes folgas de ineficiência e conseqüentemente auxiliar o tomador de decisão a propor melhorias posteriores (KAO, 2009). É importante salientar, que a partir do modelo 2 a pontuação de eficiência da w th unidade de produção da K th DMU não é $1 - s_k^w$ pela razão de que $\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}^w$ não é igual a 1. Desse modo, s_k^w deve ser dividido por $\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}^w$ para se obter a pontuação de eficiência de $1 - s_k^w / \sum_{i=1}^m v_i x_{ik}^w$.

No entanto, o Modelo 2 foi proposto para considerar apenas entradas específicas em cada um dos estágios. Todavia, a proposição do corrente estudo considera além dessas entradas específicas, a presença de inputs compartilhados entre os estágios e que cada subprocesso consome e produz quantidades de inputs e outputs diferentes. Desse modo, a modelagem matemática foi adaptada para tal consideração. A Figura 7 mostra um processo de rede genérico de dois estágios em paralelo onde alguns inputs são compartilhados entre os dois estágios, além disso, cada estágio consome inputs diferentes e gera saídas diferentes.

Figura 7 – Modelo de dois estágios em paralelo com inputs compartilhados



Fonte: O autor (2023).

Mediante a necessidade de adaptação para essas condições específicas foi proposto o modelo abaixo conforme descrito a seguir. Suponha que haja um conjunto de n DMUs representados por DMU_j ($j = 1, \dots, n$) e que cada uma DMU_j ($j = 1, \dots, n$) possui dois estágios, onde cada estágio p , $p = 2$ utiliza m entradas representadas por x_{ij}^p ($i = 1, \dots, m$) para gerar s saídas denotadas por Y_{rj}^p ($r = 1, \dots, s$). Partes dessas m entradas são usadas exclusivamente pelo

estágio p , enquanto outras são compartilhadas entre ambas os estágios. Representamos esses dois tipos de variáveis como x_{ij}^p ($i \in I$) e entradas compartilhadas x_{sj}^p ($s \in S$), respectivamente, onde $I \cup S = \{1, 2, \dots, m\}$. A soma de todos x_{ij}^p sobre $p, \sum_{p=1}^q X_{ij}^p + X_{sj}^p$ e todo Y_{rj}^p sobre $p, \sum_{p=1}^q Y_{rj}^p$ são a entrada X_{ik} e a saída Y_{ik} do sistema, respectivamente.

De modo que as entradas $s_1 \in S_1$ são compartilhadas por ambos os estágios, assumimos que todos os x_{sj}^p ($s \in S$) são divididos em $\alpha_{sj}X_{sj}$ e $(1 - \alpha_{sj})X_{sj}$ ($0 \leq \alpha_{sj} \leq 1$), correspondendo as porções de insumos compartilhados utilizados pelo primeiro e segundo estágio, respectivamente. Semelhante as restrições em Chen et.al (2010), todos os α_{sj} ($s \in S, j = 1, \dots, n$) devem estar dentro de certos intervalos, nomeadamente $L_{sj} \leq \alpha_{sj} \leq U_{sj}$.

Portanto, o Modelo 3 estende o modelo de Kao (2009) ao considerar inputs compartilhados por ambos os estágios para calcular os scores de ineficiência relativa de um conjunto de n DMUs.

$$\min \sum_{p=1}^q s_k^p \quad (3)$$

$$s. t. \quad \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} + \sum_{p=1}^P v_s X_{sk} = 1 \quad (3.1)$$

$$\sum_{r \in r^1} u_r Y_{rk}^1 - \sum_{i \in i^1} v_i X_{ik}^1 - \sum_{p=1}^P \alpha_{sk} v_s X_{sk} + s_k^1 = 0, \quad p = 1 \quad (3.2)$$

$$\sum_{r \in r^2} u_r Y_{rk}^2 - \sum_{i \in i^2} v_i X_{ik}^2 - \sum_{p=1}^P (1 - \alpha_{sk}) v_s X_{sk} + s_k^2 = 0, \quad p = 2 \quad (3.3)$$

$$\sum_{r \in r^1} u_r Y_{rj}^1 - \sum_{i \in i^1} v_i X_{ij}^1 - \sum_{p=1}^P \alpha_{sj} v_s X_{sj} \leq 0, \quad p = 1, j = 1, \dots, n, j \neq k \quad (3.4)$$

$$\sum_{r \in r^2} u_r Y_{rj}^2 - \sum_{i \in i^2} v_i X_{ij}^2 - \sum_{p=1}^P (1 - \alpha_{sj}) v_s X_{sj} \leq 0, \quad p = 2, \quad j = 1, \dots, n, j \neq k \quad (3.5)$$

$$L_{sj} \leq \alpha_{sj} \leq U_{sj}, j = 1, \dots, n \quad (3.6)$$

Como observado, o Modelo 3 é não linear, pois existem $\sum_{p=1}^P \alpha_{sk} v_s X_{sk}$ em algumas restrições. Dessa forma, fazendo a substituição de variáveis $\beta_{sk} = v_s \alpha_{sk}$ ($k = 1, \dots, n$), o modelo 3 pode ser convertido no modelo de programação linear 4.

$$\min \sum_{p=1}^q s_k^p \quad (4)$$

$$\text{s. t. } \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} + \sum_{p=1}^P v_s X_{sk} = 1 \quad (4.1)$$

$$\sum_{r \in r^1} u_r Y_{rk}^1 - \sum_{i \in i^1} v_i X_{ik}^1 - \sum_{p=1}^P \beta_{sk} X_{sk} + s_k^1 = 0, \quad p = 1 \quad (4.2)$$

$$\sum_{r \in r^2} u_r Y_{rk}^2 - \sum_{i \in i^2} v_i X_{ik}^2 - \sum_{p=1}^P (1 - \beta_{sk}) v_s X_{sk} + s_k^2 = 0, \quad p = 2 \quad (4.3)$$

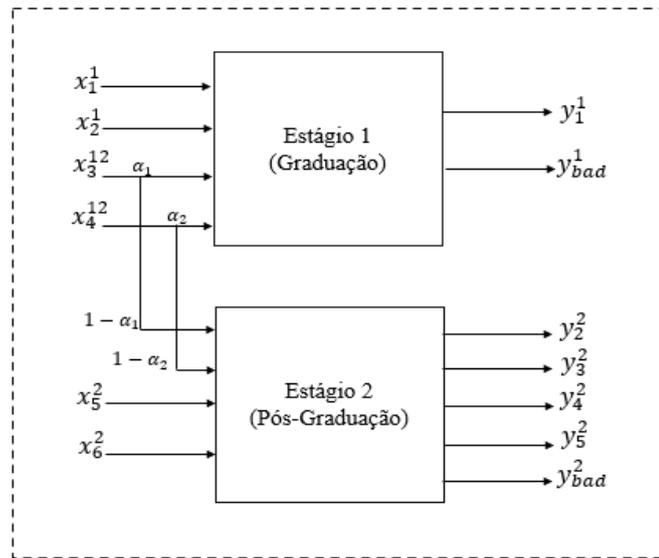
$$\sum_{r \in r^1} u_r Y_{rj}^1 - \sum_{i \in i^1} v_i X_{ij}^1 - \sum_{p=1}^P \beta_{sj} X_{sj} \leq 0, \quad p = 1, j = 1, \dots, n, j \neq k \quad (4.4)$$

$$\sum_{r \in r^2} u_r Y_{rj}^2 - \sum_{i \in i^2} v_i X_{ij}^2 - \sum_{p=1}^P (1 - \beta_{sj}) v_s X_{sj} \leq 0, \quad p = 2, j = 1, \dots, n, j \neq k \quad (4.5)$$

$$L_{sj} \leq \beta_{sj} \leq U_{sj}, j = 1, \dots, n \quad (4.6)$$

Mediante essas modificações o modelo se torna linearizado. Diante disso, a modelagem NDEA proposta contempla uma estrutura de dois estágios em paralelo com inputs compartilhados e saídas indesejáveis. O primeiro subprocesso se debruça sobre a avaliação das atividades relacionadas a graduação. Paralelamente, o segundo subprocesso avalia as atividades relacionada a pós-graduação. A Figura 8 ilustra a estrutura e as variáveis adotadas para modelagem NDEA.

Figura 8 – Estrutura proposta do modelo NDEA



Fonte: O autor (2023).

A Tabela 9 detalha as variáveis selecionadas na modelagem NDEA. Essas variáveis visam retratar adequadamente o sistema de ensino superior brasileiro e foram selecionadas por meio de uma pesquisa bibliográfica considerando estudos nacionais e internacionais no contexto da avaliação de desempenho no ensino superior.

Tabela 9 – Variáveis utilizadas no estudo

Subprocesso	Tipo	Variável	Descrição
Graduação	Input	x_1^1	Número total de cursos de graduação
	Input	x_2^1	Número total de matrículas em cursos presenciais da graduação
	Shared Input	x_3^{12}	Número total de docentes em exercício
	Shared Input	x_4^{12}	Número total de técnicos administrativos
	Output	y_1^1	Número total de alunos concluintes nos cursos da graduação
	Output Bad	y_{bad}^1	Número total de alunos desvinculados e com matrículas trancadas na graduação
Pós-Graduação	Input	x_5^2	Número total de programas de pós-graduação
	Input	x_6^2	Número total de matrículas em programas de pós-graduação
	Shared Input	x_3^{12}	Número total de docentes em exercício
	Shared Input	x_4^{12}	Número total de técnicos administrativos
	Output	y_2^2	Número total de dissertações de mestrado defendidas
	Output	y_3^2	Número total de teses de doutorado defendidas
	Output	y_4^2	Número total de publicações em periódicos
	Output	y_5^2	Número total de patentes produzidas
Output Bad	y_{bad}^2	Número total de alunos desistentes e desligados na pós-graduação	

Fonte: O autor (2023).

Conforme a Figura 8, podemos observar que o primeiro estágio é alimentado pelas variáveis relacionadas a graduação (número total de cursos, de matrículas, de docentes em exercício e de técnicos administrativos) e se desdobra em dois tipos de saídas denominadas como desejável (número total de alunos concluintes na graduação em cada IES) e indesejável (quantidade de alunos desvinculados e com matrículas trancadas). É importante destacar que as variáveis Corpo docente em exercício (x_3^{12}) e Corpo técnico administrativo (x_4^{12}) são compartilhadas entre os estágios de graduação e pós-graduação. Dessa forma, parte desses recursos são destinados a graduação denominados por α_1 e α_2 atrelados as variáveis x_3^{12} e x_4^{12} respectivamente. Enquanto a outra parte é alocada a pós-graduação designada por $1 - \alpha_1$ e $1 - \alpha_2$ também atreladas as variáveis x_3^{12} e x_4^{12} respectivamente. Assim, com a determinação da eficiência neste estágio, é possível verificar quais universidades tem tido sucesso em converter a quantidade de cursos oferecidos, matrículas realizadas e recursos humanos utilizados em uma maior quantidade de alunos formados e em uma menor quantidade de alunos evadidos.

Paralelamente, o segundo estágio corresponde a análise da pós-graduação. Para essa avaliação é considerado o número de programas de pós-graduação oferecidos por cada instituição e a quantidade de matrículas realizadas, além das variáveis compartilhadas com o estágio da graduação para investigar a quantidade de alunos concluintes na pós-graduação (representado pelo número de dissertações e teses defendidas), os resultados da produção científica (publicações em periódicos e patentes produzidas) e o número de alunos evadidos na pós-graduação (saída indesejável). Logo, a eficiência desse estágio possibilitará verificar quais universidades tiveram êxito em converter a quantidade de programas ofertados, matrículas realizadas e recursos humanos utilizados em uma maior quantidade de alunos concluintes, maior produção científica e menor número de alunos evadidos.

Para o tratamento das saídas indesejáveis é utilizado o procedimento sugerido por Koopmans (1951). Essa abordagem é denominada como inverso aditivo e consiste em incorporar as saídas indesejáveis U como saídas desejáveis com valores $f(U) = -U$. No entanto, dados negativos dificulta o cálculo da pontuação de eficiência (HALKOS; PETROU, 2019). Nesse caso, Ali e Seliford (1990) sugerem adicionar ao universo aditivo um escalar β suficientemente grande de modo que os valores da saída resultante $f(U) = -U + \beta$ sejam positivos. Portanto, o modelo 4 foi aplicado e os resultados serão discutidos na seção 4.2. Contudo, a fins de comparação, é realizada uma análise comparativa entre os outros dois tipos de tratamento de saídas indesejáveis frequentemente utilizados na literatura. A primeira trata esse tipo de saída como uma entrada regular (TYTECA D, 1996). A segunda é denominada inverso multiplicativo e foi sugerido por Golany e Roll (1989). Nessa abordagem cada saída

indesejável é incorporada usando os valores $f(U) = 1/U$. Os resultados dessa análise comparativa são apresentados na seção 4.6.

3.4 Seleção das DMU's e Coleta de Dados

De acordo com o Censo da Educação Superior realizado em 2020, o país possui 2.457 IES. Dentre essas, 304 são instituições públicas, incluindo universidades, faculdades, centros universitários, institutos federais e centros federais de educação tecnológica. Como no Brasil as IES públicas são financiadas com recursos públicos e os alunos não pagam mensalidades, é fundamental analisar o desempenho dessas instituições para proporcionar transparência a sociedade perante o uso de recursos públicos.

Mediante a constatação do panorama dessas instituições em relação a disponibilidade de informações a respeito da graduação e pós-graduação, foram coletados dados referentes a 103 universidades públicas. Entretanto, 22 instituições foram excluídas da amostra por falta de dados em algumas variáveis selecionadas na seção anterior. Portanto, a amostra final é composta por 81 IES, sendo 54 universidades federais, 24 estaduais e 3 municipais. As universidades que compõe a amostra estão expostas na Tabela 10.

Tabela 10 – Universidades selecionadas para compor a amostra

DMU	UNIVERSIDADE	SIGLA	DMU	UNIVERSIDADE	SIGLA
1	Universidade Federal De Mato Grosso	UFMT	42	Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul	UFRGS
2	Universidade De Brasília	UNB	43	Universidade Federal De Santa Maria	UFSM
3	Universidade Federal De Sergipe	UFSE	44	Universidade Federal Do Ceará	UFC
4	Universidade Federal Do Amazonas	UFAM	45	Universidade Federal De Goiás	UFG
5	Universidade Federal Do Piauí	UFPI	46	Universidade Federal De Santa Catarina	UFSC
6	Universidade Federal De Ouro Preto	UFOP	47	Universidade Federal Do Rio De Janeiro	UFRJ
7	Universidade Federal De São Carlos	UFSCAR	48	Universidade Federal Rural De Pernambuco	UFRPE
8	Universidade Federal De Viçosa	UFV	49	Universidade Tecnológica Federal Do Paraná	UTFPR
9	Universidade Estadual De Londrina	UEL	50	Universidade Federal Rural Do Semiárido	UFERSA
10	Universidade Federal Do Rio Grande	FURG	51	Universidade Federal De São Paulo	UNIFESP
11	Universidade Federal De Uberlândia	UFU	52	Universidade Federal De Lavras	UFLA
12	Universidade Estadual De Santa Cruz	UESC	53	Universidade Federal De Alfenas	UNIFAL-MG
13	Universidade Estadual Do Ceará	UECE	54	Universidade Federal Dos Vales Do Jequitinhonha E Mucuri	UFVJM
14	Fundação Universidade Do Estado De Santa Catarina	UDESC	55	Universidade Federal Do Triângulo Mineiro	UFTM
15	Universidade Estadual De Goiás	UEG	56	Universidade Federal De Itajubá	UNIFEI
16	Universidade Estadual De Campinas	UNICAMP	57	Universidade Estadual Do Oeste Do Paraná	UNIOESTE
17	Universidade De São Paulo	USP	58	Universidade Federal De Pelotas	UFPEL
18	Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho	UNESP	59	Universidade De Taubaté	UNITAU
19	Universidade Estadual De Maringá	UEM	60	Universidade Estadual De Feira De Santana	UEFS
20	Universidade Do Estado Do Rio Grande Do Norte	UERN	61	Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia	UESB
21	Universidade Regional De Blumenau	FURB	62	Universidade Federal Do Estado Do Rio De Janeiro	UNIRIO
22	Universidade Federal De São João Del Rei	UFSJ	63	Universidade Federal De Mato Grosso Do Sul	UFMS
23	Universidade Estadual De Montes Claros	UNIMONTES	64	Fundação Universidade Federal De Rondônia	UNIR
24	Universidade De Pernambuco	UPE	65	Fundação Universidade Federal De Ciências Da Saúde De Porto Alegre	UFCSPA
25	Universidade Do Estado Do Rio De Janeiro	UERJ	66	Universidade Estadual De Ponta Grossa	UEPG
26	Universidade Federal Do Maranhão	UFMA	67	Universidade Regional Do Cariri	URCA
27	Universidade Federal Do Acre	UFAC	68	Universidade Federal De Roraima	UFRR
28	Universidade Estadual Da Paraíba	UEPB	69	Universidade Federal Do Amapá	UNIFAP
29	Universidade Estadual Do Maranhão	UEMA	70	Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro	UENF
30	Universidade Federal Do Pará	UFPA	71	Universidade Do Estado De Minas Gerais	UEMG
31	Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte	UFRN	72	Universidade Estadual Do Centro Oeste	UNICENTRO
32	Universidade Federal Do Paraná	UFPR	73	Universidade Federal De Campina Grande	UFCG
33	Universidade Federal Fluminense	UFF	74	Universidade Do Estado Do Amazonas	UEA
34	Universidade Federal Do Espírito Santo	UFES	75	Fundação Universidade Federal Do Tocantins	UFT
35	Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro	UFRRJ	76	Universidade Federal Do Recôncavo Da Bahia	UFRB
36	Universidade Federal De Minas Gerais	UFMG	77	Fundação Universidade Federal Da Grande Dourados	UFGD
37	Universidade Federal De Juiz De Fora	UFJF	78	Fundação Universidade Federal Do ABC	UFABC
38	Universidade Federal De Alagoas	UFAL	79	Fundação Universidade Federal Do Pampa	UNIPAMPA
39	Universidade Federal Da Bahia	UFBA	80	Universidade Estadual Do Norte Do Paraná	UENP
40	Universidade Federal Da Paraíba	UFPB	81	Universidade Federal Do Oeste Do Pará	UFOPA
41	Universidade Federal De Pernambuco	UFPE			

Fonte: O autor (2023).

A Figura 9 detalha a distribuição das universidades nas macrorregiões do país. A região Sudeste concentra a maior quantidade de universidades públicas da amostra, totalizando 27. Em seguida, vem a região Nordeste com 22, região Sul com 16, região Norte com 9 e por fim, a região Centro-Oeste com 7 universidades.

Figura 9 – Distribuição das universidades pelas regiões brasileiras



Fonte: O autor (2023).

Os dados utilizados para implementação da modelagem proposta na seção 3.3 foram coletados em bancos de dados fornecidos pelo censo da educação superior disponível no site do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), responsável por realizar avaliações anuais do ensino superior e pelo site da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) responsável por avaliar a pós-graduação no Brasil. Os dados utilizados correspondem a 2020, pois representa a avaliação mais recente da pós-graduação brasileira realizada pela CAPES.

4 ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

O corrente capítulo está destinado a analisar os dados referentes as variáveis definidas no capítulo anterior. Além disso, serão apresentados os resultados de eficiências obtidos por meio da utilização do modelo NDEA. Após as considerações dos resultados obtidos com DEA, é realizada uma análise de sensibilidade do modelo aplicado com o intuito de constatar a consistência dos resultados. Conclui-se o capítulo com uma análise comparativa entre os principais tratamentos de saídas indesejáveis utilizados na literatura.

4.1 Estatística Descritiva dos Dados

Com o intuito de propiciar uma compreensão simplificada da relação entre os dados coletados e as variáveis do estudo, utilizou-se o *software RStudio* com o propósito de calcular a média aritmética, desvio padrão e os valores máximo e mínimo da amostra. A Tabela 11 apresenta a estatística descritiva dos dados coletados, os quais são representativos das variáveis selecionadas para presente análise.

Tabela 11 – Estatística Descritiva das Variáveis

Estágio	Variáveis	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Graduação	Qnt. Cursos (x_1^1)	86,03	47,52	271	16
	Qnt. Matrículas (x_2^1)	17156,78	11481,14	64276	966
	Qnt. Concluintes (y_2^1)	1822,76	1391,57	8062	186
	Qnt. Evadidos (y_{bad}^1)	4987,20	6440,16	39519	241
Graduação/ Pós-Graduação	Qnt. Docentes (x_3^{12})	2519,61	2070,62	13830	558
	Qnt. Técnicos Adm (x_4^{12})	1557,51	1423,41	9333	86
Pós-Graduação	Qnt. Programas (x_5^2)	40,85	37,72	260	5
	Qnt. Matrículas (x_6^2)	2939,75	3612,52	23948	218
	Qnt. Dissertações (y_2^2)	517,68	489,28	2836	48
	Qnt. Tese (y_3^2)	204,34	308,14	2037	1
	Qnt. Publicações (y_4^2)	3308,85	4041,93	29071	257
	Qnt. Patentes (y_5^2)	44,30	52,49	217	1
	Qnt. Evadidos (y_{bad}^2)	88,85	99,92	548	5

Fonte: O autor (2023).

Podemos observar a ocorrência de altos desvios o que indica heterogeneidade da amostra, visto que o estudo contempla universidades de todas as regiões do país. Portanto, a heterogeneidade era esperada tendo em vista que o Brasil é um país de dimensões continentais e com grandes disparidades regionais.

Verifica-se também que existe uma grande amplitude entre os valores máximos e mínimo das variáveis. Essas disparidades podem estar relacionadas com o porte das

universidades. As variáveis relacionadas a quantidade de matrículas e evadidos na graduação apresentam as maiores amplitudes da amostra. Nesse contexto, a USP possui a maior quantidade de matrículas na graduação, enquanto a UFGD a menor quantidade. Já em relação a número de evadidos, a UFBA apresenta a maior quantidade, enquanto a UFCSPA a menor quantidade.

A respeito das variáveis da pós-graduação, a maior amplitude está relacionada a quantidade de publicações e de matrículas. Desse modo, a USP possui a maior quantidade de publicações e de matrículas. Por outro lado, a UEMG e a UENP apresentaram a menor quantidade de publicações e matrículas respectivamente.

Percebe-se também que as menores amplitudes e desvio-padrão estão relacionadas as variáveis referentes a quantidade de cursos, de programas e patentes. A USP possui o maior valor nessas três variáveis, enquanto a UFCSP possui o menor número de cursos, URCA e UENP menor quantidade de programas e FURB, UFAC, UFRB e UFGD o menor número de patentes. É importante destacar que a variável patente apesar de muito relevante, foi responsável por remover grande parte das DMU's da amostra por ser uma variável com informações mais escassas em relação as demais.

4.2 Análise de Eficiência

De acordo com o modelo 4 discutido na seção 3.3, é necessário definir os parâmetros α relacionados aos insumos compartilhados entre os estágios. Desse modo, definiu-se um limite para distribuição do α_1 e α_2 entre 40% e 60% para a proporção de docentes e de técnicos administrativos. Para essa definição, utilizou-se como parâmetro o número de docentes vinculados a graduação e o número de docentes vinculados a pós-graduação, além da quantidade de técnicos administrativos relacionados a cada universidade definida na seção 3.4.

Assim, a Tabela 12 apresenta o ranking das DMU's de acordo com a eficiência global, a folga obtida através do Modelo 4, as eficiências dos estágios e suas respectivas folgas, além das proporções de insumos compartilhados. Em média, a eficiência global correspondeu a 86,2%. Para a graduação, o valor médio verificado foi de 60,7% e para a pós-graduação o valor foi de 86,5%. Desse modo, verifica-se que o desempenho da pós-graduação é superior ao da graduação e esse resultado indica que o governo brasileiro precisa priorizar a graduação perante o desenvolvimento de estratégias para melhorar a qualidade do ensino superior.

Tabela 12 – Resultados do Modelo NDEA em paralelo

DMU	Ranking (E)	Eficiência Geral (E)	Sk	Eficiência Graduação (E1)	Sk ¹	Eficiência pós-graduação (E2)	Sk ²	α_1	α_2
UNIFEI	1	1	0	1	0	1	0	0,6	0,4
UNICENTRO	1	1	0	1	0	1	0	0,6	0,4
UFCSPA	3	0,9991	0,0009	0,8977	0,0009	1	0	0,6	0,4
UFGD	4	0,9991	0,0009	1	0	0,8211	0,0009	0,6	0,569
UFPI	5	0,9989	0,0011	1	0	0,8756	0,0011	0,6	0,578
UFABC	6	0,9987	0,0013	1	0	0,7899	0,0013	0,4	0,4
UEPB	7	0,9987	0,0013	1	0	0,8130	0,0013	0,4	0,4
UFAM	8	0,9975	0,0025	1	0	0,7019	0,0025	0,6	0,6
UFRGS	9	0,9975	0,0025	1	0	0,9270	0,0025	0,4	0,6
UERN	10	0,9935	0,0065	0,5746	0,0065	1	0	0,6	0,4
UENF	11	0,9934	0,0066	0,2168	0,0066	1	0	0,4	0,6
UNICAMP	12	0,9926	0,0074	0,8873	0,0074	1	0	0,6	0,4
UESB	13	0,9916	0,0084	0,3272	0,0084	1	0	0,4	0,4
UFMG	14	0,9910	0,0090	0,9654	0,0090	1	0	0,4	0,4
UFSJ	15	0,9906	0,0094	0,7050	0,0094	1	0	0,6	0,6
URCA	16	0,9906	0,0094	0,3530	0,0094	1	0	0,6	0,6
UFERSA	17	0,9901	0,0099	0,3614	0,0099	1	0	0,4	0,4
UEM	18	0,9879	0,0121	0,5399	0,0121	1	0	0,6	0,6
UFV	19	0,9850	0,0150	0,3793	0,0150	1	0	0,6	0,6
UFCEG	20	0,9842	0,0158	0,4316	0,0158	1	0	0,4	0,4
UFRPE	21	0,9788	0,0212	0,4001	0,0141	0,9927	0,0071	0,6	0,6
UNESP	22	0,9756	0,0244	0,5801	0,0244	1	0	0,4	0,4
UNITAU	23	0,9756	0,0244	1	0	0,8975	0,0244	0,6	0,6
UFT	24	0,9712	0,0288	0,9168	0,0288	1	0	0,6	0,4
UFU	25	0,9673	0,0327	0,1751	0,0293	0,9965	0,0034	0,6	0,6
UFMT	26	0,9637	0,0363	0,2690	0,0243	0,9877	0,0120	0,6	0,4
UFPEL	27	0,9619	0,0381	0,4436	0,0160	0,9775	0,0221	0,6	0,4
UEL	28	0,9614	0,0386	0,8074	0,0386	1	0	0,6	0,495
UNB	29	0,9548	0,0452	0,4622	0,0336	0,9880	0,0115	0,6	0,6
UFF	30	0,9501	0,0499	0,9548	0,0446	0,8449	0,0054	0,4	0,4
UFSCAR	31	0,9485	0,0515	0,7872	0,0115	0,9583	0,0400	0,6	0,4
UFMS	32	0,9467	0,0533	0,4618	0,0187	0,9645	0,0346	0,6	0,4
USP	33	0,9446	0,0554	0,8330	0,0368	0,9777	0,0186	0,6	0,453
UEPG	34	0,9006	0,0994	0,5678	0,0111	0,9108	0,0882	0,6	0,4
UENP	35	0,8935	0,1065	0,6418	0,0026	0,8954	0,1039	0,6	0,4
UFPE	36	0,8904	0,1096	0,7370	0,0287	0,9111	0,0810	0,6	0,6
UNIFAP	37	0,8878	0,1122	1	0	0,8444	0,1122	0,6	0,4
UFPR	38	0,8654	0,1346	0,3805	0,0306	0,8927	0,1039	0,6	0,6
UFAL	39	0,8649	0,1351	0,3687	0,0234	0,8849	0,1117	0,6	0,4
FURB	40	0,8649	0,1351	0,7148	0,0028	0,8667	0,1323	0,6	0,6
UPE	41	0,8643	0,1357	0,3617	0,0190	0,8812	0,1167	0,6	0,4
UEMG	42	0,8582	0,1418	1	0	0,5578	0,1418	0,6	0,6
UNIMONTES	43	0,8514	0,1486	0,4496	0,0088	0,8587	0,1397	0,6	0,4
UNIOESTE	44	0,8457	0,1543	0,3019	0,0146	0,8583	0,1397	0,6	0,4
UFLA	45	0,8453	0,1547	0,8452	0,1543	0,9530	0,0004	0,4	0,4
UFSC	46	0,8429	0,1571	0,6450	0,0317	0,8646	0,1254	0,4	0,4
UEG	47	0,8289	0,1711	0,5713	0,0119	0,8369	0,1592	0,4	0,4
UEFS	48	0,8265	0,1735	0,7178	0,0057	0,8295	0,1679	0,6	0,4
UFJF	49	0,8260	0,1740	0,6088	0,0239	0,8416	0,1501	0,4	0,4
UFVJM	50	0,8254	0,1746	0,5490	0,0070	0,8306	0,1676	0,6	0,6
UFES	51	0,8235	0,1765	0,8032	0,0633	0,8692	0,1132	0,6	0,4
UFPB	52	0,8195	0,1805	0,2454	0,0375	0,8514	0,1430	0,4	0,4
UNIRIO	53	0,8172	0,1828	0,3214	0,0173	0,8311	0,1655	0,4	0,4

UFRRJ	54	0,8152	0,1848	0,5767	0,0285	0,8336	0,1564	0,6	0,4
UDESC	55	0,8114	0,1886	0,4874	0,0102	0,8190	0,1785	0,6	0,4
UEA	56	0,7988	0,2012	0,3391	0,0151	0,8101	0,1861	0,4	0,6
UNIFESP	57	0,7966	0,2034	0,7691	0,0298	0,8034	0,1736	0,6	0,4
UFS	58	0,7952	0,2048	0,6170	0,1201	0,9127	0,0847	0,4	0,4
FURG	59	0,7949	0,2051	0,4327	0,0101	0,8027	0,1951	0,6	0,6
UFC	60	0,7921	0,2079	0,4661	0,0280	0,8135	0,1799	0,6	0,4
UFG	61	0,7914	0,2086	0,5061	0,0183	0,8050	0,1903	0,6	0,4
UFTM	62	0,7882	0,2118	0,4479	0,0070	0,7936	0,2048	0,6	0,6
UECE	63	0,7805	0,2195	0,7317	0,1419	0,9041	0,0776	0,6	0,4
UERJ	64	0,7787	0,2213	0,7054	0,0283	0,7893	0,1930	0,6	0,4
UFRJ	65	0,7698	0,2302	0,6565	0,0606	0,8014	0,1696	0,4	0,4
UFOP	66	0,7696	0,2304	0,7788	0,1797	0,8735	0,0507	0,4	0,4
UFSM	67	0,7693	0,2307	0,7473	0,1020	0,8466	0,1287	0,6	0,4
UFMA	68	0,7501	0,2499	0,6579	0,0536	0,7782	0,1963	0,6	0,6
UNIFAL-MG	69	0,7418	0,2582	0,7469	0,0885	0,8078	0,1698	0,6	0,6
UFRN	70	0,7395	0,2605	0,4453	0,0279	0,7591	0,2326	0,6	0,6
UTFPR	71	0,7351	0,2649	0,3220	0,0345	0,7602	0,2304	0,6	0,6
UFAC	72	0,7305	0,2695	0,3914	0,0102	0,7374	0,2593	0,4	0,4
UESC	73	0,7255	0,2745	0,3630	0,0082	0,7316	0,2663	0,6	0,4
UFBA	74	0,6885	0,3115	0,4857	0,0486	0,7154	0,2629	0,6	0,6
UFPA	75	0,6843	0,3157	0,6287	0,1672	0,8446	0,1485	0,6	0,4
UNIPAMPA	76	0,6377	0,3623	0,3562	0,0112	0,6440	0,3512	0,6	0,6
UFOPA	77	0,6344	0,3656	0,3725	0,0075	0,6387	0,3582	0,6	0,549
UEMA	78	0,6220	0,3780	0,3259	0,0201	0,6325	0,3580	0,6	0,571
UFRR	79	0,5793	0,4207	0,2903	0,0074	0,5832	0,4133	0,6	0,6
UNIR	80	0,5541	0,4459	0,6689	0,1509	0,7016	0,2950	0,6	0,6
UFRB	81	0,5166	0,4834	0,3204	0,0106	0,5214	0,4728	0,6	0,4

Fonte: O autor (2023).

Inicialmente, verifica-se que dentre as 81 universidades analisadas, apenas UNIFEI e UNICENTRO são globalmente eficientes o que representa 2,47 % da amostra. Em relação a UNIFEI, apesar de ser uma universidade com a segunda menor quantidade de docentes e com o sexto menor valor de cursos da graduação entre as universidades investigadas, o número de concluintes da graduação é bem superior ao apresentado pela UFU (25° lugar no ranking global), que tem uma quantidade de cursos e de matrículas de graduação quase três vezes maior que a UNIFEI, além de um número de docentes ser quase seis vezes superior. Outro ponto positivo dessa universidade é o total de patentes produzidas, visto que apesar de apresentar apenas o 20° menor número de programas e o 23° menor quantidade de matrículas na pós-graduação, consegue gerar um total de patentes maior do que a UERJ (64° lugar no ranking), que possui quantidade de programas quatro vezes maior e um número de matrículas de pós-graduação quase sete vezes maior que a UNIFEI.

Por sua vez, o resultado de eficiência máxima da UNICENTRO pode ser explicado pelo fato de que apesar de possuir a quarta menor quantidade de técnicos administrativos e apenas 43° maior número de matrículas na graduação, produz um número de concluintes maior que a UEA (56° lugar no ranking) que possui um total de cursos e de técnicos quase três vezes maior

que a UNICENTRO. Essa universidade também se destaca na quantidade de patentes produzidas, visto que embora possua apenas o 14º menor número de programas e o 18º menor quantidade de matrículas, produz um total de patentes maior que a UFSM (48º lugar no ranking), que tem uma quantidade de programas quase quatro vezes maior e um número de matrículas quase seis vezes maior que a UNICENTRO.

Por outro lado, observa-se que a UFRB apresentou o pior desempenho global do conjunto investigado, seguido pela UNIR. No caso da UFRB, o baixo desempenho é consequência do menor índice de eficiência na pós-graduação entre as universidades analisadas em virtude da baixa quantidade de artigos produzidos (quarto menor da amostra) e teses e dissertações defendidas (quinto e sexto menor valor respectivamente). Além disso, seu desempenho ruim é corroborado pelo sétimo pior desempenho na graduação atrelado ao número considerável de alunos evadidos e a baixa quantidade de alunos concluintes em relação ao total de cursos e matrículas. Já em relação a UNIR, sua classificação na parte inferior do ranking global é consequência do sétimo menor índice de eficiência na pós-graduação, em decorrência da baixa quantidade de patentes (terceira menor da amostra), além do baixo número de teses e dissertações defendidas (11º e 15º menor valor da amostra).

A Tabela 13 detalha o desempenho das DMU's por estágio. Verifica-se que no primeiro estágio 11 universidades são eficientes o que corresponde a 13,58% da amostra, enquanto no segundo estágio 17 universidades são eficientes o que representa 20,99% da amostra.

Tabela 13 – Score de eficiência por estágio

DMU	Eficiência E ₁ (Graduação)	Eficiência E ₂ (Pós-graduação)
FURB	0,715	0,867
FURG	0,433	0,803
UDESC	0,487	0,819
UEA	0,339	0,810
UECE	0,732	0,904
UEFS	0,718	0,829
UEG	0,571	0,837
UEL	0,807	1,000
UEM	0,540	1,000
UEMA	0,326	0,632
UEMG	1,000	0,558
UENF	0,217	1,000
UENP	0,642	0,895
UEPB	1,000	0,813
UEPG	0,568	0,911
UERJ	0,705	0,789
UERN	0,575	1,000
UESB	0,327	1,000
UESC	0,363	0,732
UFABC	1,000	0,790

UFAC	0,391	0,737
UFAL	0,369	0,885
UFAM	1,000	0,702
UFBA	0,486	0,715
UFC	0,466	0,813
UFCG	0,432	1,000
UFCSPA	0,898	1,000
UFERSA	0,361	1,000
UFES	0,803	0,869
UFF	0,955	0,845
UFG	0,506	0,805
UFGD	1,000	0,821
UFJF	0,609	0,842
UFLA	0,845	0,953
UFMA	0,658	0,778
UFMG	0,965	1,000
UFMS	0,462	0,965
UFMT	0,269	0,988
UFOP	0,779	0,873
UFOPA	0,372	0,639
UFPA	0,629	0,845
UFPB	0,245	0,851
UFPE	0,737	0,911
UFPEL	0,444	0,977
UFPI	1,000	0,876
UFPR	0,381	0,893
UFRB	0,320	0,521
UFRGS	1,000	0,927
UFRJ	0,657	0,801
UFRN	0,445	0,759
UFRPE	0,400	0,993
UFRR	0,290	0,583
UFRRJ	0,577	0,834
UFS	0,617	0,913
UFSC	0,645	0,865
UFSCAR	0,787	0,958
UFSJ	0,705	1,000
UFSM	0,747	0,847
UFT	0,917	1,000
UFTM	0,448	0,794
UFU	0,175	0,996
UFV	0,379	1,000
UFVJM	0,549	0,831
UNB	0,462	0,988
UNESP	0,580	1,000
UNICAMP	0,887	1,000
UNICENTRO	1,000	1,000
UNIFAL-MG	0,747	0,808
UNIFAP	1,000	0,844
UNIFEI	1,000	1,000
UNIFESP	0,769	0,803
UNIMONTES	0,450	0,859
UNIOESTE	0,302	0,858
UNIPAMPA	0,356	0,644
UNIR	0,669	0,702
UNIRIO	0,321	0,831
UNITAU	1,000	0,897
UPE	0,362	0,881

URCA	0,353	1,000
USP	0,833	0,978
UTFPR	0,322	0,760

Fonte: O autor (2023).

Ao comparar o desempenho entre os estágios, podemos observar diferenças significativas entre os scores de eficiência. As maiores discrepâncias observadas foram sobre UEMG e UENF. A UEMG obteve desempenho máximo na graduação e o segundo pior desempenho na pós-graduação (0,558). O desempenho máximo da UEMG na graduação é resultado de uma das menores quantidades de alunos evadidos da amostra e o número de concluintes superior a universidades com maior quantidade de insumos. Por outro lado, seu baixo desempenho na pós-graduação é consequência da menor quantidade de publicações e dissertações defendidas do conjunto investigado.

De forma inversa, a UENF obteve o segundo pior desempenho na graduação (0,217) e desempenho máximo na pós-graduação. Seu baixo desempenho na graduação pode ser explicado pela menor quantidade de concluinte da amostra. Contudo, seu desempenho na pós-graduação está atrelado ao fato de que apesar de ter uma baixa quantidade de programas e matrículas, a produção de teses e patentes é maior que universidades com quantidade de insumos maiores.

De modo geral, outras divergências significativas verificadas entre os estágios em relação as universidades eficientes na graduação foram sobre a UFMA (68° menor valor na pós-graduação), UFABC (66° menor valor na pós-graduação), UEPB (58° menor valor na pós-graduação), UFGD (55° menor valor na pós-graduação), UNIFAP (48° menor valor na pós-graduação), UFPI (37° menor valor na pós-graduação) e UNITAU (32° menor valor na pós-graduação). Em contrapartida, entre as universidades eficientes na pós-graduação as maiores diferenças em comparação com a graduação foram sobre a UESB (71° menor valor na graduação), URCA (69° menor valor na graduação), UFERSA (67° menor valor na graduação), UFV (62° menor valor na graduação), UFCG (58° menor valor na graduação), UEM (46° menor valor na graduação) e UERN (42° menor valor na graduação).

Em síntese, os resultados demonstraram que existe uma maior ineficiência da graduação do que na pós-graduação indicando que a graduação deve ser o foco de desenvolvimento de estratégias de melhorias pelos gestores, já que na graduação existem 34 DMUs com scores de eficiência inferior a 50%, enquanto na pós-graduação todos as DMUs obtiveram índice de eficiência superior a 50%.

A Tabela 14 compara os resultados de eficiência do modelo proposto com os resultados do modelo clássico. Inicialmente, verifica-se que em quase todos os casos os scores de eficiência global obtidos com o modelo paralelo são inferiores aos do modelo CCR, indicando maior grau discriminação por parte do primeiro modelo. Nesse contexto, observa-se que no modelo DEA convencional 46 DMU's são consideradas eficientes o que representa 50,62% da amostra, enquanto apenas duas são eficientes no modelo DEA em paralelo, ou seja, UNIFEI e UNICENTRO. Como essas duas universidades também são eficientes no modelo clássico, os dois modelos convergem parcialmente nos resultados dessas DMU's.

Tabela 14 – Comparação dos resultados do modelo NDEA paralelo com o modelo CCR

DMU	Modelo Paralelo			Modelo CCR		
	Eficiência Geral (E)	Eficiência Graduação (E ₁)	Eficiência Pós-graduação (E ₂)	Eficiência (universidade)	Eficiência (Graduação)	Eficiência (Pós-graduação)
FURB	0,8649	0,7148	0,8667	1	0,7390	0,8668
FURG	0,7949	0,4327	0,8027	0,8927	0,3744	0,8250
UDESC	0,8114	0,4874	0,8190	1	0,5887	0,9662
UEA	0,7988	0,3391	0,8101	0,8805	0,6033	0,8102
UECE	0,7805	0,7317	0,9041	0,9884	0,6301	0,9319
UEFS	0,8265	0,7178	0,8295	1	0,6864	0,8356
UEG	0,8289	0,5713	0,8369	1	0,7270	0,8370
UEL	0,9614	0,8074	1	1	0,8623	1
UEM	0,9879	0,5399	1	1	0,7714	1
UEMA	0,6220	0,3259	0,6325	0,7578	0,4721	0,6320
UEMG	0,8582	1	0,5578	1	1	0,5450
UENF	0,9934	0,2168	1	1	0,2126	1
UENP	0,8935	0,6418	0,8954	1	0,8356	0,8955
UEPB	0,9987	1	0,8130	1	1	0,8919
UEPG	0,9006	0,5678	0,9108	0,9688	0,4962	0,9619
UERJ	0,7787	0,7054	0,7893	0,8490	0,7832	0,7882
UERN	0,9935	0,5746	1	1	0,5419	1
UESB	0,9916	0,3272	1	1	0,4319	1
UESC	0,7255	0,3630	0,7316	0,8688	0,2838	0,7785
UFABC	0,9987	1	0,7899	1	1	0,7073
UFAC	0,7305	0,3914	0,7374	0,8528	0,4469	0,7502
UFAL	0,8649	0,3687	0,8849	0,9201	0,5571	0,8848
UFAM	0,9975	1	0,7019	1	1	0,5921
UFBA	0,6885	0,4857	0,7154	1	0,5841	0,7277
UFC	0,7921	0,4661	0,8135	0,8838	0,6184	0,8633
UFCG	0,9842	0,4316	1	1	0,4847	1
UFCSPA	0,9991	0,8977	1	1	0,9084	1
UFERSA	0,9901	0,3614	1	1	0,6612	1
UFES	0,8235	0,8032	0,8692	1	0,7054	0,9215
UFF	0,9501	0,9548	0,8449	1	0,9737	0,8459
UFG	0,7914	0,5061	0,8050	0,9421	0,5811	0,8563
UFGD	0,9991	1	0,8211	1	1	0,8824
UFJF	0,8260	0,6088	0,8416	0,9302	0,5992	0,8949
UFLA	0,8453	0,8452	0,9530	1	0,8455	0,9818
UFMA	0,7501	0,6579	0,7782	0,9778	0,6843	0,8102
UFMG	0,9910	0,9654	1	1	0,9881	1
UFMS	0,9467	0,4618	0,9645	1	0,5425	0,9839

UFMT	0,9637	0,2690	0,9877	1	0,2266	1
UFOP	0,7696	0,7788	0,8735	0,9431	0,7440	0,8824
UFOPA	0,6344	0,3725	0,6387	0,8110	0,3504	0,6881
UFPA	0,6843	0,6287	0,8446	0,9055	0,4829	0,8389
UFPB	0,8195	0,2454	0,8514	0,8740	0,2801	0,8506
UFPE	0,8904	0,7370	0,9111	1	0,8020	0,9766
UFPEL	0,9619	0,4436	0,9775	1	0,4908	1
UFPI	0,9989	1	0,8756	1	1	0,8895
UFPR	0,8654	0,3805	0,8927	0,9309	0,3201	0,9152
UFRB	0,5166	0,3204	0,5214	0,6285	0,3255	0,5209
UFRGS	0,9975	1	0,9270	1	1	0,9839
UFRJ	0,7698	0,6565	0,8014	0,8499	0,6573	0,8162
UFRN	0,7395	0,4453	0,7591	0,8564	0,5810	0,7743
UFRPE	0,9788	0,4001	0,9927	1	0,4777	1
UFRR	0,5793	0,2903	0,5832	0,6027	0,2594	0,5829
UFRRJ	0,8152	0,5767	0,8336	0,8881	0,6014	0,8413
UFS	0,7952	0,6170	0,9127	0,9629	0,2934	0,9595
UFSC	0,8429	0,6450	0,8646	0,9733	0,6269	0,9415
UFSCAR	0,9485	0,7872	0,9583	1	0,7688	1
UFSJ	0,9906	0,7050	1	1	0,7459	1
UFSM	0,7693	0,7473	0,8466	0,8481	0,6359	0,8427
UFT	0,9712	0,9168	1	1	0,8656	1
UFTM	0,7882	0,4479	0,7936	0,9928	0,5469	0,8118
UFU	0,9673	0,1751	0,9965	1	0,1203	0,9974
UFV	0,9850	0,3793	1	1	0,4131	1
UFVJM	0,8254	0,5490	0,8306	0,9928	0,6617	0,8507
UNB	0,9548	0,4622	0,9880	1	0,7298	0,9941
UNESP	0,9756	0,5801	1	1	0,8426	1
UNICAMP	0,9926	0,8873	1	1	0,9525	1
UNICENTRO	1	1	1	1	1	1
UNIFAL-MG	0,7418	0,7469	0,8078	0,9259	0,6255	0,8447
UNIFAP	0,8878	1	0,8444	1	1	0,7213
UNIFEI	1	1	1	1	1	1
UNIFESP	0,7966	0,7691	0,8034	1	0,7772	0,8417
UNIMONTES	0,8514	0,4496	0,8587	0,9306	0,5646	0,8593
UNIOESTE	0,8457	0,3019	0,8583	0,9808	0,2044	0,9098
UNIPAMPA	0,6377	0,3562	0,6440	0,7559	0,3582	0,6436
UNIR	0,5541	0,6689	0,7016	0,7543	0,3225	0,6362
UNIRIO	0,8172	0,3214	0,8311	0,8840	0,5860	0,8317
UNITAU	0,9756	1	0,8975	1	1	0,9391
UPE	0,8643	0,3617	0,8812	1	0,3870	0,8841
URCA	0,9906	0,3530	1	1	0,9267	1
USP	0,9446	0,8330	0,9777	1	0,8737	1
UTFPR	0,7351	0,3220	0,7602	0,9781	0,3995	0,8832

Fonte: O autor (2023).

Também podemos observar que os estágios de cada DMU podem ser tratados como independentes sem considerar o compartilhamento de recursos para calcular a eficiência por meio do Modelo CCR. Os resultados são mostrados na penúltima e última coluna da Tabela 13. Em relação a graduação, 11 DMU's são consideradas eficientes no modelo clássico, assim como no paralelo, são elas: UFAM, UFPI, UEPB, UFRGS, UNIFEI, UNITAU, UNIFAP, UEMG, UNICENTRO, UFGD e UFABC. Ao analisar a pós-graduação, existem 22 DMU's

eficientes no CCR, enquanto 17 são eficientes no modelo paralelo. Nesse caso, as DMU's UFMT, UFSCAR, USP, UFRPE e UFPEL não foram consideradas eficientes no modelo paralelo.

Na graduação, existem 46 DMU's com scores de eficiência do CCR maiores do que as do modelo paralelo. A maior diferença ocorre na URCA, que possui 0,9267 no CCR contra 0,3530 no paralelo. Por outro lado, na pós-graduação existem 50 DMU's com scores de eficiência do CCR maior do que do modelo paralelo, nesse caso, a maior diferença ocorre com a UDESC, que possui 0,9692 de eficiência no CCR contra 0,8190 no paralelo. Os resultados dos estágios individuais obtidos com o modelo paralelo são mais discriminatórios visto que no cálculo da folga de ineficiência de um estágio, o outro estágio também é considerado no modelo de otimização, enquanto no modelo clássico apenas a folga de ineficiência do estágio em questão precisa ser considerada (KAO, 2009).

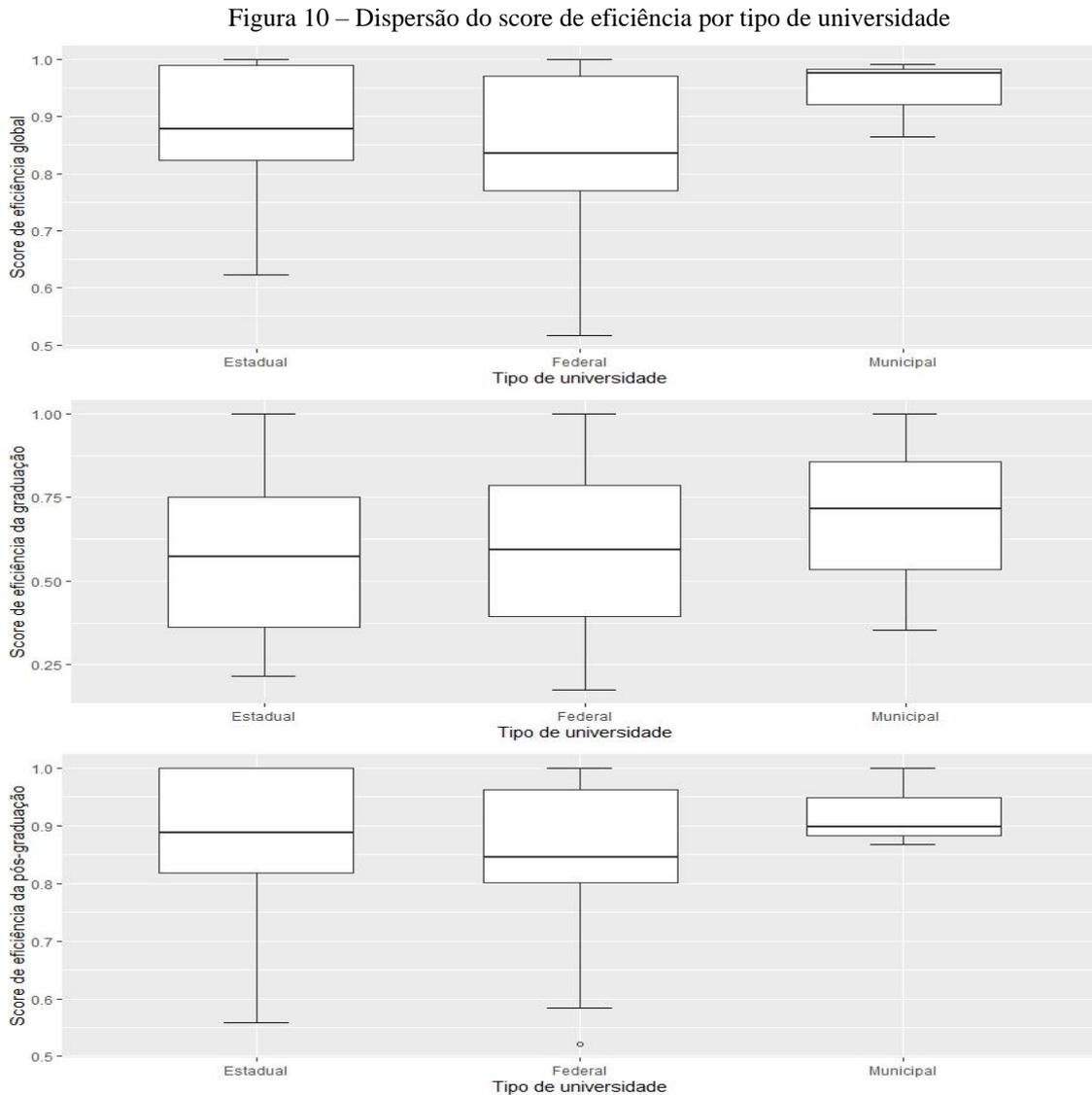
Em termos de comparação a média da eficiência global do modelo paralelo correspondeu a 86,19% enquanto do modelo CCR foi de 95,04%. Na graduação, o valor médio do modelo paralelo foi de 60,74%, ao passo que no CCR foi de 64,74%. Na pós-graduação a média de eficiência do modelo paralelo foi 86,48% versus 87,93% do CCR. Os scores de eficiência do modelo clássico são maiores porque o modelo de otimização não restringe cada estágio a ter uma produção agregada menor que a entrada. Portanto, ignorar esse conjunto de restrições acarreta altos índices de eficiência (KAO, 2009).

Em suma, o modelo em paralelo apresenta maior grau de discriminação em comparação com o modelo CCR, o que possibilita direcionar esforços e recursos de forma assertiva por parte do governo para a melhoria dessas instituições. Isso auxilia que os recursos públicos sejam utilizados de uma forma mais eficiente, além de proporcionar transparência a sociedade perante o uso desses recursos. Além disso, os resultados do modelo permitiram observar discrepâncias entre o desempenho da graduação e pós-graduação. Desse modo, as próximas seções se destinam a verificar com uso de ferramentas estatísticas algumas hipóteses sobre efeitos externos (tipo de instituição e localização geográfica) na mensuração da eficiência.

4.3 Análise de Desempenho entre as Universidades Federais, Estaduais e Municipais

Esta seção tem como objetivo realizar uma análise comparativa do desempenho de universidades federais, estaduais e municipais. Embora sejam instituições públicas, essas universidades possuem aspectos administrativos distintos, visto que as IES federais são financiadas pelo governo federal, enquanto as estaduais são mantidas com recursos dos respectivos estados e as municipais recebem verbas do município, mas possuem autonomia para

administrar a instituição. Entre as 81 universidades que compõem a amostra, 54 são universidades federais, 24 são estaduais e 3 são municipais. A Figura 10 ilustra a dispersão dos scores de eficiência global, da graduação e pós-graduação de acordo com o tipo de universidade.



Fonte: O autor (2023).

Podemos observar que as universidades municipais obtêm o melhor desempenho global, assim como na graduação e pós-graduação com eficiência média de 0,943, 0,689 e 0,921 respectivamente. Ao passo que as universidades estaduais apresentam o segundo melhor desempenho global, como também na pós-graduação com eficiência média de 0,884 e 0,879 respectivamente, por outro lado, apresentam o menor desempenho na graduação com eficiência média de 0,597. Por sua vez, as universidades federais obtêm o menor índice médio global com 0,847, bem como na pós-graduação com desempenho médio de 0,855. Em compensação, essas

instituições apresentaram o segundo melhor desempenho na graduação com eficiência média de 0,607.

Com o intuito de verificar se há uma diferença estatisticamente significativa nos scores de eficiência global, graduação e pós-graduação entre os tipos de universidades analisados, utilizou-se o teste de não paramétrico de Kruskal-Wallis. Esse teste é utilizado na comparação de três ou mais amostras independentes e indica se há diferença entre pelo menos dois deles. Diante disso, a hipótese nula é que as universidades estaduais, federais e municipais têm a mesma mediana de eficiência. Para a efetivação do teste, foi utilizado o software RStudio. Os resultados obtidos se encontram dispostos na Tabela 15.

Tabela 15 – Resultado do teste de Kruskal-Wallis de acordo com o tipo de universidade

Teste de Kruskal-Wallis	E (Global)	E₁ (Graduação)	E₂ (Pós-graduação)
Qui-quadrado	2,7516	0,2622	2,5378
Df	2	2	2
Valor p	0,2526	0,8771	0,2811

Fonte: O autor (2023).

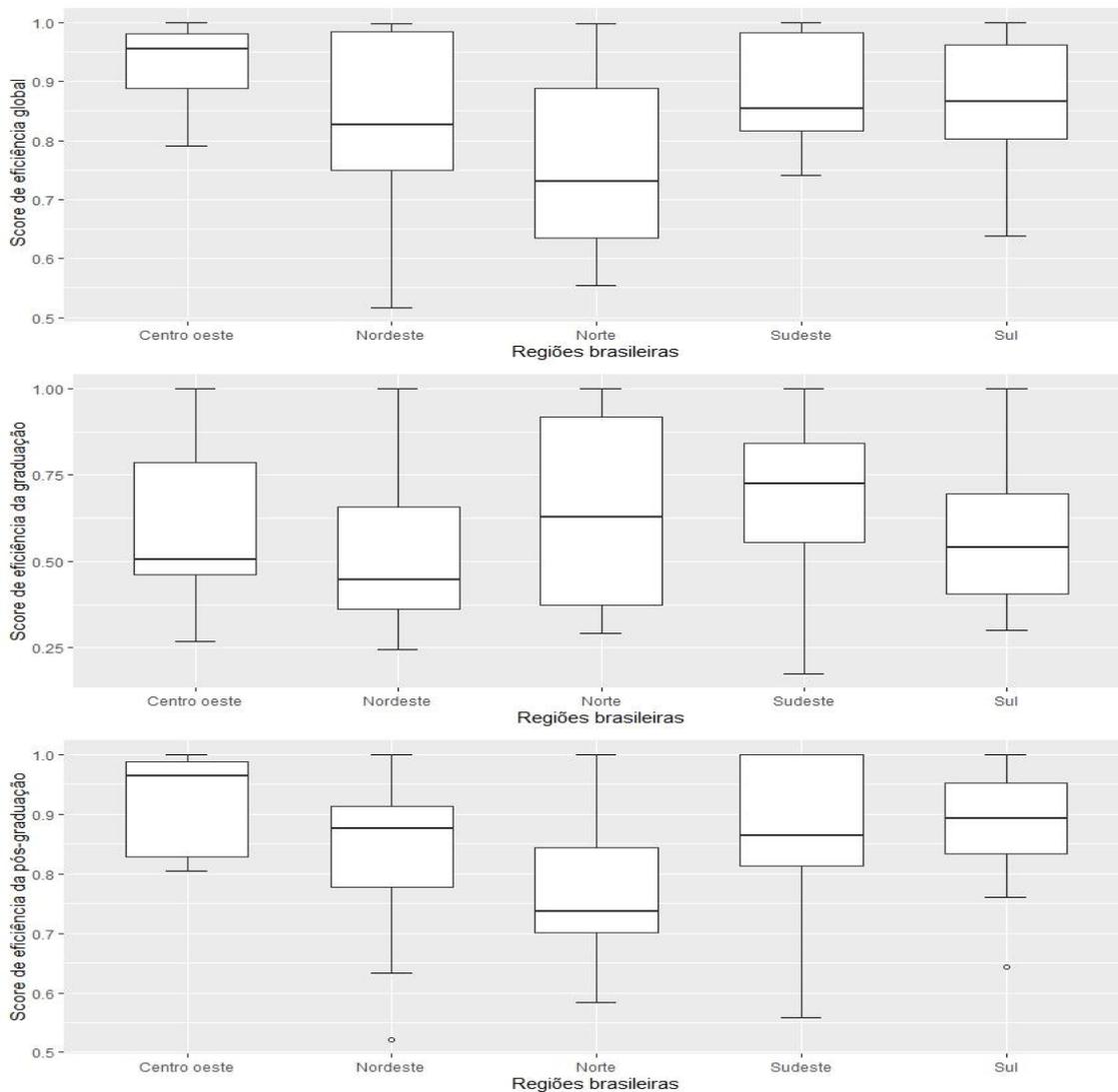
Para um nível de significância de 0,05 o resultado do teste de Kruskal-Wallis indica que a hipótese nula não pode ser rejeitada e não há diferença significativa na mediana da eficiência global, assim como na graduação e pós-graduação entre as universidades estaduais, federais e municipais. Em relação as duas universidades globalmente eficiente uma é federal (UNIFEI) e a outra estadual (UNICENTRO). Entre as onze universidades eficientes na graduação, sete são federais (UFGD, UFPI, UFAM, UNIFAP, UNIFEI, UFABC, UFRGS), enquanto três são estaduais (UNICENTRO, UEPB, UEMG) e uma municipal (UNITAU). Além disso, entre as dezessete universidades eficientes na pós-graduação, oito são federais (UFERSA, UFCG, UFT, UFV, UFSJ, UFMG, UNIFEI, UFCSPA), ao passo que oito são estaduais (UNICENTRO, UERN, UESB, UNICAMP, UNESP, UENF, UEL, UEM) e uma municipal (URCA).

Sendo assim, apesar das universidades municipais apresentarem o melhor desempenho médio global e nos respectivos estágios e as instituições estaduais obter um índice médio global e na pós-graduação superior as federais, conclui-se que no período analisado não há diferença estatísticas entre as eficiências das DMU's quando existe a consideração de sua estrutura administrativa. Contudo, a próxima seção se destina a verificar se a localização geográfica afeta o desempenho das universidades.

4.4 Análise de Desempenho entre as Regiões Brasileiras

Esta seção tem como objetivo analisar se a localização geográfica impacta no desempenho das universidades, visto que o Brasil é um país de dimensões continentais com discrepâncias sociais e econômicas relevantes entre suas regiões. Entre as 81 universidades selecionadas, 27 estão localizadas na região Sudeste, 22 no Nordeste, 16 no Sul, 9 no Norte e 7 no Centro-oeste. A Figura 11 ilustra a dispersão do score de eficiência global, da graduação e pós-graduação entre as regiões brasileiras.

Figura 11 – Dispersão dos scores de eficiência por região



Fonte: O autor (2023).

Ao analisar os scores de eficiência global, verifica-se que a região Centro-oeste apresenta o melhor desempenho seguida pelas regiões Sul e Sudeste. Esses resultados podem

estar relacionados ao grau desenvolvimento dessas regiões visto que a região Centro-oeste possui o maior PIB per capita e o menor índice Gini do país, seguido pela região Sudeste e Sul. Por outro lado, a região Norte obteve o pior desempenho, seguido pela região Nordeste, sendo as regiões com o menor PIB per capita e o maior índice Gini.

Na graduação, a região Sudeste apresenta o melhor desempenho seguida da região Norte e Centro-oeste. Por outro lado, a região Nordeste apresenta o pior desempenho seguida da região Sul. Todavia, verifica-se que na pós-graduação as regiões apresentam desempenho semelhante ao índice global, com a região Centro-oeste com o melhor desempenho seguida das regiões Sudeste e Sul, ao passo que as regiões Norte e Nordeste com os piores desempenhos respectivamente.

Para verificar se existem diferenças significativas entre as pontuações de eficiência de universidades em diferentes regiões, utilizou-se o teste de não paramétrico de Kruskal-Wallis. A hipótese nula é que a mediana da eficiência é igual entre as universidades localizadas nas cinco regiões do país. Para a efetivação do teste, foi utilizado o software RStudio e os resultados são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultado do teste de Kruskal-Wallis para universidades em diferentes regiões

Teste de Kruskal-Wallis	E (Global)	E₁ (Graduação)	E₂ (Pós-graduação)
Qui-quadrado	6,6006	7,1655	7,2297
Df	4	4	4
Valor p	0,1586	0,1274	0,1242

Fonte: O autor (2023).

Embora haja uma dispersão nos scores de eficiência entre as regiões brasileiras, principalmente na graduação e pós-graduação, o teste de Kruskal-Wallis não rejeitou a hipótese nula de que a mediana da eficiência global, assim como na graduação e pós-graduação são iguais entre as universidades localizadas nas cinco regiões do país. Portanto, não há diferença estatisticamente significativa nos escores de eficiência de universidades localizadas em diferentes regiões.

Em síntese, conclui-se que no período analisado não há diferenças estatísticas entre as eficiências das DMU's quando existe a consideração de sua localização geográfica. Contudo, foi possível verificar que as regiões com melhor desempenho global possuem o maior PIB per capita e o menor índice Gini entre as regiões analisadas. No entanto, ao observar a decomposição de eficiência, verifica-se que embora a Região Norte apresente o pior desempenho médio global, essa região possui o segundo melhor índice médio na graduação, ou

seja, a baixa eficiência global das universidades localizadas nessa região está atrelada a baixa performance da pós-graduação. De forma inversa, apesar da região sul apresentar o segundo melhor desempenho médio global, seu índice médio na graduação foi o segundo pior entre as regiões analisadas.

4.5 Análise de Sensibilidade do Modelo

Nesta seção, é realizada uma análise de sensibilidade do modelo comparando os scores de eficiência global e dos respectivos estágios perante a variação dos valores de α_1 e α_2 relacionados a proporção de docentes e de técnicos administrativo, respectivamente. Conforme os resultados discutidos na seção 4.2, permitiu-se previamente um range de variação de 40% a 60% tanto para α_1 quanto para α_2 de acordo com a proporção de docentes e técnicos administrativos vinculados a graduação e pós-graduação. Tendo em vista que ambos correspondem a um parâmetro do modelo, realizou-se uma análise de sensibilidade.

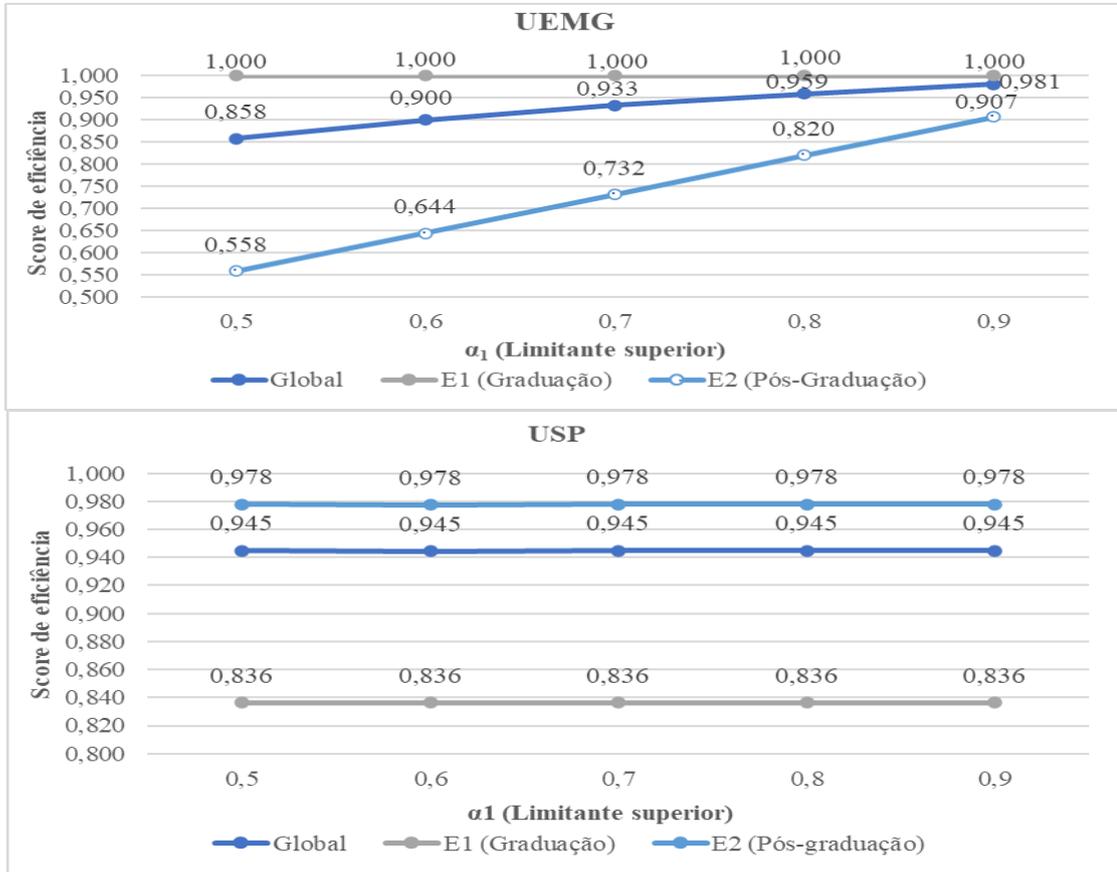
Desse modo, é importante salientar que para uma análise mais detalhada, primeiramente é analisado o comportamento dos dados variando tanto o limite superior quanto o inferior de α_1 ao passo que se mantém o mesmo range de α_2 previamente estabelecido. Posteriormente, o mesmo procedimento é utilizado para α_2 .

Ao variar os valores do limite superior de α_1 tanto para mais quanto para menos mantendo o range de α_2 entre 40% e 60%, verifica-se um pequeno aumento de 0,023% na média da eficiência global conforme aumenta o intervalo do range, assim como na média da eficiência da pós-graduação com um aumento de 0,97%, entretanto observa-se uma diminuição de 0,53% na média da eficiência da graduação. Nesse contexto, as universidades que obtiveram maior variação na eficiência global foram a UEMG e UPE, enquanto na pós-graduação foram a UPE e UFTM e na graduação foram a UEMG e UFGD. Por outro lado, 21 universidades não tiveram mudanças nos scores de eficiência como é o caso da UFSCAR e USP. No Apêndice A estão expostos os resultados desse cenário para todas as universidades avaliadas.

A exemplo de ilustração, a Figura 12 detalha os scores de eficiência global e dos respectivos estágios da USP e UEMG com a variação do limite superior de α_1 . A UEMG apresentou a maior variação nos scores de eficiência global para este cenário, acarretado pelo aumento significativo da eficiência da pós-graduação à medida que o limite superior de α_1 aumenta, visto que os scores de eficiência da graduação permanecem inalterado. Logo, nesse caso, uma maior alocação dos recursos na pós-graduação melhora o desempenho desse estágio e conseqüentemente o global sem alterar o desempenho da graduação. Isso indica que os gestores precisam reanalisar essa distribuição de carga horária vinculadas aos docentes, bem

como, representa uma contribuição do método e demonstra como ele pode auxiliar nas atividades de gestão. Por sua vez, os scores de eficiência da USP não apresentaram alterações.

Figura 12 – Análise da eficiência variando o limite superior de α_1 .



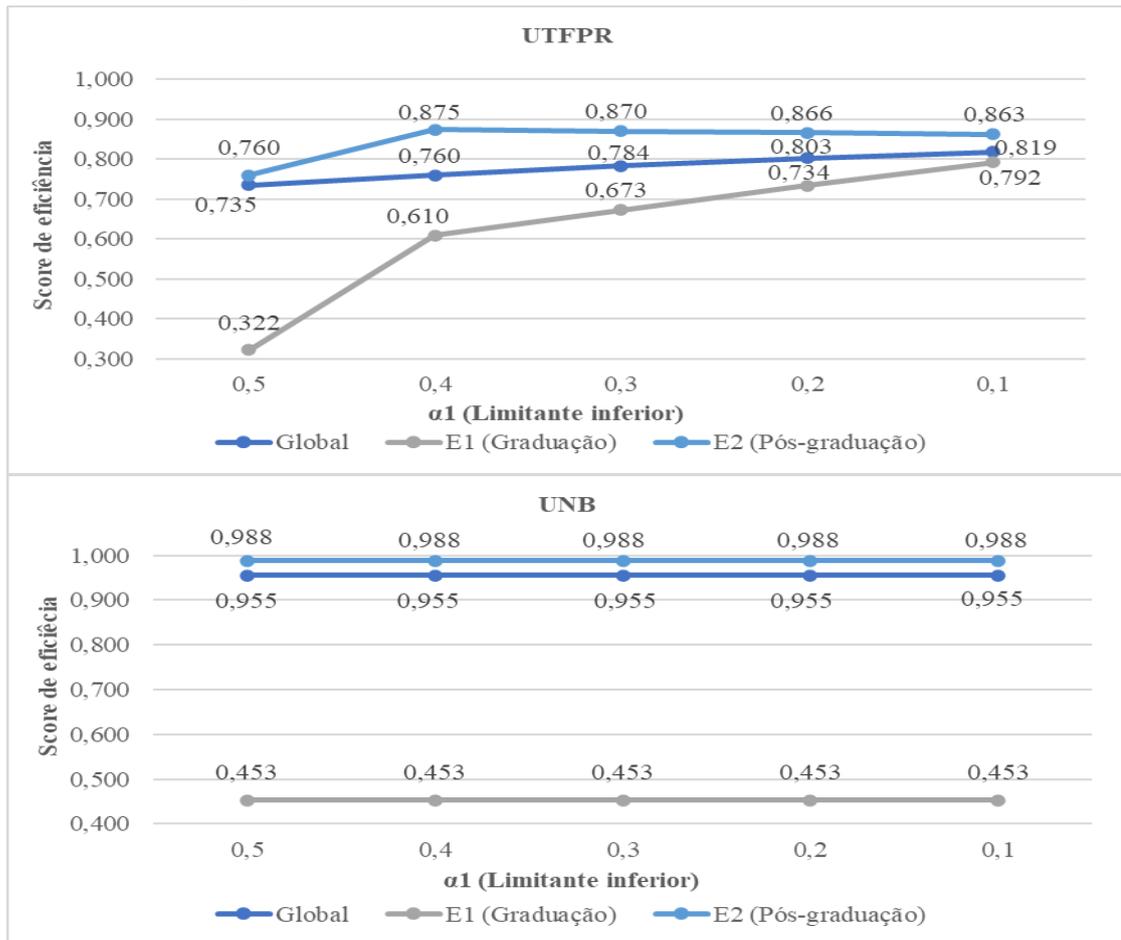
Fonte: O autor (2023).

De forma análoga, ao variar os valores do limite inferior de α_1 percebe-se um crescimento na média da eficiência global e dos respectivos estágios de 0,38%, 4,95% e 0,25% respectivamente, à medida que se reduz o limite inferior. Nesse caso, as universidades que apresentaram as maiores variações na eficiência global foram a UTFPR e UFPA, ao passo que na graduação foram a UDESC e UTFPR e na pós-graduação foram a UTFPR e UFSC. Em contrapartida, 63 universidades não apresentaram variações nos scores de eficiência, tendo como exemplo a UNB e UERJ. Os resultados desse cenários para todas as universidade investigadas estão expostos no Apêndice B .

A Figura 13 elucida os scores de eficiência global e dos respectivos estágios da UTFPR e UNB com a variação do limite inferior de α_1 . A UTFPR apresentou a maior variação nos scores de eficiência global para este cenário em decorrência do aumento significativo da eficiência da graduação conforme se reduz o limite inferior de α_1 . Entretanto, verifica-se uma

pequena redução no score de eficiência da pós-graduação. Nesse caso, os resultados demonstram que uma menor alocação de mão de obra vinculada aos docentes nas atividades de graduação, proporciona um aumento na eficiência desse estágio, como efeito um melhor desempenho global, o que pode indicar que atualmente essa carga horária utilizada nas atividades da graduação está acima do necessário.

Figura 13 – Análise da eficiência variando o limite inferior de α_1 .



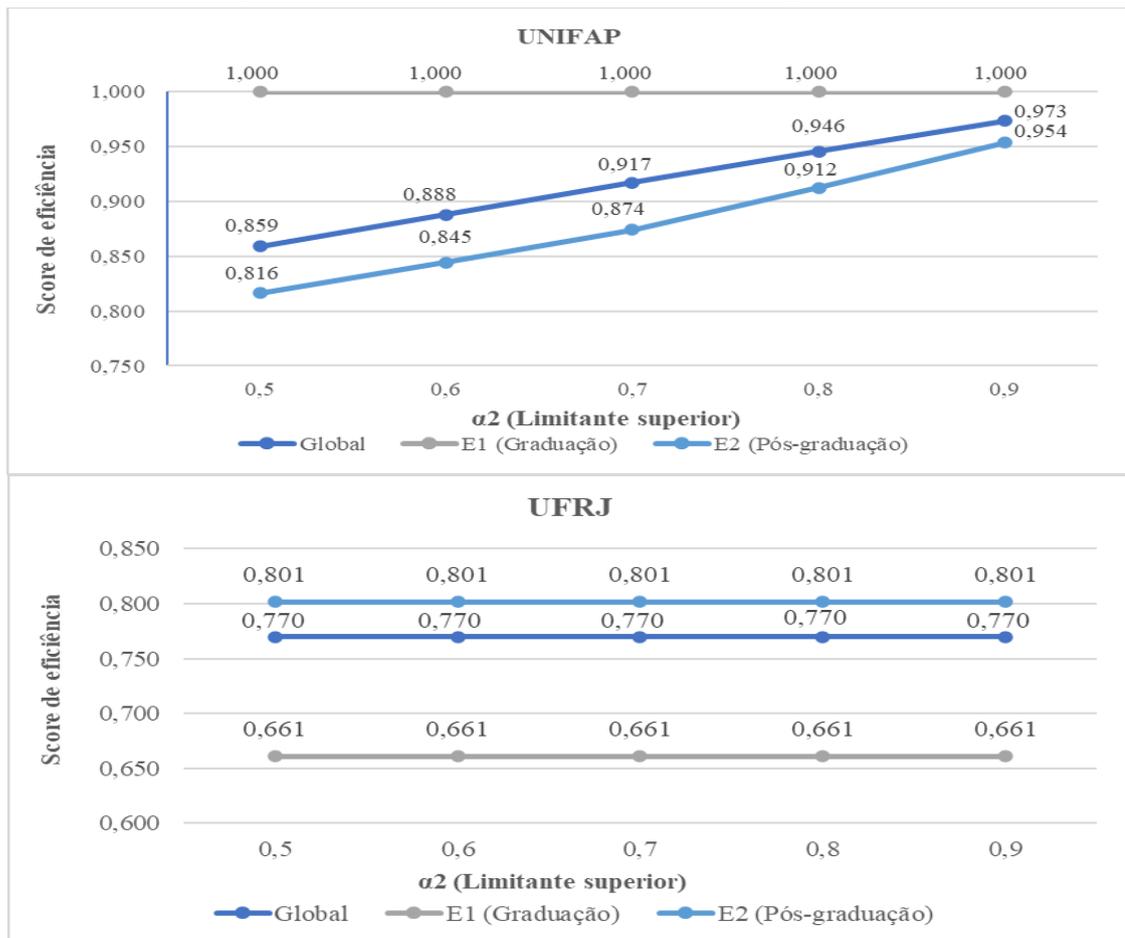
Fonte: O autor (2023).

Posteriormente, o mesmo procedimento é utilizado para α_2 . Desse modo, ao variar os valores do limite superior de α_2 tanto para mais quanto para menos mantendo o range de α_1 entre 40% e 60%, observa-se um desempenho semelhante em relação a variação do limite superior de α_1 com um pequeno aumento de 0,21% na média da eficiência global e de 0,61% na pós-graduação, bem como, uma pequena redução de 0,77% na média da eficiência da graduação à medida que se aumenta o limite superior de α_2 . Nesse caso, as universidades que apresentaram as maiores variações na eficiência global foram a UNIFAP e UNITAU, enquanto na pós-graduação foram a UEG e UFU e na graduação foram a UEMG e UNIFAP. Todavia,

52 universidades não tiveram alterações em seus índices de eficiência, tal como a UFRJ e UFCG. No Apêndice C estão expostos os resultados desse cenário para todas as universidades avaliadas.

A Figura 14 ilustra os scores de eficiência global e dos respectivos estágios da UNIFAP e UFRJ com a variação do limite superior de α_2 . A UNIFAP apresentou a maior variação nos scores de eficiência global para este cenário em virtude do aumento da eficiência da pós-graduação, à medida que o limite superior de α_2 aumenta, visto que os scores de eficiência da graduação permanecem inalterado. Nesse caso, aumentar a alocação de mão de obra vinculada aos técnicos administrativos nas atividades de pós-graduação melhora o desempenho desse estágio e conseqüentemente o global sem alterar o desempenho da graduação. Por outro lado, os scores de eficiência da UFRJ não apresentaram alterações.

Figura 14 – Análise da eficiência variando o limite superior de α_2 .



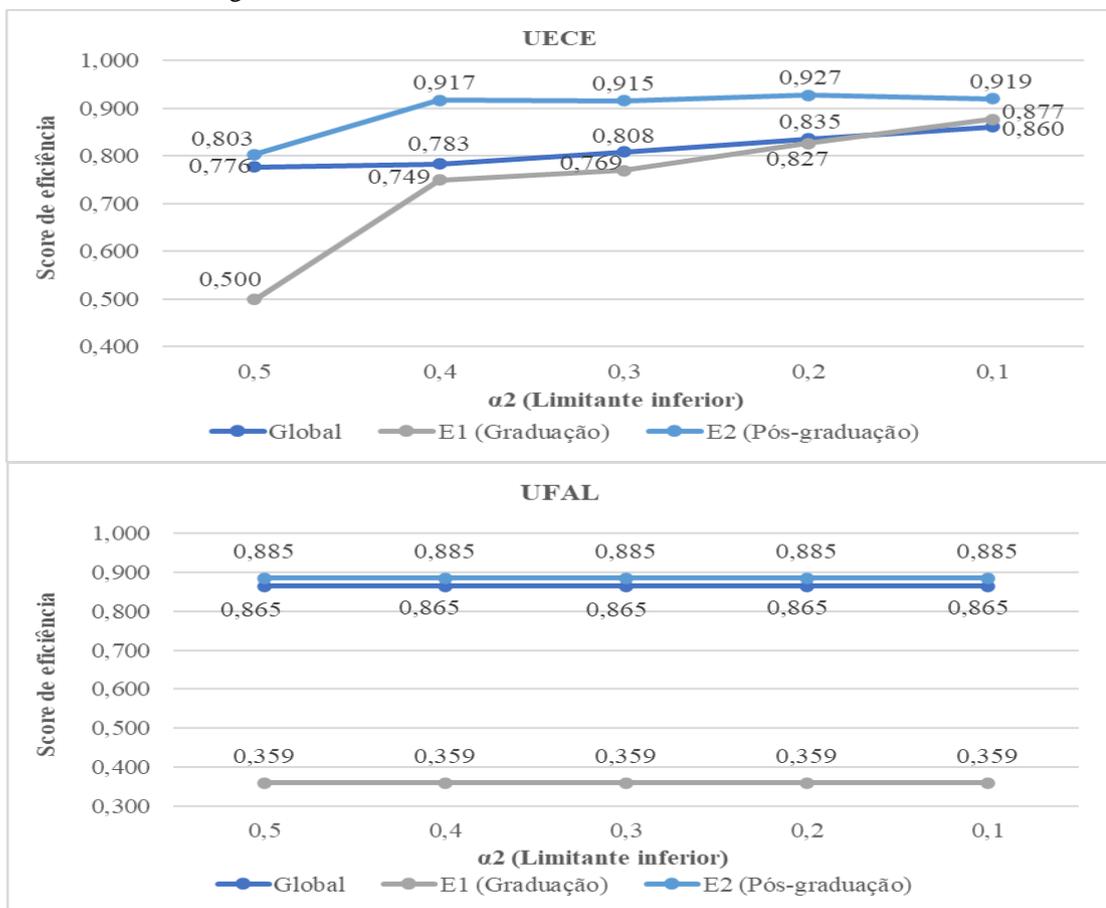
Fonte: O autor (2023).

Por sua vez, ao variar os valores do limite inferior de α_2 percebe-se um crescimento de 1,18% na média da eficiência global e de 23,35% na graduação e 0,98% na pós, conforme se

reduz o limite inferior. Nesse contexto, as universidades que apresentaram as maiores variações na eficiência global foram a UECE e UNIR, ao passo que na graduação foram a UNIOESTE e UESC e na pós-graduação foram a UECE e UNIR. Em compensação, 33 universidades não apresentaram variações nos scores de eficiência, como a UFAL e UNIPAMPA. Os resultados desse cenário para todas as universidades investigadas estão expostos no Apêndice D.

A Figura 15 elucida os scores de eficiência global e dos respectivos estágios da UECE e UFAL com a variação do limite inferior de α_2 . Nesse caso, a UECE obtém a maior variação nos scores de eficiência global em decorrência do aumento da eficiência da graduação á medida que se reduz o limite inferior de α_2 , visto que se observa uma pequena variação no score de eficiência da pós-graduação. Nesse caso, os resultados demonstram que a UECE aloca uma quantidade de mão de obra relacionada a técnicos administrativos nas atividades de graduação acima do necessário, visto que ao reduzir esse insumo, se obtém um aumento na eficiência desse estágio e como efeito o aumento no desempenho global. Por outro lado, os scores de eficiência da UFAL permaneceram inalterados.

Figura 15 – Análise da eficiência variando o limite inferior de α_2 .



Fonte: O autor (2023).

Assim, o principal objetivo da análise de sensibilidade foi verificar o impacto da distribuição dos recursos na mensuração da eficiência e identificar quais universidades obtiveram as maiores variações nos scores de eficiência perante a alocação desses recursos. De modo geral, não se observou grandes variações nos scores de eficiência para a maioria das universidades avaliadas, o que confirma a robustez do modelo. No entanto, para as universidades que apresentaram variações, é necessário que os gestores realizem uma avaliação mais aprofundada dessas alocações, visto que pequenas variações na distribuição dos recursos geram impacto na decomposição de eficiência.

4.6 Análise de Eficiência com Outros Tipos de Tratamento de Saídas Indesejáveis

Como mencionado na seção 3.3, as variáveis y_{bad}^1 (número total de evadidos na graduação) e y_{bad}^2 (número total de evadidos na pós-graduação) correspondem a saídas indesejáveis. Esse tipo de variável requer algum tipo de tratamento para ser utilizada em modelagens DEA. Desse modo, nesta seção, é realizada uma análise comparativa entre os três principais tipos de tratamentos de saídas indesejáveis frequentemente utilizados na literatura. O primeiro, chamado de inverso aditivo, foi aplicado no presente estudo e os resultados foram discutidos na seção 4.2. O segundo, considera a saída indesejável como uma entrada regular. E a terceira abordagem denominada como inverso multiplicativo. Os resultados do segundo e terceiro tratamento estão disponíveis no Apêndice E e F respectivamente. A Tabela 17 apresenta as médias de eficiência global e dos respectivos estágios para cada tratamento descrito.

Tabela 17 – Médias dos scores de eficiência global e dos estágios por tipo de tratamento

Tipo de tratamento das saídas indesejáveis	E	E₁	E₂
Inverso aditivo	86,27%	60,73%	86,42%
Tratar como Input	84,13%	57,68%	84,95%
Inverso Multiplicativo	81,60%	76,38%	88,69%

Fonte: O autor (2023).

Observa-se que o tratamento utilizado no presente estudo (inverso aditivo) apresentou a maior média de eficiência global em relação aos outros dois tipos de abordagens. No entanto, a metodologia do inverso multiplicativo obteve a maior média de eficiência na graduação e pós-graduação. Por outro lado, tratar a saída indesejável como uma entrada regular resultou na menor média de eficiência global bem como dos estágios entre as três abordagens analisadas.

Em relação a eficiência global, no primeiro tratamento duas universidades foram consideradas globalmente eficientes, enquanto no segundo foram três instituições e no terceiro foram cinco. Quanto a graduação, no primeiro tratamento onze universidades foram consideradas eficientes, enquanto na segunda abordagem foram seis e na terceira dez. Com relação a pós-graduação, no primeiro tratamento dezessete universidades obtiveram desempenho máximo, ao passo que no segundo foram catorze e no terceiro foram dezesseis. A Tabela 18 detalha as universidades consideradas eficientes em cada tipo de tratamento.

Tabela 18 – DMU's consideradas eficientes por tipo de tratamento

Tipo de tratamento das saídas indesejáveis	E	E₁	E₂
(I) Inverso aditivo	UNICENTRO; UNIFEI	UNICENTRO; UFPI; UFAM; UNITAU; UFGD; UFABC UEPB; UNIFEI; UFRGS; UNIFAP; UEMG	UNICENTRO; UNIFEI; UFMG; UFT; UFCSPA; UNICAMP; UNESP; UERN; UEM; UFCG; UFERSA; URCA; UENF; UEL; UFSJ; UFV; UESB
(II) Tratar como Input	UNICENTRO; URCA; UFCSPA	UNICENTRO; UFPI; UFAM; UNITAU; UFCSPA; URCA	UNICENTRO; UNIFEI; UFMG; UFT; UFCSPA; UNICAMP; UNESP; UERN; UEM; UFCG; UFERSA; URCA; UENF; UENP
(III) Inverso Multiplicativo	UNICENTRO; URCA; UFCSPA; UNITAU; UENP	UNICENTRO; UFPI; UFAM; UNITAU; UFGD; UFABC; UEPB; UFCSPA; URCA	UNICENTRO; UNIFEI; UFMG; UFT; UFCSPA; UNICAMP; UNESP; UERN; UEM; UFCG; UFERSA; URCA; UENF; UENP; UNITAU; UFRPE

Fonte: O autor (2023).

Ao analisar o desempenho global, a UNICENTRO foi a única instituição globalmente eficiente nos três tipos de abordagens. Enquanto a URCA e UFCSPA foram consideradas globalmente eficientes na segunda e terceira abordagem. Por outro lado, a UNIFEI obteve desempenho máximo apenas no primeiro tratamento, à medida que UNITAU e UENP foram consideradas eficientes apenas no terceiro.

Na graduação, quatro universidades obtiveram desempenho máximo nos três tipos de tratamento (UNICENTRO, UFPI, UFAM e UNITAU), enquanto a URCA e UFCSPA foram eficientes no segundo e terceiro, ao passo que UFGD, UFABC e UEPB foram eficientes no primeiro e terceiro tratamento. Por outro lado, UNIFEI, UFRGS, UNIFAP e UEMG foram consideradas eficientes apenas no primeiro.

Na pós-graduação, treze universidades foram consideradas eficientes nas três abordagens (UNICENTRO; UNIFEI; UFMG; UFT; UFCSPA; UNICAMP; UNESP; UERN; UEM; UFCG; UFERSA; URCA; UENF), ao passo que UENP foi considerada eficiente na segunda e terceira abordagem. Em contrapartida, UEL, UFSJ, UFV e UESB obtiveram desempenho máximo apenas na primeira abordagem, enquanto UNITAU e UFRPE foram eficientes apenas na terceira.

Assim, o principal objetivo dessa seção foi verificar se existiriam discrepâncias significativas entre os três tipos de tratamento de saídas indesejáveis comumente utilizados em modelagens DEA. Visto que o tratamento dessas variáveis é um ponto que não há consenso na literatura. Desse modo, análise mostra que apesar de se verificar algumas diferenças, foi possível observar algumas DMU's que tiveram eficiência máxima nos três tipos de tratamento, tanto no contexto global, quanto no de estágio e essas instituições podem ser utilizadas como referência para os gestores. De modo geral, existe um alinhamento parcial entre os resultados o que pode ser utilizado como refinamento para utilização mediante a definição de políticas públicas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um sistema educacional de qualidade é importante para desenvolver diversos aspectos, tais como social, econômico e tecnológico, sendo um produto fundamental no desenvolvimento do país. No entanto, avaliar o desempenho desse segmento é um procedimento complexo devido aos diversos fatores que devem ser levados em consideração e deve ser capaz de englobar os diversos interesses, atribuições e subprocessos em contexto. Portanto, o processo de avaliação desse contexto é desafiador.

Assim, o presente estudo delineou um novo procedimento para avaliar as instituições de ensino superior brasileiras com um modelo DEA em redes em paralelo com recursos compartilhados e saídas indesejáveis. O modelo proposto possui dois estágios e visa avaliar as atividades de graduação e pós-graduação de uma mesma instituição de forma paralela, considerando o compartilhamento de recursos entre essas atividades e variáveis que não agregam valor ao desempenho dessas instituições. A utilização de um modelo em redes possibilita obter novas métricas de avaliação, tais como o desempenho da universidade, da graduação e da pós-graduação, sendo útil para os gestores identificar as fontes de ineficiência das instituições e qual dimensão acadêmica impactou mais no seu desempenho, auxiliando no desenvolvimento de estratégias de melhorias. Portanto, a intenção é apresentar novos insights sobre a qualidade do ensino superior brasileiro facilitando o desenvolvimento de políticas específicas para cada universidade de acordo com os resultados dos estágios individuais. A modelagem desenvolvida consiste em uma adaptação do modelo do Kao (2009) ao considerar o compartilhamento de inputs entre estágios, proporcionando uma nova modelagem para literatura DEA no contexto de avaliação do ensino superior.

A abordagem proposta foi aplicada para avaliar 81 universidades públicas brasileiras e os dados utilizados referem-se ao ano de 2020. Os resultados do modelo demonstraram um desempenho médio global de 86,2% e indicaram um desempenho superior da pós-graduação em relação a graduação com média de eficiência de 86,5% contra 60,7%. Dessa forma, a partir desses resultados, nota-se que a graduação deve ser o foco de estratégias de melhoria por parte dos gestores para que se possa alcançar um equilíbrio entre o desempenho dessas duas atividades e consequentemente impulsionar o desempenho da instituição. Além disso, o modelo proposto possui um poder discriminação maior em comparação com o modelo convencional na avaliação de desempenho, visto que no modelo convencional, 46 universidades foram consideradas eficientes, enquanto o modelo proposto neste estudo, constata apenas duas entre as 81 DMU's analisadas.

Verificou-se algumas hipóteses sobre o efeito externo no cálculo da eficiência, como o tipo de instituição e a localização geográfica. Os resultados demonstraram que no período analisado não houve diferenças estatisticamente significativas entre as eficiências das DMU's quando existe a consideração de sua estrutura administrativa e sua localização geográfica. Apesar disso, constatou-se que as universidades municipais apresentaram um desempenho médio global e por estágio superior a universidades federais e estaduais. E as instituições estaduais apresentaram um índice médio global e na pós-graduação superior as federais. As universidades localizadas nas regiões centro-oeste e sudeste obtiveram desempenho global superior em relação as outras regiões do país, enquanto a região norte o pior desempenho.

Conduziu-se uma análise de sensibilidade dos resultados do modelo proposto usando diferentes valores de α_1 e α_2 relacionados a proporção de docentes e de técnicos administrativo, respectivamente. Neste estudo, foi definido um range de variação de 40% a 60% tanto para α_1 quanto para α_2 de acordo com a proporção de docentes e técnicos administrativos vinculados a graduação e pós-graduação de cada instituição. Os resultados constaram a robustez do modelo, visto que não houve grandes variações nos scores de eficiência para a maioria das universidades avaliadas. Entretanto, para as universidades que apresentaram variações, é necessário ajustar a proporção de mão de obra relacionado aos docentes e técnicos administrativos entre as atividades graduação e pós-graduação para melhorar a eficiência operacional.

Logo, as implicações dos resultados do modelo proposto fornecem informações relevantes e necessárias para auxiliar a tomada de decisão pelos gestores para melhorar as políticas relativas às universidades públicas brasileiras. Visto que o modelo proposto possibilita a decomposição de eficiência na avaliação das instituições. E essa decomposição permite ao tomador de decisão identificar a estrutura acadêmica menos eficiente e que precisa ser melhorada, fornecendo informações gerenciais importantes para o governo, o que pode auxiliar na alocação de recursos entre as instituições de maneira mais eficiente, de modo que, instituições bem avaliadas recebem mais recursos, enquanto instituições com baixo desempenho recebem menos. Isso estimula a competitividade entre as instituições, a fim de melhorar seu desempenho.

5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

Sugere-se alguns desdobramentos como forma de expandir o método desenvolvido. Inicialmente, não foi considerado variáveis financeiras no modelo. Devido a complexidade envolvendo essas variáveis em relação a quantidade de dados financeiros disponíveis nas bases de dados pelo governo. É necessário analisar a forma como esses dados são utilizadas no

orçamento das universidades para poderem ser incrementadas no modelo. Essa questão é importante para que as universidades possam ser avaliadas considerando a utilização de recursos públicos.

Quanto a modelagem, uma direção para estudos futuros seria estendê-la para outras fundamentações matemáticas, tais como SBM, relacional ou direcional. Além disso, sugere-se avaliar as universidades sob outros contextos, considerando como estágios: ensino, pesquisa e extensão.

Ademais, este estudo analisou apenas os dados referente ao ano de 2020. Pesquisas futuras podem considerar o desempenho das instituições ao longo do tempo, possibilitando verificar indícios do comportamento dos índices de eficiência, tais como aumento ou redução no desempenho dessas instituições no decorrer dos anos.

REFERÊNCIAS

- AGASISTI, Tommaso *et al.* Evaluating the performance of academic departments: an analysis of research-related output efficiency. **Research Evaluation**, v. 21, n. 1, p. 2–14, 2012.
- AKBARIAN, Dariush. Network DEA based on DEA-ratio. **Financial Innovation** v. 7, n. 1, 2021.
- ALI, A.I.; SELIFORD, L.M. Translation invariance in data envelopment analysis. **Operations Research Letters**, v. 9, p. 403–405, 1990.
- AMARA, Nabil; RHAJEM, Mehdi; HALILEM, Norrin. Assessing the research efficiency of Canadian scholars in the management field: Evidence from the DEA and fsQCA. **Journal of Business Research**, v. 115, p. 296–306, 2020.
- AMIRTEIMOORI, Alireza. DEA efficiency analysis: Efficient and anti-efficient frontier. **Applied Mathematics and Computation**, v. 186, n. 1, p. 10–16, 2007.
- AN, Qingxian *et al.* Efficiency evaluation of an interactive system by data envelopment analysis approach. **Computers & Industrial Engineering**, v. 103, p. 17–25, 2017.
- AN, Qingxian *et al.* Efficiency evaluation of parallel interdependent processes systems: an application to Chinese 985 Project universities. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 17, p. 5387–5399, 2018.
- ANDIFES. **Universidades Federais: Patrimônio da Sociedade Brasileira**. Brasília, 2017.
- ANDRIOLA, Wagner Bandeira; ARAÚJO, Adriana Castro. Uso de indicadores para diagnóstico situacional de Instituições de Ensino Superior. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 26, n. 100, p. 645–663, 2018.
- 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.
- BARAT, Mona; TOHIDI, Ghasem; SANEI, Masoud. DEA for nonhomogeneous mixed networks. **Asia Pacific Management Review**, v. 24, n. 2, p. 161–166, 2019.
- BELLONI, José Angelo. **Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de universidades federais brasileiras**. 2000. 245 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/78457>. Acesso em: 25 jul. 2022.
- BERTOLIN, Júlio C. G. Uma proposta de indicadores de desempenho para a educação superior brasileira. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 22, n. 50, p. 471–490, 2011.
- BESSENT, Authella M.; BESSENT, E. Wailand. Determining the Comparative Efficiency of Schools through Data Envelopment Analysis. **Research rept**, v. 16, n. 2, p. 57–75, 1980.
- BITTENCOURT, Hélio Radke *et al.* Mudanças nos pesos do CPC e seu impacto nos

resultados de avaliação em universidades federais e privadas. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 15, n. 3, p. 147–166, 2010.

BRASIL. **Lei n. 10.861, DE 14 DE ABRIL DE 2004**. Institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES e dá outras providências. Brasília, 2004. Disponível em: D.O.U de 15/04/2004, pág. n. 3. Acesso em: 25 jul. 2022.

A. CHARNES, W. COOPER, B. GOLANY, R. HALEK, G. KLOPP, E. Schmitz. "Data Envelopment Analysis Approaches to Policy Evaluation and Management of Army Recruiting Activities I: Tradeoffs Between Joint Services and Army Advertising. **Research Report**, v. 1177, n. 512, 1986.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through. **Management Science**, v. 27, n. 6, p. 668–697, 1981.

CHARNES, A; COOPER, W W; RHODES, E. Short communication: Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, v. 3, n. 6, p. 339, 1978.

CHEN, Ya *et al.* Operating efficiency in Chinese universities: An extended two-stage network DEA approach. **Journal of Management Science and Engineering**, v. 6, n. 4, p. 482–498, 2021.

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.

COELLI, Timothy J. *et al.* **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. 2. ed. New York: Springer, 2005.

CONTRERAS, I.; LOZANO, S. Allocating additional resources to public universities. A DEA bargaining approach. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 71, n. October 2019, p. 100752, 2020.

COOK, Wade D.; SEIFORD, Larry M. Data envelopment analysis (DEA) - Thirty years on. **European Journal of Operational Research**, v. 192, n. 1, p. 1–17, 2009.

COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**. 2. ed. New York: 2007.

COSTA, Edward Martins *et al.* Eficiência e desempenho no ensino superior: uma análise da fronteira de produção educacional das IFES brasileiras. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 16, n. 3, p. 415–440, 2012.

DE WITTE, Kristof; LÓPEZ-TORRES, Laura. Efficiency in education: a review of literature and a way forward. **Journal of the Operational Research Society** 2016 68:4, v. 68, n. 4, p. 339–363, 2017.

DING, Tao *et al.* Research performance evaluation of Chinese university: A non homogeneous network DEA approach. **Journal of Management Science and Engineering**,

v. 6, n. 4, p. 467–481, 2021.

DU, Juan; CHEN, Yao; HUO, Jiazhen. DEA for non-homogenous parallel networks. **Omega (United Kingdom)**, v. 56, p. 122–132, 2015.

DYSON, R. G. *et al.* Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**, v. 132, n. 2, p. 245–259, 2001.

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

FERREIRA, C. M. de; GOMES, A.P. **Introdução à análise envoltória de Dados: teoria, modelos e aplicações**. 1ªed. Viçosa: UFV, 2009.

FLACH, Leonardo *et al.* Efficiency of expenditure on education and learning by Brazilian states: A study with Data Envelopment Analysis. **Contabilidad y Negocios**, v. 12, n. 23, p. 111–128, 2017.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GIL, ANTONIO CARLOS. **Como Elaborar Projetos De Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, ANTONIO CARLOS. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLANY, B; Y ROLL. An application procedure for DEA. **Omega**, v. 17, n. 3, p. 237–250, 1989.

GUERRA, Maria das Graças Gonçalves Vieira; SOUZA, Saulo Rodrigo Alves de. AVALIAÇÃO DA EDUCAÇÃO SUPERIOR NO BRASIL. **Revista de Gestão e Avaliação Educacional**, v. 9, n. 18, p. 1–17, 2020.

GUO, Chuanyin *et al.* Multistage network DEA: Decomposition and aggregation weights of component performance. **Computers and Industrial Engineering**, v. 113, p. 64–74, 2017.

HALKOS, George; PETROU, Kleoniki Natalia. Treating undesirable outputs in DEA: A critical review. **Economic Analysis and Policy**, v. 62, p. 97–104, 2019.

HO, Mei Hsiu Ching *et al.* A new perspective to explore the technology transfer efficiencies in US universities. **Journal of Technology Transfer**, v. 39, n. 2, p. 247–275, 2014.

HOFFMANNI, Celina *et al.* O desempenho das universidades brasileiras na perspectiva do Índice Geral de Cursos (IGC). **Educação e Pesquisa**, v. 40, n. 3, p. 651–666, 2014.

IKUTA, Camila Yuri Santana. Sobre o Conceito Preliminar de Curso: concepção, aplicação e mudanças metodológicas. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 27, n. 66, p. 938, 2016.

INEP. **Censo da Educação Superior**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da->

educacao-superior. Acesso em: 30 jul. 2022.

INEP. **CPC 2019 de 91,6% dos cursos está entre as faixas 3 e 5**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/indicadores-de-qualidade-da-educacao-superior/cpc-2019-de-91-6-dos-cursos-esta-entre-as-faixas-3-a-5>. Acesso em: 06 maio. 2022.

INEP. **Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade)**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enade>. Acesso em: 27 jul. 2022.

INEP. **NOTA TÉCNICA Nº 17/2018/CGCQES/DAES**. Cálculo do IDD. Brasília, 2018. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/notas_tecnicas/2017/nota_tecnica_n17_2018_calculo_idd.pdf. Acesso em: 2 ago. 2022.

INEP. **NOTA TÉCNICA Nº 59/2020/CGCQES/DAES**. Cálculo do IGC. Brasília, 2020. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/notas_tecnicas/2019/NOTA_TECNICA_N_59-2020_CGCQES-DAES_Metodologia_de_calculo_do_IGC_2019.pdf. Acesso em: 2 fev. 2022.

INEP. **NOTA TÉCNICA nº16/2018/CGCQES/DAES**. Cálculo do Coneito Enade. Brasília, 2018. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/notas_tecnicas/2017/nota_tecnica_n16_2018_calculo_conceito-enade.pdf. Acesso em: 2 ago. 2022.

INEP. **SINAES – Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior: da concepção à regulamentação**. 5. ed. Brasília: [Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2009.

JOHNES, Jill. Operational Research in education. **European Journal of Operational Research**, v. 243, n. 3, p. 683–696, 2015.

JOHNES, Jill. University rankings: What do they really show?. **Scientometrics**, v. 115, n. 1, p. 585–606, 2018.

JOHNES, Jill; JOHNES, Geraint. Research funding and performance in U.K. University Departments of Economics: A frontier analysis. **Economics of Education Review**, v. 14, n. 3, p. 301–314, 1995.

JOHNES, Jill; PORTELA, Maria; THANASSOULIS, Emmanuel. Efficiency in education. **Journal of the Operational Research Society**, v. 4, n. 68, p. 331–338, 2017.

JUNIOR, David Daniel Hammes; FLACH, Leonardo; MATTOS, Luísa Karam de. The efficiency of public expenditure on Higher Education: a study with Brazilian Federal Universities*. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação** v. 28, n. 109, p. 1076–1097, 2020.

KAO, Chiang. Efficiency decomposition and aggregation in network data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 255, n. 3, p. 778–786, 2016.

KAO, Chiang. Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: A relational

- model. **European Journal of Operational Research**, v. 192, n. 3, p. 949–962, 2009.
- KAO, Chiang. Efficiency measurement for parallel production systems. **European Journal of Operational Research**, v. 196, n. 3, p. 1107–1112, 2009.
- KAO, Chiang. Network data envelopment analysis: A review. **European Journal of Operational Research**, v. 239, n. 1, p. 1–16, 2014.
- KAO, Chiang; HUNG, Hsi Tai. Efficiency analysis of university departments: An empirical study. **Omega**, v. 36, n. 4, p. 653–664, 2008.
- KAO, Chiang; HWANG, Shiuh Nan. Efficiency measurement for network systems: IT impact on firm performance. **Decision Support Systems**, v. 48, n. 3, p. 437–446, 2010.
- KAO, Chiang; LIN, Pei Huang. Efficiency of parallel production systems with fuzzy data. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 198, p. 83–98, 2012.
- KATHARAKI, Maria; KATHARAKIS, George. A comparative assessment of Greek universities' efficiency using quantitative analysis. **International Journal of Educational Research**, v. 49, n. 4–5, p. 115–128, 2010.
- KHEZRIMOTLAGH, Dariush *et al.* Data envelopment analysis and big data. **European Journal of Operational Research**, v. 274, n. 3, p. 1047–1054, 2019.
- KOOPMANS, T. Analysis of production as an efficient combination of activities. **Activity analysis of production and allocation**, p. 33–97, 1951.
- LACERDA, Leo Lynce Valle de; FERRI, Cássia. Conceito preliminar de curso: conceito único para uma realidade educacional múltipla. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 28, n. 69, p. 748–772, 2017.
- LEAL, Marina Reis Deusdará. **Avaliação de desempenho da educação superior brasileira por análise envoltória de dados e conceito de porte relativo**. 2018. 118 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.
- LEE, Boon L.; WORTHINGTON, Andrew C. A network DEA quantity and quality-orientated production model: An application to Australian university research services. **Omega (United Kingdom)**, v. 60, p. 26–33, 2016.
- LERTWORASIRIKUL, Saowanee; CHARNSETHIKUL, Peerayuth; FANG, Shu Cherng. Inverse data envelopment analysis model to preserve relative efficiency values: The case of variable returns to scale. **Computers and Industrial Engineering**, v. 61, n. 4, p. 1017–1023, 2011.
- LIU, John S. *et al.* A survey of DEA applications. **Omega**, v. 41, n. 5, p. 893–902, 2013.
- LOZANO, Sebastián. Alternative SBM Model for Network DEA. **Computers and Industrial Engineering**, v. 82, p. 33–40, 2015.
- MACHONA, Liberty; CHIKODZI, David; SITHOLE, Nevermore. Water Quality Analysis for Springs in Bvumba Catchment Area, Manicaland Province, Zimbabwe. **Journal of Geography, Environment and Earth Science International**, v. 11, n. 1, p. 1–13, 2017.

- MEC. **Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes)**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/270-programas-e-aco-es-1921564125/sinaes-2075672111/12303-sistema-nacional-de-avaliacao-da-educacao-superior-sinaes>. Acesso em: 25 jul. 2022.
- MENDES, Ana Luiza Fernandes; DUTRA, Norivan Lustosa Lisboa. Índice geral de cursos e qualidade na educação superior: o caso das IES do Estado da Bahia. **Revista da Avaliação da Educação Superior**, v. 24, n. 1, p. 189–212, 2019.
- MEZA, Lidia Angulo *et al.* Evaluation of post-graduate programs using a network data envelopment analysis model. **DYNA**, v. 805, n. 204, p. 83–90, 2018.
- MILLER, WENDY. Understanding Grounded Theory. **Clinical Laboratory Science**, v. 28, n. 3, p. 197–200, 2015.
- MIRANDA, Rodrigo; GRAMANI, Maria Cristina; ANDRADE, Eduardo. Technical efficiency of business administration courses: a simultaneous analysis using DEA and SFA. **International Transactions in Operational Research**, v. 19, n. 6, p. 847–862, 2012.
- MONCAYO–MARTÍNEZ, Luis A.; RAMÍREZ–NAFARRATE, Adrián; HERNÁNDEZ–BALDERRAMA, María Guadalupe. Evaluation of public HEI on teaching, research, and knowledge dissemination by Data Envelopment Analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 69, n. January 2019, p. 100718, 2020
- NASTIS, Stefanos A.; BOURNARIS, Thomas; KARPOUZOS, Dimitrios. Fuzzy data envelopment analysis of organic farms. **Operational Research**, v. 19, n. 2, p. 571–584, 2019.
- NAZARKO, Joanicjusz; SAPARAUSKAS, Jonas. Application of DEA method in efficiency evaluation of public higher education institutions. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 20, n. 1, p. 25–44, 2014.
- OLIVEIRA, Andre *et al.* Programa reuni nas instituições de ensino superior federal [ifes] brasileiras: Um estudo da eficiência operacional por meio da análise envoltória de dados [dea] no período de 2006 a 2012. **RACE, Revista de Administração, Contabilidade e Economia**, v. 13, n. 3, p. 1179–1210, 2014.
- POVEDANO, Rafael. **Práticas administrativas e pedagógicas para a melhoria de leitura e escrita: um estudo em escolas municipais de ensino fundamental II**. 2019. 308 f. Tese de doutorado - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/ USP, Ribeirão Preto, 2019. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-15042019-111757/pt-br.php>. Acesso em: 7 maio 2022.
- REZAEIANI, M. J.; FOROUGH, A. A. Ranking efficient decision making units in data envelopment analysis based on reference frontier share. **European Journal of Operational Research**, v. 264, n. 2, p. 665–674, 2018.
- RUIZ, José L.; SEGURA, Jose V.; SIRVENT, Inmaculada. Benchmarking and target setting with expert preferences: An application to the evaluation of educational performance of Spanish universities. **European Journal of Operational Research**, v. 242, n. 2, p. 594–605, 2015.
- SAGARRA, Marti; MAR-MOLINERO, Cecilio; AGASISTI, Tommaso. Exploring the

efficiency of Mexican universities: Integrating Data Envelopment Analysis and Multidimensional Scaling. **Omega**, v. 67, p. 123–133, 2017.

SARAÇ, Cemal. A proposal of “applied social activities” module for undergraduate program of turkish language and literature teachers: A qualitative study. **Educational Sciences: Theory and Practice**, v. 11, n. 3, p. 1520–1529, 2011.

SARICA, Kemal; OR, Ilhan. Efficiency assessment of Turkish power plants using data envelopment analysis. **Energy**, v. 32, n. 8, p. 1484–1499, 2007.

SCHOLTEN, Kirstin; DE BLOK, Stoffelina; HAAR, Robbin-Jan. How flexibility accommodates demand variability in a service chain: insights from exploratory interviews in the refugee supply chain. **Palgrave MacMillan**, p. 359–393, 2018.

SHADAB, Maryam *et al.* Measuring congestion in sustainable supply chain based on data envelopment analysis. **Neural Computing and Applications**, v. 33, n. 19, p. 12477–12491, 2021.

SHAMOHAMMADI, Mehdi; OH, Dong hyun. Measuring the efficiency changes of private universities of Korea: A two-stage network data envelopment analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 148, p. 119730, 2019.

SHI, Xiao *et al.* A new parallel fuzzy data envelopment analysis model for parallel systems with two components based on Stackelberg game theory. **Fuzzy Optimization and Decision Making**, v. 19, n. 3, p. 311–332, 2020.

SINGH, Sanjeet; RANJAN, Prabhat. Efficiency analysis of non-homogeneous parallel sub-unit systems for the performance measurement of higher education. **Annals of Operations Research**, v. 269, n. 1–2, p. 641–666, 2018.

STUMBRIENE, Dovile; CAMANHO, Ana S.; JAKAITIENE, Audrone. The performance of education systems in the light of Europe 2020 strategy. **Annals of Operations Research**, v. 288, n. 2, p. 577–608, 2020. 5.

SZUWARZYŃSKI, Andrzej. Efficiency evaluation of graduation process in Australian public universities. **Economic Research-Ekonomska Istraživanja**, 2021.

TAVANA, Madjid; KHALILI-DAMGHANI, Kaveh. A new two-stage Stackelberg fuzzy data envelopment analysis model. **Measurement: Journal of the International Measurement Confederation**, v. 53, p. 277–296, 2014.

TAVARES, Rafael Santos; ANGULO-MEZA, Lidia; SANT’ANNA, Annibal Parracho. A proposed multistage evaluation approach for Higher Education Institutions based on network Data envelopment analysis: A Brazilian experience. **Evaluation and Program Planning**, v. 89, p. 101984, 2021.

THANASSOULIS, Emmanuel *et al.* Applications of data envelopment analysis in education. **International Series in Operations Research and Management Science**, v. 238, p. 367–438, 2016.

THE TIMES HIGHER EDUCATION. **World University Rankings 2022**. 2022.

- TOLOO, Mehdi; EMROUZNEJAD, Ali; MORENO, Plácido. A linear relational DEA model to evaluate two-stage processes with shared inputs. **Computational and Applied Mathematics**, v. 36, n. 1, p. 45–61, 2017.
- TORRES, L. M. L. DE S.; SILVA, F. A.M.; RAMOS, F.S.. Assessing the quality of brazilian undergraduate courses: a slack-based “benefit of the doubt” composite indicator. In: **LIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL**, 2022, Juíz de Fora. Anais, 2022.
- TORRES, Livia Mariana Lopes de Sousa. **Sistema Elétrico Brasileiro: Uma Avaliação Integrada Do Modelo Dinâmico Com Estrutura Em Redes Da Análise Envoltória De Dados E Programação Multiobjetivo**. 2018. 148 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/26265>. Acesso em: 12 maio 2022.
- TYTECA D. On the measurement of the environmental performance of firms—a literature review and a productive efficiency perspective. **Journal of environmental management**, v. 46, p. 281–308, 1996.
- VILLANO, Renato A.; TRAN, Carolyn Dung T.T. Survey on technical efficiency in higher education: A meta-fractional regression analysis. **Pacific Economic Review**, v. 26, n. 1, p. 110–135, 2019.
- WANG, Derek D. Performance-based resource allocation for higher education institutions in China. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 65, p. 66–75, 2019.
- WANG, Chien H.; GOPAL, Ram D.; ZIONTS, Stanley. Use of Data Envelopment Analysis in assessing Information Technology impact on firm performance. **Annals of Operations Research**, v. 73, p. 191–213, 1997.
- WAZLAWICK, Raul Sidnei. Reflections about Research in Computer Science regarding the Classification of Sciences and the Scientific Method. **Salesian Journal on Information Systems**, v. 6, p. 3–9, 2010.
- WOLSZCZAK-DERLACZ, Joanna; PARTEKA, Aleksandra. Efficiency of European public higher education institutions: a two-stage multicountry approach. **Scientometrics**, v. 89, p. 887, 2011.
- WU, Jie *et al.* An efficiency analysis of higher education institutions in China from a regional perspective considering the external environmental impact. **Scientometrics**, v. 122, n. 1, p. 57–70, 2020.
- XIONG, Xi *et al.* How to allocate multi-period research resources? Centralized resource allocation for public universities in China using a parallel DEA-based approach. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 82, p. 101317, 2022.
- YANG, Guo liang; FUKUYAMA, Hirofumi; SONG, Yao yao. Measuring the inefficiency of Chinese research universities based on a two-stage network DEA model. **Journal of Informetrics**, v. 12, n. 1, p. 10–30, 2018.
- YIN, Robert K. **Case Study Research and Applications: Design and Methods**. 6. ed: SAGE Publications, 2017.

ZANDAVALLI, Carla Busato. Avaliação da educação superior no Brasil: os antecedentes históricos do SINAES. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 14, n. 2, p. 385–438, 2009.

ZANELLA, Andreia; OLIVEIRA, Renato Melo e Silva. Avaliação de desempenho baseada em Análise Envoltória de Dados : um estudo exploratório em cursos de graduação em Administração. **Ciência & Natura**, v. 43, p. 81, 2021.

APÊNDICE A – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA O LIMITE SUPERIOR DE α_1

DMU	α_1 (Limitante superior)											
	0,5			0,7			0,8			0,9		
	E	E ₁	E ₂	E	E ₁	E ₂	E	E ₁	E ₂	E	E ₁	E ₂
UFMT	0,9637	0,2690	0,9877	0,9639	0,2509	0,9879	0,9640	0,2450	0,9880	0,9641	0,2404	0,9881
UNB	0,9548	0,4622	0,9880	0,9550	0,4460	0,9881	0,9550	0,4407	0,9882	0,9551	0,4366	0,9882
UFS	0,8969	0,3019	0,9224	0,8970	0,2873	0,9224	0,8970	0,2826	0,9225	0,8970	0,2789	0,9225
UFAM	0,9975	1,0000	0,7019	0,9977	1,0000	0,7280	0,9978	1,0000	0,7410	0,9980	1,0000	0,7697
UFPI	0,9989	1,0000	0,8756	0,9990	1,0000	0,8828	0,9990	1,0000	0,8821	0,9990	1,0000	0,8812
UFOP	0,7710	0,7810	0,8725	0,7710	0,7810	0,8725	0,7710	0,7810	0,8725	0,7710	0,7810	0,8725
UFSCAR	0,9492	0,7905	0,9582	0,9492	0,7905	0,9582	0,9492	0,7905	0,9582	0,9492	0,7905	0,9582
UFV	0,9850	0,3793	1,0000	0,9850	0,3476	1,0000	0,9850	0,3370	1,0000	0,9850	0,3286	1,0000
UEL	0,9708	0,8260	1,0000	0,9708	0,8260	1,0000	0,9708	0,8260	1,0000	0,9708	0,8260	1,0000
FURG	0,7949	0,4327	0,8027	0,7952	0,4107	0,8030	0,7953	0,4035	0,8031	0,7953	0,3977	0,8031
UFU	0,9673	0,1961	0,9965	0,9673	0,1961	0,9965	0,9673	0,1961	0,9965	0,9673	0,1961	0,9965
UESC	0,7255	0,3630	0,7316	0,7257	0,3291	0,7319	0,7258	0,3178	0,7320	0,7259	0,3087	0,7320
UECE	0,7826	0,7492	0,9167	0,7826	0,7492	0,9167	0,7826	0,7492	0,9167	0,7826	0,7492	0,9167
UDESC	0,8125	0,5797	0,8264	0,8125	0,5797	0,8264	0,8125	0,5797	0,8264	0,8125	0,5797	0,8264
UEG	0,8289	0,5713	0,8369	0,8290	0,5665	0,8369	0,8290	0,5650	0,8370	0,8290	0,5638	0,8370
UNICAMP	0,9926	0,8873	1,0000	0,9926	0,8837	1,0000	0,9926	0,8825	1,0000	0,9926	0,8816	1,0000
USP	0,9448	0,8364	0,9778	0,9448	0,8364	0,9778	0,9448	0,8364	0,9778	0,9448	0,8364	0,9778
UNESP	0,9756	0,5801	1,0000	0,9756	0,5678	1,0000	0,9756	0,5638	1,0000	0,9756	0,5606	1,0000
UEM	0,9879	0,5399	1,0000	0,9879	0,5241	1,0000	0,9879	0,5189	1,0000	0,9879	0,5148	1,0000
UERN	0,9935	0,5839	1,0000	0,9935	0,5839	1,0000	0,9935	0,5839	1,0000	0,9935	0,5839	1,0000
FURB	0,8649	0,7148	0,8667	0,8650	0,7071	0,8668	0,8650	0,7045	0,8668	0,8651	0,7026	0,8669
UFSJ	0,9906	0,7074	1,0000	0,9906	0,7074	1,0000	0,9906	0,7074	1,0000	0,9906	0,7074	1,0000
UNIMONTES	0,8514	0,4496	0,8587	0,8519	0,4194	0,8592	0,8521	0,4093	0,8594	0,8522	0,4012	0,8595
UPE	0,8643	0,3617	0,8812	0,8662	0,3016	0,8832	0,8668	0,2805	0,8838	0,8673	0,2631	0,8843
UERJ	0,7787	0,7054	0,7893	0,7788	0,7006	0,7895	0,7789	0,6990	0,7896	0,7789	0,6978	0,7896
UFMA	0,7501	0,6579	0,7782	0,7503	0,6557	0,7785	0,7504	0,6551	0,7786	0,7505	0,6545	0,7787
UFAC	0,7305	0,3914	0,7374	0,7306	0,3754	0,7375	0,7306	0,3703	0,7375	0,7307	0,3662	0,7376
UEPB	0,9987	1,0000	0,8130	0,9989	1,0000	0,8303	0,9990	1,0000	0,8348	0,9991	1,0000	0,8369
UEMA	0,6220	0,3259	0,6325	0,6221	0,3186	0,6326	0,6221	0,3163	0,6326	0,6221	0,3145	0,6326
UFPA	0,6992	0,6452	0,8592	0,6992	0,6452	0,8592	0,6992	0,6452	0,8592	0,6992	0,6452	0,8592
UFRN	0,7395	0,4453	0,7591	0,7395	0,4282	0,7591	0,7395	0,4227	0,7591	0,7395	0,4183	0,7591
UFPR	0,8654	0,3805	0,8927	0,8659	0,3551	0,8932	0,8661	0,3467	0,8934	0,8662	0,3400	0,8935
UFF	0,9501	0,9548	0,8449	0,9512	0,9547	0,8621	0,9515	0,9547	0,8687	0,9517	0,9547	0,8737
UFES	0,8235	0,8032	0,8692	0,8235	0,8025	0,8693	0,8236	0,8023	0,8693	0,8236	0,8022	0,8694
UFRRJ	0,8152	0,5767	0,8336	0,8153	0,5726	0,8337	0,8153	0,5713	0,8338	0,8153	0,5702	0,8338
UFMG	0,9910	0,9654	1,0000	0,9910	0,9650	1,0000	0,9910	0,9649	1,0000	0,9910	0,9649	1,0000
UFJF	0,8260	0,6088	0,8416	0,8260	0,6041	0,8416	0,8260	0,6027	0,8416	0,8260	0,6015	0,8416
UFAL	0,8649	0,3687	0,8849	0,8651	0,3521	0,8851	0,8651	0,3467	0,8852	0,8652	0,3425	0,8852
UFBA	0,6885	0,4857	0,7154	0,6886	0,4759	0,7155	0,6886	0,4727	0,7155	0,6886	0,4702	0,7156
UFPB	0,8195	0,2454	0,8514	0,8196	0,2221	0,8515	0,8196	0,2145	0,8516	0,8196	0,2085	0,8516
UFPE	0,8904	0,7370	0,9111	0,8904	0,7316	0,9111	0,8904	0,7299	0,9112	0,8904	0,7285	0,9112
UFRGS	0,9975	1,0000	0,9270	0,9976	1,0000	0,9205	0,9976	1,0000	0,9181	0,9976	1,0000	0,9161
UFSM	0,7693	0,7473	0,8466	0,7698	0,7463	0,8472	0,7700	0,7460	0,8474	0,7701	0,7458	0,8476
UFC	0,7921	0,4661	0,8135	0,7924	0,4457	0,8138	0,7925	0,4390	0,8139	0,7926	0,4337	0,8140
UFG	0,7915	0,5176	0,8051	0,7915	0,5176	0,8051	0,7915	0,5176	0,8051	0,7915	0,5176	0,8051
UFSC	0,8432	0,6490	0,8650	0,8432	0,6490	0,8650	0,8432	0,6490	0,8650	0,8432	0,6490	0,8650
UFRJ	0,7699	0,6611	0,8015	0,7699	0,6611	0,8015	0,7699	0,6611	0,8015	0,7699	0,6611	0,8015
UFRPE	0,9788	0,4001	0,9927	0,9792	0,3733	0,9932	0,9794	0,3644	0,9933	0,9795	0,3573	0,9934
UTFPR	0,7603	0,6095	0,8751	0,7603	0,6095	0,8751	0,7603	0,6095	0,8751	0,7603	0,6095	0,8751
UFERSA	0,9901	0,3614	1,0000	0,9901	0,3487	1,0000	0,9901	0,3446	1,0000	0,9901	0,3414	1,0000
UNIFESP	0,7966	0,7691	0,8034	0,7967	0,7672	0,8035	0,7967	0,7666	0,8035	0,7967	0,7662	0,8035
UFLA	0,8453	0,8453	0,9515	0,8453	0,8453	0,9515	0,8453	0,8453	0,9515	0,8453	0,8453	0,9515
UNIFAL-MG	0,7418	0,7471	0,8082	0,7418	0,7471	0,8082	0,7418	0,7471	0,8082	0,7418	0,7471	0,8082

UFVJM	0,8254	0,5490	0,8306	0,8255	0,5374	0,8307	0,8256	0,5337	0,8307	0,8256	0,5307	0,8308
UFTM	0,7882	0,4479	0,7936	0,7886	0,4116	0,7940	0,7888	0,3993	0,7942	0,7889	0,3893	0,7943
UNIFEI	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
UNIOESTE	0,8457	0,3019	0,8583	0,8458	0,2764	0,8584	0,8458	0,2680	0,8584	0,8458	0,2614	0,8584
UFPEL	0,9620	0,4523	0,9776	0,9620	0,4523	0,9776	0,9620	0,4523	0,9776	0,9620	0,4523	0,9776
UNITAU	0,9756	1,0000	0,8975	0,9756	1,0000	0,8976	0,9756	1,0000	0,8976	0,9756	1,0000	0,8977
UEFS	0,8265	0,7178	0,8295	0,8266	0,7122	0,8296	0,8266	0,7104	0,8296	0,8266	0,7090	0,8296
UESB	0,9916	0,3272	1,0000	0,9916	0,3118	1,0000	0,9916	0,3068	1,0000	0,9916	0,3029	1,0000
UNIRIO	0,8172	0,3214	0,8311	0,8176	0,2989	0,8315	0,8177	0,2916	0,8316	0,8178	0,2857	0,8318
UFMS	0,9467	0,4618	0,9645	0,9472	0,4449	0,9650	0,9473	0,4394	0,9652	0,9475	0,4350	0,9653
UNIR	0,5541	0,6689	0,7016	0,5541	0,6687	0,7016	0,5541	0,6686	0,7016	0,5541	0,6686	0,7016
UFCSPA	0,9991	0,8990	1,0000	0,9991	0,8990	1,0000	0,9991	0,8990	1,0000	0,9991	0,8990	1,0000
UEPG	0,9018	0,5289	0,9123	0,9018	0,5289	0,9123	0,9018	0,5289	0,9123	0,9018	0,5289	0,9123
URCA	0,9906	0,3530	1,0000	0,9906	0,3509	1,0000	0,9906	0,3502	1,0000	0,9906	0,3496	1,0000
UFRR	0,5793	0,2903	0,5832	0,5793	0,2752	0,5833	0,5794	0,2704	0,5833	0,5794	0,2666	0,5833
UNIFAP	0,8878	1,0000	0,8444	0,8880	1,0000	0,8446	0,8880	1,0000	0,8447	0,8884	1,0000	0,8545
UENF	0,9934	0,2168	1,0000	0,9934	0,1865	1,0000	0,9934	0,1765	1,0000	0,9934	0,1686	1,0000
UEMG	0,8582	1,0000	0,5578	0,9326	1,0000	0,7318	0,9590	1,0000	0,8197	0,9808	1,0000	0,9073
UNICENTRO	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
UFCG	0,9842	0,4316	1,0000	0,9842	0,4144	1,0000	0,9842	0,4088	1,0000	0,9842	0,4008	1,0000
UEA	0,7988	0,3391	0,8101	0,7989	0,3289	0,8103	0,7990	0,3256	0,8103	0,7990	0,3231	0,8104
UFT	0,9712	0,9168	1,0000	0,9712	0,9166	1,0000	0,9712	0,9166	1,0000	0,9712	0,9166	1,0000
UFRB	0,5166	0,3204	0,5214	0,5168	0,3024	0,5216	0,5168	0,2966	0,5216	0,5169	0,2920	0,5216
UFGD	0,9991	1,0000	0,8211	0,9994	1,0000	0,8713	0,9996	1,0000	0,8910	0,9997	1,0000	0,9073
UFABC	0,9987	1,0000	0,7899	0,9988	1,0000	0,7896	0,9988	1,0000	0,7912	0,9988	1,0000	0,7924
UNIPAMPA	0,6377	0,3562	0,6440	0,6379	0,3366	0,6442	0,6379	0,3303	0,6443	0,6380	0,3252	0,6443
UENP	0,8935	0,6418	0,8954	0,8935	0,6375	0,8955	0,8935	0,6361	0,8955	0,8935	0,6350	0,8955
UFOPA	0,6344	0,3725	0,6387	0,6346	0,3475	0,639	0,6347	0,3393	0,6390	0,6347	0,3327	0,6391

APÊNDICE B – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA O LIMITE INFERIOR DE α_1

DMU	α_1 (Limitante inferior)											
	0,5			0,3			0,2			0,1		
	E	E ₁	E ₂	E	E ₁	E ₂	E	E ₁	E ₂	E	E ₁	E ₂
UFMT	0,9638	0,2585	0,9878	0,9638	0,2585	0,9878	0,9638	0,2585	0,9878	0,9638	0,2585	0,9878
UNB	0,9549	0,4529	0,9880	0,9549	0,4529	0,9880	0,9549	0,4529	0,9880	0,9549	0,4529	0,9880
UFS	0,8969	0,2934	0,9224	0,8969	0,2934	0,9224	0,8969	0,2934	0,9224	0,8969	0,2934	0,9224
UFAM	0,9976	1,0000	0,7150	0,9976	1,0000	0,7150	0,9976	1,0000	0,7150	0,9976	1,0000	0,7150
UFPI	0,9990	1,0000	0,8786	0,9990	1,0000	0,8786	0,9990	1,0000	0,8786	0,9990	1,0000	0,8786
UFOP	0,7696	0,7788	0,8735	0,7762	0,7798	0,9031	0,7835	0,7979	0,9000	0,7985	0,8290	0,8976
UFSCAR	0,9485	0,7872	0,9583	0,9497	0,7932	0,9582	0,9582	0,8691	0,9906	0,9712	0,9174	1,0000
UFV	0,9850	0,3612	1,0000	0,9850	0,3612	1,0000	0,9850	0,3612	1,0000	0,9850	0,3612	1,0000
UEL	0,9614	0,8074	1,0000	0,9779	0,8458	1,0000	0,9835	0,8671	1,0000	0,9881	0,8899	1,0000
FURG	0,7950	0,4201	0,8028	0,7950	0,4201	0,8028	0,7950	0,4201	0,8028	0,7950	0,4201	0,8028
UFU	0,9673	0,1751	0,9965	0,9673	0,2287	0,9965	0,9674	0,2867	0,9965	0,9675	0,4180	0,9967
UESC	0,7256	0,3437	0,7318	0,7256	0,3437	0,7318	0,7256	0,3437	0,7318	0,7256	0,3437	0,7318
UECE	0,7805	0,7317	0,9041	0,7901	0,7623	0,8843	0,7984	0,7892	0,8689	0,8062	0,8239	0,8544
UDESC	0,8114	0,4874	0,8190	0,8176	0,7341	0,8932	0,8406	0,8096	0,8894	0,8596	0,8841	0,8862
UEG	0,8289	0,5685	0,8369	0,8289	0,5685	0,8369	0,8289	0,5685	0,8369	0,8289	0,5685	0,8369
UNICAMP	0,9926	0,8852	1,0000	0,9926	0,8852	1,0000	0,9926	0,8852	1,0000	0,9926	0,8852	1,0000
USP	0,9446	0,8330	0,9777	0,9450	0,8419	0,9781	0,9454	0,8518	0,9786	0,9466	0,8753	0,9800
UNESP	0,9756	0,5730	1,0000	0,9756	0,5730	1,0000	0,9756	0,5730	1,0000	0,9756	0,5730	1,0000
UEM	0,9879	0,5308	1,0000	0,9879	0,5308	1,0000	0,9879	0,5308	1,0000	0,9879	0,5308	1,0000
UERN	0,9935	0,5682	1,0000	0,9935	0,5682	1,0000	0,9935	0,5682	1,0000	0,9935	0,5682	1,0000
FURB	0,8649	0,7103	0,8667	0,8649	0,7103	0,8667	0,8649	0,7103	0,8667	0,8649	0,7103	0,8667
UFSJ	0,9906	0,7050	1,0000	0,9906	0,7034	1,0000	0,9906	0,7034	1,0000	0,9906	0,7034	1,0000
UNIMONTES	0,8517	0,4324	0,8590	0,8517	0,4324	0,8590	0,8517	0,4324	0,8590	0,8517	0,4324	0,8590
UPE	0,8654	0,3280	0,8824	0,8654	0,3280	0,8824	0,8654	0,3280	0,8824	0,8654	0,3280	0,8824
UERJ	0,7788	0,7026	0,7894	0,7788	0,7026	0,7894	0,7788	0,7026	0,7894	0,7788	0,7026	0,7894
UFMA	0,7502	0,6566	0,7784	0,7502	0,6566	0,7784	0,7502	0,6566	0,7784	0,7502	0,6566	0,7784
UFAC	0,7305	0,3822	0,7374	0,7305	0,3822	0,7374	0,7305	0,3822	0,7374	0,7305	0,3822	0,7374
UEPB	0,9988	1,0000	0,8226	0,9988	1,0000	0,8226	0,9988	1,0000	0,8226	0,9988	1,0000	0,8226
UEMA	0,6220	0,3217	0,6325	0,6220	0,3217	0,6325	0,6220	0,3217	0,6325	0,6220	0,3217	0,6325
UFPA	0,6843	0,6287	0,8446	0,7116	0,6694	0,8554	0,7249	0,7226	0,8408	0,7390	0,7603	0,8382
UFRN	0,7395	0,4355	0,7591	0,7395	0,4355	0,7591	0,7395	0,4355	0,7591	0,7395	0,4355	0,7591
UFPR	0,8657	0,3659	0,8930	0,8657	0,3659	0,8930	0,8657	0,3659	0,8930	0,8657	0,3659	0,8930
UFF	0,9508	0,9547	0,8540	0,9508	0,9547	0,8540	0,9508	0,9547	0,8540	0,9508	0,9547	0,8540
UFES	0,8235	0,8028	0,8693	0,8235	0,8028	0,8693	0,8235	0,8028	0,8693	0,8235	0,8028	0,8693
UFRRJ	0,8152	0,5743	0,8337	0,8152	0,5743	0,8337	0,8152	0,5743	0,8337	0,8152	0,5743	0,8337
UFMG	0,9910	0,9652	1,0000	0,9910	0,9652	1,0000	0,9910	0,9652	1,0000	0,9910	0,9652	1,0000
UFJF	0,8260	0,6061	0,8416	0,8260	0,6061	0,8416	0,8260	0,6061	0,8416	0,8260	0,6061	0,8416
UFAL	0,8650	0,3591	0,8850	0,8650	0,3591	0,8850	0,8650	0,3591	0,8850	0,8650	0,3591	0,8850
UFBA	0,6885	0,4800	0,7155	0,6885	0,4800	0,7155	0,6885	0,4800	0,7155	0,6885	0,4800	0,7155
UFPB	0,8195	0,2320	0,8515	0,8195	0,2320	0,8515	0,8195	0,2320	0,8515	0,8195	0,2320	0,8515
UFPE	0,8904	0,7339	0,9111	0,8904	0,7339	0,9111	0,8904	0,7339	0,9111	0,8904	0,7339	0,9111
UFRGS	0,9975	1,0000	0,9234	0,9975	1,0000	0,9234	0,9975	1,0000	0,9234	0,9975	1,0000	0,9234
UFSM	0,7696	0,7467	0,8470	0,7696	0,7467	0,8470	0,7696	0,7467	0,8470	0,7696	0,7467	0,8470
UFC	0,7923	0,4544	0,8137	0,7923	0,4544	0,8137	0,7923	0,4544	0,8137	0,7923	0,4544	0,8137
UFG	0,7914	0,5061	0,8050	0,7916	0,5357	0,8053	0,7920	0,5681	0,8057	0,7925	0,6428	0,8061
UFSC	0,8429	0,6450	0,8646	0,8560	0,7611	0,9444	0,8775	0,8001	0,9425	0,8967	0,8438	0,9409
UFRJ	0,7698	0,6565	0,8014	0,7701	0,6686	0,8016	0,7703	0,6825	0,8019	0,7711	0,7181	0,8029
UFRPE	0,9791	0,3847	0,9930	0,9791	0,3847	0,9930	0,9791	0,3847	0,9930	0,9791	0,3847	0,9930
UTFPR	0,7351	0,3220	0,7602	0,7841	0,6728	0,8701	0,8031	0,7337	0,8661	0,8188	0,7923	0,8627
UFERSA	0,9901	0,3541	1,0000	0,9901	0,3541	1,0000	0,9901	0,3541	1,0000	0,9901	0,3541	1,0000
UNIFESP	0,7967	0,7680	0,8035	0,7967	0,7680	0,8035	0,7967	0,7680	0,8035	0,7967	0,7680	0,8035
UFLA	0,8453	0,8452	0,9530	0,8453	0,8454	0,9543	0,8517	0,9011	0,9179	0,8681	0,9365	0,9076
UNIFAL-MG	0,7418	0,7469	0,8078	0,7418	0,7474	0,8087	0,7419	0,7487	0,8125	0,7496	0,7971	0,8740

UFVJM	0,8255	0,5423	0,8307	0,8255	0,5423	0,8307	0,8255	0,5423	0,8307	0,8255	0,5423	0,8307
UFTM	0,7884	0,4273	0,7938	0,7884	0,4273	0,7938	0,7884	0,4273	0,7938	0,7884	0,4273	0,7938
UNIFEI	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
UNIOESTE	0,8458	0,2872	0,8584	0,8458	0,2872	0,8584	0,8458	0,2872	0,8584	0,8458	0,2872	0,8584
UFPEL	0,9619	0,4436	0,9775	0,9622	0,4662	0,9778	0,9648	0,7614	1,0000	0,9757	0,8212	1,0000
UNITAU	0,9756	1,0000	0,8975	0,9756	1,0000	0,8975	0,9756	1,0000	0,8975	0,9756	1,0000	0,8975
UEFS	0,8265	0,7145	0,8295	0,8265	0,7145	0,8295	0,8265	0,7145	0,8295	0,8265	0,7145	0,8295
UESB	0,9916	0,3183	1,0000	0,9916	0,3183	1,0000	0,9916	0,3183	1,0000	0,9916	0,3183	1,0000
UNIRIO	0,8174	0,3085	0,8313	0,8174	0,3085	0,8313	0,8174	0,3085	0,8313	0,8174	0,3085	0,8313
UFMS	0,9470	0,4520	0,9648	0,9470	0,4520	0,9648	0,9470	0,4520	0,9648	0,9470	0,4520	0,9648
UNIR	0,5541	0,6688	0,7016	0,5541	0,6688	0,7016	0,5541	0,6688	0,7016	0,5541	0,6688	0,7016
UFCSPA	0,9991	0,8977	1,0000	0,9991	0,9009	1,0000	0,9991	0,9047	1,0000	0,9991	0,9144	1,0000
UEPG	0,9006	0,5678	0,9108	0,9032	0,6107	0,9147	0,9048	0,6418	0,9145	0,9102	0,8916	0,9357
URCA	0,9906	0,3518	1,0000	0,9906	0,3518	1,0000	0,9906	0,3518	1,0000	0,9906	0,3518	1,0000
UFRR	0,5793	0,2816	0,5833	0,5793	0,2816	0,5833	0,5793	0,2816	0,5833	0,5793	0,2816	0,5833
UNIFAP	0,8879	1,0000	0,8445	0,8879	1,0000	0,8445	0,8879	1,0000	0,8445	0,8879	1,0000	0,8445
UENF	0,9934	0,1994	1,0000	0,9934	0,1994	1,0000	0,9934	0,1994	1,0000	0,9934	0,1994	1,0000
UEMG	0,8998	1,0000	0,6438	0,8998	1,0000	0,6438	0,8998	1,0000	0,6438	0,8998	1,0000	0,6438
UNICENTRO	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
UFCG	0,9842	0,4217	1,0000	0,9842	0,4217	1,0000	0,9842	0,4217	1,0000	0,9842	0,4217	1,0000
UEA	0,7989	0,3332	0,8102	0,7989	0,3332	0,8102	0,7989	0,3332	0,8102	0,7989	0,3332	0,8102
UFT	0,9712	0,9167	1,0000	0,9712	0,9167	1,0000	0,9712	0,9167	1,0000	0,9712	0,9167	1,0000
UFRB	0,5167	0,3101	0,5215	0,5167	0,3101	0,5215	0,5167	0,3101	0,5215	0,5167	0,3101	0,5215
UFGD	0,9993	1,0000	0,8483	0,9993	1,0000	0,8483	0,9993	1,0000	0,8483	0,9993	1,0000	0,8483
UFABC	0,9988	1,0000	0,7919	0,9988	1,0000	0,7919	0,9988	1,0000	0,7919	0,9988	1,0000	0,7919
UNIPAMPA	0,6378	0,3449	0,6441	0,6378	0,3449	0,6441	0,6378	0,3449	0,6441	0,6378	0,3449	0,6441
UENP	0,8935	0,6393	0,8954	0,8935	0,6393	0,8954	0,8935	0,6393	0,8954	0,8935	0,6393	0,8954
UFOPA	0,6345	0,3581	0,6389	0,6345	0,3581	0,639	0,6345	0,3581	0,6389	0,6345	0,3581	0,6389

APÊNDICE C – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA O LIMITE SUPERIOR DE α_2

DMU	α_2 (Limitante superior)											
	0,5			0,7			0,8			0,9		
	E	E ₁	E ₂	E	E ₁	E ₂	E	E ₁	E ₂	E	E ₁	E ₂
UFMT	0,9638	0,2585	0,9878	0,9638	0,2585	0,9878	0,9638	0,2585	0,9878	0,9638	0,2585	0,9878
UNB	0,9549	0,4529	0,9880	0,9549	0,4529	0,9880	0,9549	0,4529	0,9880	0,9549	0,4529	0,9880
UFS	0,8969	0,2934	0,9224	0,8969	0,2934	0,9224	0,8969	0,2934	0,9224	0,8969	0,2934	0,9224
UFAM	0,9973	1,0000	0,6987	0,9976	1,0000	0,7150	0,9976	1,0000	0,7150	0,9976	1,0000	0,7150
UFPI	0,9989	1,0000	0,8754	0,9990	1,0000	0,8786	0,9990	1,0000	0,8786	0,9990	1,0000	0,8786
UFOP	0,7710	0,7810	0,8725	0,7710	0,7810	0,8725	0,7710	0,7810	0,8725	0,7710	0,7810	0,8725
UFSCAR	0,9492	0,7905	0,9582	0,9492	0,7905	0,9582	0,9492	0,7905	0,9582	0,9492	0,7905	0,9582
UFV	0,9850	0,3803	1,0000	0,9850	0,3468	1,0000	0,9850	0,3356	1,0000	0,9850	0,3265	1,0000
UEL	0,9707	0,8269	1,0000	0,9708	0,8253	1,0000	0,9709	0,8248	1,0000	0,9709	0,8244	1,0000
FURG	0,7950	0,4201	0,8028	0,7950	0,4201	0,8028	0,7950	0,4201	0,8028	0,7950	0,4201	0,8028
UFU	0,9671	0,2184	0,9963	0,9674	0,1793	0,9966	0,9675	0,1663	0,9967	0,9676	0,1559	0,9968
UESC	0,7256	0,3437	0,7318	0,7256	0,3437	0,7318	0,7256	0,3437	0,7318	0,7256	0,3437	0,7318
UECE	0,7826	0,7492	0,9167	0,7826	0,7492	0,9167	0,7826	0,7492	0,9167	0,7826	0,7492	0,9167
UDESC	0,8125	0,5797	0,8264	0,8125	0,5797	0,8264	0,8125	0,5797	0,8264	0,8125	0,5797	0,8264
UEG	0,8288	0,5764	0,8368	0,8290	0,5627	0,8370	0,8293	0,6862	0,8382	0,8297	0,6721	0,8387
UNICAMP	0,9926	0,8880	1,0000	0,9926	0,8831	1,0000	0,9926	0,8815	1,0000	0,9926	0,8802	1,0000
USP	0,9448	0,8364	0,9778	0,9448	0,8364	0,9778	0,9448	0,8364	0,9778	0,9448	0,8364	0,9778
UNESP	0,9756	0,5885	1,0000	0,9756	0,5611	1,0000	0,9756	0,5518	1,0000	0,9756	0,5443	1,0000
UEM	0,9879	0,5460	1,0000	0,9879	0,5193	1,0000	0,9879	0,5103	1,0000	0,9879	0,5031	1,0000
UERN	0,9935	0,5839	1,0000	0,9935	0,5839	1,0000	0,9935	0,5839	1,0000	0,9935	0,5839	1,0000
FURB	0,8649	0,7182	0,8667	0,8649	0,7045	0,8667	0,8650	0,6999	0,8668	0,8650	0,6963	0,8668
UFSJ	0,9906	0,7074	1,0000	0,9906	0,7074	1,0000	0,9906	0,7074	1,0000	0,9906	0,7074	1,0000
UNIMONTES	0,8517	0,4468	0,8590	0,8517	0,4216	0,8590	0,8518	0,4133	0,8590	0,8518	0,4066	0,8590
UPE	0,8654	0,3280	0,8824	0,8654	0,3280	0,8824	0,8654	0,3280	0,8824	0,8654	0,3280	0,8824
UERJ	0,7787	0,7069	0,7894	0,7788	0,6995	0,7894	0,7788	0,6971	0,7895	0,7788	0,6952	0,7895
UFMA	0,7502	0,6566	0,7784	0,7502	0,6566	0,7784	0,7502	0,6566	0,7784	0,7502	0,6566	0,7784
UFAC	0,7305	0,3822	0,7374	0,7305	0,3822	0,7374	0,7305	0,3822	0,7374	0,7305	0,3822	0,7374
UEPB	0,9988	1,0000	0,8226	0,9988	1,0000	0,8226	0,9988	1,0000	0,8226	0,9988	1,0000	0,8226
UEMA	0,6219	0,3335	0,6324	0,6221	0,3130	0,6326	0,6221	0,3063	0,6326	0,6222	0,3010	0,6327
UFPA	0,6992	0,6452	0,8592	0,6992	0,6452	0,8592	0,6992	0,6452	0,8592	0,6992	0,6452	0,8592
UFRN	0,7395	0,4355	0,7591	0,7395	0,4355	0,7591	0,7395	0,4355	0,7591	0,7395	0,4355	0,7591
UFPR	0,8657	0,3659	0,8930	0,8657	0,3659	0,8930	0,8657	0,3659	0,8930	0,8657	0,3659	0,8930
UFF	0,9508	0,9547	0,8540	0,9508	0,9547	0,8540	0,9508	0,9547	0,8540	0,9508	0,9547	0,8540
UFES	0,8235	0,8028	0,8693	0,8235	0,8028	0,8693	0,8235	0,8028	0,8693	0,8235	0,8028	0,8693
UFRRJ	0,8152	0,5743	0,8337	0,8152	0,5743	0,8337	0,8152	0,5743	0,8337	0,8152	0,5743	0,8337
UFMG	0,9910	0,9655	1,0000	0,9910	0,9650	1,0000	0,9910	0,9648	1,0000	0,9910	0,9647	1,0000
UFJF	0,8260	0,6061	0,8416	0,8260	0,6061	0,8416	0,8260	0,6061	0,8416	0,8260	0,6061	0,8416
UFAL	0,8650	0,3734	0,8850	0,8650	0,3485	0,8850	0,8650	0,3404	0,8850	0,8650	0,3339	0,8850
UFBA	0,6885	0,4800	0,7155	0,6885	0,4800	0,7155	0,6885	0,4800	0,7155	0,6885	0,4800	0,7155
UFPB	0,8195	0,2534	0,8515	0,8195	0,2160	0,8515	0,8196	0,2035	0,8515	0,8196	0,1935	0,8515
UFPE	0,8904	0,7339	0,9111	0,8904	0,7339	0,9111	0,8904	0,7339	0,9111	0,8904	0,7339	0,9111
UFRGS	0,9974	1,0000	0,9216	0,9976	1,0000	0,9247	0,9977	1,0000	0,9258	0,9978	1,0000	0,9266
UFSM	0,7696	0,7467	0,8470	0,7696	0,7467	0,8470	0,7696	0,7467	0,8470	0,7696	0,7467	0,8470
UFC	0,7923	0,4544	0,8137	0,7923	0,4544	0,8137	0,7923	0,4544	0,8137	0,7923	0,4544	0,8137
UFG	0,7915	0,5176	0,8051	0,7915	0,5176	0,8051	0,7915	0,5176	0,8051	0,7915	0,5176	0,8051
UFSC	0,8432	0,6490	0,8650	0,8432	0,6490	0,8650	0,8432	0,6490	0,8650	0,8432	0,6490	0,8650
UFRJ	0,7699	0,6611	0,8015	0,7699	0,6611	0,8015	0,7699	0,6611	0,8015	0,7699	0,6611	0,8015
UFRPE	0,9791	0,3847	0,9930	0,9791	0,3847	0,9930	0,9791	0,3847	0,9930	0,9791	0,3847	0,9930
UTFPR	0,7603	0,6095	0,8751	0,7603	0,6095	0,8751	0,7603	0,6095	0,8751	0,7603	0,6095	0,8751
UFERSA	0,9901	0,3675	1,0000	0,9901	0,3441	1,0000	0,9901	0,3365	1,0000	0,9901	0,3304	1,0000
UNIFESP	0,7967	0,7680	0,8035	0,7967	0,7680	0,8035	0,7967	0,7680	0,8035	0,7967	0,7680	0,8035
UFLA	0,8453	0,8453	0,9515	0,8453	0,8453	0,9515	0,8453	0,8453	0,9515	0,8453	0,8453	0,9515
UNIFAL-MG	0,7418	0,7471	0,8082	0,7418	0,7471	0,8082	0,7418	0,7471	0,8082	0,7418	0,7471	0,8082

UFVJM	0,8255	0,5423	0,8307	0,8255	0,5423	0,8307	0,8255	0,5423	0,8307	0,8255	0,5423	0,8307
UFTM	0,7884	0,4273	0,7938	0,7884	0,4273	0,7938	0,7884	0,4273	0,7938	0,7884	0,4273	0,7938
UNIFEI	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
UNIOESTE	0,8458	0,2872	0,8584	0,8458	0,2872	0,8584	0,8458	0,2872	0,8584	0,8458	0,2872	0,8584
UFPEL	0,9620	0,4523	0,9776	0,9620	0,4523	0,9776	0,9620	0,4523	0,9776	0,9620	0,4523	0,9776
UNITAU	0,9653	1,0000	0,8757	0,9836	1,0000	0,9207	0,9901	1,0000	0,9452	0,9954	1,0000	0,9713
UEFS	0,8265	0,7145	0,8295	0,8265	0,7145	0,8295	0,8265	0,7145	0,8295	0,8265	0,7145	0,8295
UESB	0,9916	0,3183	1,0000	0,9916	0,3183	1,0000	0,9916	0,3183	1,0000	0,9916	0,3183	1,0000
UNIRIO	0,8173	0,3222	0,8312	0,8175	0,2983	0,8314	0,8176	0,2904	0,8315	0,8177	0,2842	0,8316
UFMS	0,9470	0,4520	0,9648	0,9470	0,4520	0,9648	0,9470	0,4520	0,9648	0,9470	0,4520	0,9648
UNIR	0,5541	0,6688	0,7016	0,5541	0,6688	0,7016	0,5541	0,6688	0,7016	0,5541	0,6688	0,7016
UFCSPA	0,9991	0,8990	1,0000	0,9991	0,8990	1,0000	0,9991	0,8990	1,0000	0,9991	0,8990	1,0000
UEPG	0,9018	0,5289	0,9123	0,9018	0,5289	0,9123	0,9018	0,5289	0,9123	0,9018	0,5289	0,9123
URCA	0,9906	0,3518	1,0000	0,9906	0,3518	1,0000	0,9906	0,3518	1,0000	0,9906	0,3518	1,0000
UFRR	0,5793	0,3006	0,5832	0,5794	0,2674	0,5833	0,5794	0,2564	0,5833	0,5794	0,2476	0,5833
UNIFAP	0,8591	1,0000	0,8162	0,9170	1,0000	0,8742	0,9458	1,0000	0,9125	0,9733	1,0000	0,9535
UENF	0,9934	0,2179	1,0000	0,9934	0,1856	1,0000	0,9934	0,1750	1,0000	0,9934	0,1665	1,0000
UEMG	0,8995	1,0000	0,6429	0,9001	1,0000	0,6444	0,9067	1,0000	0,7831	0,9378	0,9893	0,8783
UNICENTRO	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
UFCG	0,9842	0,4217	1,0000	0,9842	0,4217	1,0000	0,9842	0,4217	1,0000	0,9842	0,4217	1,0000
UEA	0,7988	0,3446	0,8102	0,7989	0,3248	0,8103	0,7990	0,3184	0,8103	0,7990	0,3133	0,8103
UFT	0,9712	0,9167	1,0000	0,9712	0,9167	1,0000	0,9712	0,9167	1,0000	0,9712	0,9167	1,0000
UFRB	0,5167	0,3279	0,5215	0,5167	0,2967	0,5215	0,5167	0,2863	0,5215	0,5167	0,2781	0,5215
UFGD	0,9993	1,0000	0,8483	0,9993	1,0000	0,8483	0,9993	1,0000	0,8483	0,9993	1,0000	0,8483
UFABC	0,9987	1,0000	0,7892	0,9988	1,0000	0,7919	0,9988	1,0000	0,7919	0,9988	1,0000	0,7919
UNIPAMPA	0,6378	0,3603	0,6441	0,6378	0,3335	0,6441	0,6378	0,3246	0,6441	0,6378	0,3176	0,6442
UENP	0,8935	0,6485	0,8954	0,8935	0,6324	0,8955	0,8936	0,6271	0,8955	0,8936	0,6228	0,8955
UFOPA	0,6345	0,3581	0,6389	0,6345	0,3581	0,639	0,6345	0,3581	0,6389	0,6345	0,3581	0,6389

APÊNDICE D – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA LIMITE INFERIOR DE α_2

DMU	α_2 (Limitante inferior)											
	0,5			0,3			0,2			0,1		
	E	E ₁	E ₂	E	E ₁	E ₂	E	E ₁	E ₂	E	E ₁	E ₂
UFMT	0,9637	0,2297	0,9877	0,9641	0,3021	0,9881	0,9645	0,3754	0,9885	0,9665	0,7908	1,0000
UNB	0,9549	0,4288	0,9880	0,9550	0,4887	0,9881	0,9550	0,5480	0,9881	0,9552	0,6646	0,9883
UFS	0,8966	0,2678	0,9221	0,8974	0,3323	0,9229	0,9020	0,7514	0,9592	0,9206	0,8227	0,9601
UFAM	0,9976	1,0000	0,7150	0,9976	1,0000	0,7150	0,9976	1,0000	0,7150	0,9976	1,0000	0,7150
UFPI	0,9990	1,0000	0,8786	0,9990	1,0000	0,8786	0,9990	1,0000	0,8786	0,9990	1,0000	0,8786
UFOP	0,7651	0,7663	0,9129	0,7790	0,7949	0,8629	0,7923	0,8606	0,8547	0,8082	0,9297	0,8378
UFSCAR	0,9490	0,7870	0,9585	0,9494	0,7967	0,9578	0,9495	0,7992	0,9577	0,9495	0,7992	0,9577
UFV	0,9850	0,3612	1,0000	0,9850	0,3612	1,0000	0,9850	0,3612	1,0000	0,9850	0,3612	1,0000
UEL	0,9708	0,8260	1,0000	0,9708	0,8260	1,0000	0,9708	0,8260	1,0000	0,9708	0,8260	1,0000
FURG	0,7950	0,3925	0,8028	0,7952	0,4608	0,8030	0,7954	0,5272	0,8032	0,7989	0,8707	0,8152
UFU	0,9673	0,1961	0,9965	0,9673	0,1961	0,9965	0,9673	0,1961	0,9965	0,9673	0,1961	0,9965
UESC	0,7255	0,3117	0,7317	0,7258	0,3908	0,7320	0,7270	0,7328	0,7404	0,7514	0,8913	0,7847
UECE	0,7763	0,4997	0,8026	0,8082	0,7695	0,9149	0,8354	0,8265	0,9267	0,8604	0,8769	0,9194
UDESC	0,8123	0,5708	0,8263	0,8127	0,5937	0,8266	0,8206	0,8306	0,8693	0,8551	0,9141	0,9100
UEG	0,8289	0,5685	0,8369	0,8289	0,5685	0,8369	0,8289	0,5685	0,8369	0,8289	0,5685	0,8369
UNICAMP	0,9926	0,8852	1,0000	0,9926	0,8852	1,0000	0,9926	0,8852	1,0000	0,9926	0,8852	1,0000
USP	0,9426	0,8312	0,9752	0,9533	0,8523	1,0000	0,9602	0,8642	1,0000	0,9632	0,8853	1,0000
UNESP	0,9756	0,5730	1,0000	0,9756	0,5730	1,0000	0,9756	0,5730	1,0000	0,9756	0,5730	1,0000
UEM	0,9879	0,5308	1,0000	0,9879	0,5308	1,0000	0,9879	0,5308	1,0000	0,9879	0,5308	1,0000
UERN	0,9935	0,5508	1,0000	0,9935	0,6082	1,0000	0,9935	0,6492	1,0000	0,9935	0,7330	1,0000
FURB	0,8649	0,7103	0,8667	0,8649	0,7103	0,8667	0,8649	0,7103	0,8667	0,8649	0,7103	0,8667
UFSJ	0,9906	0,6966	1,0000	0,9906	0,7177	1,0000	0,9906	0,7331	1,0000	0,9906	0,7777	1,0000
UNIMONTES	0,8517	0,4324	0,8590	0,8517	0,4324	0,8590	0,8517	0,4324	0,8590	0,8517	0,4324	0,8590
UPE	0,8654	0,3106	0,8824	0,8654	0,3551	0,8824	0,8654	0,4031	0,8824	0,8655	0,5122	0,8824
UERJ	0,7788	0,7026	0,7894	0,7788	0,7026	0,7894	0,7788	0,7026	0,7894	0,7788	0,7026	0,7894
UFMA	0,7498	0,5552	0,7721	0,7563	0,7875	0,8326	0,7671	0,8162	0,8238	0,7767	0,8502	0,8164
UFAC	0,7304	0,3617	0,7373	0,7314	0,6001	0,7410	0,7322	0,6162	0,7404	0,7328	0,6306	0,7400
UEPB	0,9988	1,0000	0,8226	0,9988	1,0000	0,8226	0,9988	1,0000	0,8226	0,9988	1,0000	0,8226
UEMA	0,6220	0,3217	0,6325	0,6220	0,3217	0,6325	0,6220	0,3217	0,6325	0,6220	0,3217	0,6325
UFPA	0,6786	0,6063	0,8422	0,7187	0,6911	0,8461	0,7410	0,7585	0,8271	0,7623	0,8514	0,8148
UFRN	0,7393	0,4102	0,7589	0,7398	0,4732	0,7594	0,7404	0,5352	0,7600	0,7465	0,8449	0,7789
UFPR	0,8655	0,3346	0,8928	0,8660	0,4120	0,8933	0,8665	0,4867	0,8938	0,8681	0,6283	0,8955
UFF	0,9506	0,9548	0,8246	0,9508	0,9547	0,8540	0,9508	0,9547	0,8540	0,9508	0,9547	0,8540
UFES	0,8182	0,7517	0,8341	0,8367	0,8350	0,8886	0,8553	0,8790	0,9319	0,8821	0,9228	0,9265
UFRRJ	0,8152	0,5682	0,8336	0,8153	0,5842	0,8338	0,8154	0,6027	0,8339	0,8158	0,6495	0,8343
UFMG	0,9910	0,9652	1,0000	0,9910	0,9652	1,0000	0,9910	0,9652	1,0000	0,9910	0,9652	1,0000
UFJF	0,8258	0,5976	0,8414	0,8264	0,6195	0,8420	0,8342	0,8265	0,8930	0,8530	0,8808	0,8889
UFAL	0,8650	0,3591	0,8850	0,8650	0,3591	0,8850	0,8650	0,3591	0,8850	0,8650	0,3591	0,8850
UFBA	0,6884	0,4662	0,7153	0,6888	0,5015	0,7158	0,6894	0,5396	0,7164	0,6938	0,7937	0,7350
UFPB	0,8195	0,2320	0,8515	0,8195	0,2320	0,8515	0,8195	0,2320	0,8515	0,8195	0,2320	0,8515
UFPE	0,8901	0,7279	0,9108	0,8909	0,7434	0,9117	0,8920	0,7605	0,9129	0,9231	0,9020	0,9762
UFRGS	0,9975	1,0000	0,9234	0,9975	1,0000	0,9234	0,9975	1,0000	0,9234	0,9975	1,0000	0,9234
UFSM	0,7641	0,6442	0,7760	0,7851	0,7867	0,8577	0,8010	0,8269	0,8514	0,8152	0,8724	0,8462
UFC	0,7919	0,4316	0,8133	0,7929	0,4885	0,8143	0,8016	0,7708	0,8417	0,8121	0,8758	0,8539
UFG	0,7911	0,4916	0,8048	0,7920	0,5556	0,8057	0,7965	0,7957	0,8309	0,8136	0,8768	0,8421
UFSC	0,8430	0,6397	0,8648	0,8436	0,6635	0,8654	0,8444	0,6892	0,8663	0,8524	0,8686	0,8927
UFRJ	0,7695	0,6532	0,8010	0,7706	0,6736	0,8023	0,7721	0,6959	0,8040	0,7774	0,7631	0,8120
UFRPE	0,9789	0,3592	0,9928	0,9794	0,4230	0,9933	0,9811	0,6865	1,0000	0,9845	0,7224	1,0000
UTFPR	0,7602	0,6071	0,8750	0,7605	0,6135	0,8754	0,7608	0,6211	0,8758	0,7618	0,6423	0,8773
UFERSA	0,9901	0,3541	1,0000	0,9901	0,3541	1,0000	0,9901	0,3541	1,0000	0,9901	0,3541	1,0000
UNIFESP	0,7964	0,7649	0,8031	0,7971	0,7730	0,8040	0,8024	0,8180	0,8472	0,8172	0,8814	0,8426
UFLA	0,8451	0,8452	0,9427	0,8528	0,8457	0,9639	0,8728	0,8714	0,9616	0,8898	0,8938	0,9596
UNIFAL-MG	0,7407	0,6421	0,7438	0,7550	0,7900	0,8040	0,7666	0,8411	0,8054	0,7790	0,9176	0,7990

UFVJM	0,8254	0,5215	0,8306	0,8256	0,5733	0,8307	0,8258	0,6242	0,8309	0,8319	0,9203	0,8554
UFTM	0,7884	0,4058	0,7938	0,7885	0,4597	0,7939	0,7886	0,5148	0,7940	0,7934	0,9009	0,8159
UNIFEI	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
UNIOESTE	0,8456	0,2542	0,8582	0,8461	0,3362	0,8587	0,8472	0,6795	0,8678	0,8617	0,8720	0,8987
UFPEL	0,9619	0,4277	0,9775	0,9622	0,4889	0,9778	0,9625	0,5492	0,9781	0,9642	0,8437	0,9865
UNITAU	0,9756	1,0000	0,8975	0,9756	1,0000	0,8975	0,9756	1,0000	0,8975	0,9756	1,0000	0,8975
UEFS	0,8265	0,7050	0,8295	0,8265	0,7291	0,8296	0,8266	0,7543	0,8296	0,8267	0,8078	0,8297
UESB	0,9916	0,2797	1,0000	0,9916	0,3742	1,0000	0,9916	0,2515	1,0000	0,9916	0,2515	1,0000
UNIRIO	0,8174	0,3085	0,8313	0,8174	0,3085	0,8313	0,8174	0,3085	0,8313	0,8174	0,3085	0,8313
UFMS	0,9469	0,4305	0,9647	0,9471	0,4846	0,9650	0,9474	0,5393	0,9652	0,9487	0,8533	0,9744
UNIR	0,5414	0,5217	0,5526	0,5788	0,7467	0,6812	0,5997	0,8241	0,6639	0,6176	0,9013	0,6491
UFCSPA	0,9991	0,8954	1,0000	0,9991	0,9044	1,0000	0,9991	0,9137	1,0000	0,9991	0,9332	1,0000
UEPG	0,9017	0,5237	0,9124	0,9019	0,5378	0,9120	0,9025	0,5947	0,9105	0,9056	0,8902	0,9225
URCA	0,9906	0,3365	1,0000	0,9906	0,3757	1,0000	0,9906	0,4187	1,0000	0,9906	0,5182	1,0000
UFRR	0,5793	0,2816	0,5833	0,5793	0,2816	0,5833	0,5793	0,2816	0,5833	0,5793	0,2816	0,5833
UNIFAP	0,8879	1,0000	0,8445	0,8879	1,0000	0,8445	0,8879	1,0000	0,8445	0,8879	1,0000	0,8445
UENF	0,9934	0,1994	1,0000	0,9934	0,1994	1,0000	0,9934	0,1994	1,0000	0,9934	0,1994	1,0000
UEMG	0,8998	1,0000	0,6438	0,8998	1,0000	0,6438	0,8998	1,0000	0,6438	0,8998	1,0000	0,6438
UNICENTRO	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
UFCG	0,9842	0,3970	1,0000	0,9842	0,4586	1,0000	0,9842	0,5199	1,0000	0,9842	0,6416	1,0000
UEA	0,7989	0,3332	0,8102	0,7989	0,3332	0,8102	0,7989	0,3332	0,8102	0,7989	0,3332	0,8102
UFT	0,9611	0,9024	1,0000	0,9796	0,9324	1,0000	0,9866	0,9496	1,0000	0,9919	0,9657	1,0000
UFRB	0,5167	0,3101	0,5215	0,5167	0,3101	0,5215	0,5167	0,3101	0,5215	0,5167	0,3101	0,5215
UFGD	0,9993	1,0000	0,8483	0,9993	1,0000	0,8483	0,9993	1,0000	0,8483	0,9993	1,0000	0,8483
UFABC	0,9988	1,0000	0,7919	0,9988	1,0000	0,7919	0,9988	1,0000	0,7919	0,9988	1,0000	0,7919
UNIPAMPA	0,6378	0,3449	0,6441	0,6378	0,3449	0,6441	0,6378	0,3449	0,6441	0,6378	0,3449	0,6441
UENP	0,8935	0,6393	0,8954	0,8935	0,6393	0,8954	0,8935	0,6393	0,8954	0,8935	0,6393	0,8954
UFOPA	0,6345	0,3388	0,6388	0,6348	0,6320	0,6423	0,6447	0,8350	0,7137	0,6659	0,9097	0,7007

APÊNDICE E – RESULTADOS DO MODELO NDEA CONSIDERANDO A SAÍDA INDESEJÁVEL COMO ENTRADA

DMU	Global		Graduação		Pós-Graduação	
	Sk	Eficiência	Sk ¹	Eficiência	Sk ²	Eficiência
UFMT	0,1377	0,8623	0,0185	0,4229	0,1192	0,8789
UNB	0,2160	0,7840	0,0390	0,6090	0,1770	0,8076
UFS	0,2238	0,8314	0,1501	0,6481	0,0737	0,9605
UFAM	0,0030	0,9970	0	1	0,0030	0,6949
UFPI	0,0011	0,9989	0	1	0,0011	0,8755
UFOP	0,2461	0,7539	0,1147	0,7567	0,1315	0,8473
UFSCAR	0,0537	0,9463	0,0108	0,5100	0,0429	0,9565
UFV	0,0989	0,9011	0,0122	0,4491	0,0867	0,9122
UEL	0,0468	0,9532	0,0243	0,8006	0,0226	0,9758
FURG	0,2038	0,7962	0,0083	0,4577	0,1955	0,8027
UFU	0,0271	0,9729	0,0237	0,1974	0,0034	0,9965
UESC	0,2736	0,7264	0,0070	0,4067	0,2666	0,7316
UECE	0,2115	0,7885	0,1325	0,7452	0,0791	0,9041
UDESC	0,1872	0,8128	0,0082	0,5090	0,1790	0,8190
UEG	0,1722	0,8278	0,0090	0,5928	0,1631	0,8338
UNICAMP	0,0171	0,9829	0,0171	0,5024	0	1
USP	0,0857	0,9143	0,0563	0,5216	0,0293	0,9686
UNESP	0,0235	0,9765	0,0235	0,5922	0	1
UEM	0,0120	0,9880	0,0120	0,5450	0	1
UERN	0,0048	0,9952	0,0048	0,6145	0	1
FURB	0,2051	0,7949	0,0069	0,8270	0,1982	0,7983
UFSJ	0,2861	0,7139	0,0101	0,4166	0,2760	0,7204
UNIMONTES	0,1853	0,8147	0,0081	0,4487	0,1773	0,8210
UPE	0,1344	0,8656	0,0175	0,3674	0,1170	0,8812
UERJ	0,2202	0,7798	0,0222	0,6937	0,1980	0,7893
UFMA	0,2534	0,7466	0,0346	0,3122	0,2188	0,7721
UFAC	0,2665	0,7335	0,0058	0,5014	0,2607	0,7374
UEPB	0,0183	0,9817	0,0170	0,9830	0,0013	0,8345
UEMA	0,3772	0,6228	0,0178	0,3148	0,3593	0,6325
UFPA	0,3039	0,6961	0,1517	0,6526	0,1521	0,8446
UFRN	0,2577	0,7423	0,0233	0,4597	0,2343	0,7591
UFPR	0,1311	0,8689	0,0266	0,3928	0,1045	0,8928
UFF	0,0442	0,9558	0,0391	0,9604	0,0052	0,8482
UFES	0,1887	0,8113	0,0214	0,4103	0,1673	0,8284
UFRRJ	0,2260	0,7740	0,0215	0,5675	0,2045	0,7864
UFMG	0,0194	0,9806	0,0194	0,7728	0	1
UFJF	0,2131	0,7869	0,0195	0,3764	0,1936	0,8019
UFAL	0,1333	0,8667	0,0212	0,3566	0,1121	0,8849
UFBA	0,3065	0,6935	0,0078	0,6761	0,2987	0,6996
UFPB	0,1950	0,8050	0,0253	0,3632	0,1697	0,8262
UFPE	0,1086	0,8914	0,0255	0,6991	0,0831	0,9111
UFRGS	0,1397	0,8603	0,0341	0,6027	0,1055	0,8869
UFSM	0,2448	0,7552	0,0204	0,4397	0,2244	0,7704
UFC	0,2349	0,7651	0,0242	0,4723	0,2107	0,7830
UFG	0,2065	0,7935	0,0151	0,5242	0,1914	0,8050
UFSC	0,1622	0,8378	0,0288	0,3970	0,1334	0,8622
UFRJ	0,2310	0,7690	0,0465	0,6486	0,1844	0,7945
UFRPE	0,0193	0,9807	0,0121	0,4136	0,0071	0,9928
UTFPR	0,2602	0,7398	0,0278	0,3442	0,2324	0,7602
UFERSA	0,0093	0,9907	0,0093	0,3594	0	1
UNIFESP	0,2165	0,7835	0,0140	0,6657	0,2024	0,7913
UFLA	0,1727	0,8273	0,0882	0,7990	0,0845	0,9048
UNIFAL-MG	0,2688	0,7312	0,0062	0,6354	0,2626	0,7356

UFVJM	0,2092	0,7908	0,0083	0,6521	0,2009	0,7973
UFTM	0,2234	0,7766	0,0058	0,4826	0,2176	0,7810
UNIFEI	0,0453	0,9547	0,0453	0,8978	0	1
UNIOESTE	0,1528	0,8472	0,0128	0,3221	0,1400	0,8583
UFPEL	0,0369	0,9631	0,0148	0,4321	0,0221	0,9775
UNITAU	0,0126	0,9874	0	1	0,0126	0,9505
UEFS	0,1759	0,8241	0,0068	0,4776	0,1691	0,8295
UESB	0,1030	0,8970	0,0069	0,4356	0,0962	0,9031
UNIRIO	0,1988	0,8012	0,0086	0,4529	0,1902	0,8078
UFMS	0,0594	0,9406	0,0175	0,4461	0,0419	0,9572
UNIR	0,4409	0,5591	0,1449	0,6807	0,2960	0,7016
UFCSPA	0	1	0	1	0	1
UEPG	0,0982	0,9018	0,0101	0,5844	0,0881	0,9110
URCA	0	1	0	1	0	1
UFRR	0,4177	0,5823	0,0052	0,3511	0,4125	0,5851
UNIFAP	0,2898	0,7102	0,1389	0,8464	0,1509	0,8474
UENF	0,0048	0,9952	0,0048	0,2901	0	1
UEMG	0,2931	0,7069	0,0160	0,3637	0,2771	0,7168
UNICENTRO	0	1	0	1	0	1
UFCG	0,0124	0,9876	0,0124	0,4624	0	1
UEA	0,2074	0,7926	0,0143	0,3197	0,1931	0,8034
UFT	0,1054	0,8946	0,1054	0,7124	0	1
UFRB	0,5414	0,4586	0,0079	0,3584	0,5335	0,4617
UFGD	0,0395	0,9605	0,0386	0,9614	0,0009	0,8381
UFABC	0,0362	0,9638	0,0349	0,9651	0,0013	0,7897
UNIPAMPA	0,3609	0,6391	0,0086	0,3869	0,3524	0,6440
UENP	0,0019	0,9981	0,0019	0,7157	0	1
UFOPA	0,3640	0,6360	0,0048	0,4592	0,3593	0,6387

**APÊNDICE F – RESULTADOS DO MODELO NDEA DE ACORDO COM A
ABORDAGEM DO INVERSO MULTIPLICATIVO**

DMU	Global		Graduação		Pós-Graduação	
	Sk	Eficiência	Sk ¹	Eficiência	Sk ²	Eficiência
UFMT	0,2180	0,7885	0,1342	0,6760	0,0838	0,9146
UNB	0,3145	0,6961	0,2483	0,6513	0,0662	0,8729
UFS	0,2901	0,7512	0,1688	0,5090	0,1213	0,9086
UFAM	0,0043	0,9957	0	1	0,0043	0,6567
UFPI	0,0019	0,9982	0	1	0,0019	0,8577
UFOP	0,2305	0,7837	0,1372	0,8004	0,0933	0,8842
UFSCAR	0,1479	0,8577	0,1409	0,6098	0,0069	0,9927
UFV	0,1598	0,8458	0,1097	0,7091	0,0501	0,9491
UEL	0,0507	0,9514	0,0457	0,8690	0,0050	0,9938
FURG	0,2334	0,7751	0,0676	0,7614	0,1658	0,8324
UFU	0,2003	0,8063	0,1770	0,5206	0,0233	0,9761
UESC	0,2709	0,7393	0,0394	0,8217	0,2315	0,7667
UECE	0,2191	0,7863	0,1421	0,7458	0,0770	0,9044
UDESC	0,2099	0,7975	0,0755	0,7471	0,1345	0,8637
UEG	0,2350	0,7860	0,0867	0,6875	0,1483	0,8440
UNICAMP	0,1158	0,8885	0,1158	0,7504	0	1
USP	0,5791	0,4396	0,5726	0,4326	0,0065	0,9163
UNESP	0,2774	0,7317	0,2774	0,7234	0	1
UEM	0,1327	0,8730	0,1327	0,7291	0	1
UERN	0,0403	0,9645	0,0403	0,8268	0	1
FURB	0,1134	0,9174	0,0767	0,9358	0,0367	0,9357
UFSJ	0,2972	0,7140	0,0592	0,7748	0,2380	0,7584
UNIMONTES	0,2128	0,7984	0,0465	0,7313	0,1662	0,8346
UPE	0,1751	0,8313	0,0680	0,6781	0,1071	0,8911
UERJ	0,2190	0,7870	0,2080	0,7885	0,0110	0,8072
UFMA	0,3207	0,6908	0,1696	0,6622	0,1512	0,8426
UFAC	0,2752	0,7454	0,0376	0,8138	0,2376	0,7709
UEPB	0,0018	0,9984	0	1	0,0018	0,8217
UEMA	0,4165	0,6044	0,0821	0,6274	0,3344	0,6638
UFPA	0,3925	0,6163	0,2832	0,5850	0,1093	0,8670
UFRN	0,3585	0,6530	0,2384	0,6163	0,1200	0,8023
UFPR	0,3291	0,6817	0,2689	0,6359	0,0602	0,9378
UFF	0,0803	0,9213	0,0723	0,9286	0,0080	0,7120
UFES	0,2567	0,7527	0,1671	0,6717	0,0895	0,9077
UFRRJ	0,2532	0,7549	0,0923	0,7531	0,1609	0,8072
UFMG	0,0678	0,9345	0,0678	0,8570	0	1
UFJF	0,2749	0,7352	0,1395	0,6864	0,1354	0,8610
UFAL	0,2410	0,7674	0,1418	0,5494	0,0991	0,8978
UFBA	0,3769	0,6232	0,1478	0,4224	0,2291	0,6997
UFPB	0,3790	0,6307	0,2526	0,4866	0,1264	0,8698
UFPE	0,1929	0,8134	0,1451	0,7216	0,0478	0,9102
UFRGS	0,2193	0,7895	0,2043	0,6765	0,0150	0,9757
UFSM	0,3091	0,7022	0,1863	0,6658	0,1227	0,8737
UFC	0,3294	0,6812	0,2387	0,6690	0,0907	0,8687
UFG	0,3061	0,7042	0,2211	0,6507	0,0850	0,8596
UFSC	0,3305	0,6815	0,2909	0,6065	0,0395	0,9369
UFRJ	0,3711	0,6380	0,3440	0,6260	0,0271	0,8000
UFRPE	0,0865	0,9172	0,0865	0,7331	0	1
UTFPR	0,3181	0,6915	0,2139	0,5333	0,1043	0,8866
UFERSA	0,0327	0,9725	0,0327	0,8347	0	1
UNIFESP	0,2276	0,7808	0,0707	0,7646	0,1569	0,7908
UFLA	0,0423	0,9662	0,0419	0,9664	0,0004	0,9493
UNIFAL-MG	0,2177	0,8187	0,0875	0,8710	0,1303	0,8772

UFVJM	0,2220	0,7862	0,0655	0,7827	0,1565	0,8093
UFTM	0,2024	0,8545	0,1057	0,8840	0,0966	0,9171
UNIFEI	0,0047	0,9963	0,0047	0,9899	0	1
UNIOESTE	0,1860	0,8209	0,0850	0,7363	0,1010	0,8975
UFPEL	0,1372	0,8677	0,1364	0,6772	0,0009	0,9991
UNITAU	0	1	0	1	0	1
UEFS	0,2003	0,8073	0,0528	0,7790	0,1475	0,8393
UESB	0,1088	0,9013	0,0573	0,7196	0,0515	0,9502
UNIRIO	0,2111	0,8048	0,0718	0,7042	0,1393	0,8507
UFMS	0,1724	0,8338	0,1432	0,5830	0,0292	0,9700
UNIR	0,3857	0,6854	0,1541	0,8193	0,2317	0,7859
UFCSPA	0	1	0	1	0	1
UEPG	0,1042	0,9041	0,0352	0,8309	0,0690	0,9336
URCA	0	1	0	1	0	1
UFRR	0,3125	0,7840	0,1137	0,8873	0,1988	0,8324
UNIFAP	0,2674	0,8315	0,1208	0,8967	0,1466	0,8892
UENF	0,0028	0,9980	0,0028	0,9786	0	1
UEMG	0,2441	0,8571	0,0797	0,6436	0,1644	0,9003
UNICENTRO	0	1	0	1	0	1
UFCG	0,1154	0,8885	0,1154	0,7010	0	1
UEA	0,2343	0,8016	0,0519	0,7076	0,1823	0,8379
UFT	0,0989	0,9053	0,0989	0,7603	0	1
UFRB	0,5075	0,5646	0,0472	0,7945	0,4603	0,5883
UFGD	0,0010	0,9995	0	1	0,0010	0,8744
UFABC	0,0018	0,9986	0	1	0,0018	0,7973
UNIPAMPA	0,3740	0,6607	0,0493	0,7131	0,3247	0,6917
UENP	0	1	0	1	0	1
UFOPA	0,1589	0,9069	0,0839	0,9288	0,0750	0,9449