

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM SISTEMAS DE GESTÃO SUSTENTÁVEIS

RAFAEL SANTOS TAVARES

**UMA ABORDAGEM MULTISTÁGIO PARA A AVALIAÇÃO DE INSTITUIÇÕES
DE ENSINO SUPERIOR BASEADA NO MÉTODO DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE
DADOS EM REDE.**

Niterói
2021

RAFAEL SANTOS TAVARES

**UMA ABORDAGEM MULTITESTÁGIO PARA A AVALIAÇÃO DE INSTITUIÇÕES
DE ENSINO SUPERIOR BASEADA NO MÉTODO DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE
DADOS EM REDE.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense
como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor
em Sistemas de Gestão Sustentáveis.

Linha de Pesquisa: Apoio à Decisão em Organizações
Sustentáveis

Orientadora:

Lidia Angulo Meza, D.Sc.

Coorientador:

Annibal Parracho Sant'Anna

Niterói

2021

RAFAEL SANTOS TAVARES

**UMA ABORDAGEM MULTITESTÁGIO PARA A AVALIAÇÃO DE
INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR BASEADA NO MÉTODO DE ANÁLISE
ENVOLTÓRIA DE DADOS EM REDE.**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Sistemas de Gestão Sustentáveis da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Sistemas de Gestão Sustentáveis. Área de Concentração: Sistemas de Gestão da Sustentabilidade. Linha de Pesquisa: Apoio a Decisão em Organizações Sustentáveis

Aprovada em 08 de setembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA:



Assinado de forma digital por LIDIA
ANGULO MEZA
Identificador de chave pública: 21.28.22.283173770
Data: 2021.09.15 10:47:10 -03'00'

Prof. Lidia Angulo Meza, D.Sc. - Orientador
Universidade Federal Fluminense - UFF



Prof. Aníbal Patrício Sant'Anna, PhD. - Co-orientador
Universidade Federal Fluminense - UFF

Prof. João Carlos Correia Baptista Soares de Mello, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense - UFF

CRISTINA GOMES DE SOUZA-98473000706

Assinado de forma digital por CRISTINA
GOMES DE SOUZA-98473000706
Data: 2021.09.15 10:47:10 -03'00'

Prof. Cristina Gomes de Souza, D.Sc.
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFITEC RJ



Prof. Maria Cecília de Carvalho Chaves, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ



Prof. Eliane Ribeiro Pereira, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE
Gerada com informações fornecidas pelo autor

T231a Tavares, Rafael Santos
Uma abordagem multietápico para a avaliação de instituições de ensino superior baseada no método de análise envoltória de dados em rede / Rafael Santos Tavares ; Lidia Angulo Meza, orientadora ; Annibal Parracho Sant'Anna, coorientador. Niterói, 2021.
146 f. : il.

Tese (doutorado)-Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PPSIG.2021.d.11273501705>

1. Ensino superior. 2. Avaliação educacional. 3. Network DEA. 4. Inputs compartilhados. 5. Produção intelectual. I. Angulo Meza, Lidia, orientadora. II. Sant'Anna, Annibal Parracho, coorientador. III. Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDD -

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por incontáveis razões, dentre elas, agradeço pela vida, pelas oportunidades concedidas e pela força que me permitiu prosseguir em meio aos obstáculos e dificuldades que apareceram durante toda essa jornada.

Agradeço à professora Lidia Angulo Meza, por acreditar no meu trabalho, pela parceria duradoura, pela paciência e por ter disponibilizado uma parcela generosa do seu tempo para tornar esse projeto realidade.

Ao meu coorientador, professor Annibal Parracho, pela presteza, generosidade e pelos aconselhamentos que contribuíram para a melhoria dessa pesquisa e de todos os artigos publicados nesse período.

Ao professor João Carlos C. B. Soares de Mello pelo conhecimento compartilhado, pelo incentivo e por se fazer presente desde o início do mestrado. Às professoras Maria Cecília Chaves, Eliane Ribeiro e Cristina Gomes por terem aceitado fazer parte da banca avaliadora e por todas as sugestões para a melhoria desse trabalho.

Ao PPSIG-UFF, seu corpo docente, funcionários administrativos, e aos colegas de doutorado, em especial à amiga Geisa Drumond e a servidora Liliam Espinoza, por todo apoio prestado.

À Universidade Federal Fluminense e ao Instituto de Computação da UFF, que são minha segunda casa. Aos meus colegas de trabalho e chefia. Fazer parte dessa instituição me deixa muito orgulhoso, principalmente tendo conhecimento da função social dessa universidade, que oferece educação pública, gratuita e de qualidade. Agradeço pelas tantas oportunidades concedidas, que me permitiram melhorar como ser humano e profissional.

À minha família, em especial, aos meus pais, por acreditarem no poder transformador da educação, e apesar de todas as limitações, me incentivaram a trabalhar duro e me forneceram os subsídios necessários para que esse momento de conclusão de doutorado fosse possível. À minha irmã Amanda e o meu sobrinho Gabriel, pelo incentivo e por serem porto seguro em todos os momentos. À minha esposa Kelly, pelo companheirismo, carinho e apoio, que ajudaram a tornar esses longos dias de trabalho mais agradáveis e leves.

RESUMO

A avaliação das instituições de ensino superior (IES) é uma tarefa desafiadora, devido à complexidade inerente ao contexto em que estão inseridas, aos diferentes perfis institucionais, à variedade de recursos utilizados e resultados oferecidos no desempenho da sua missão. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo propor uma abordagem avaliativa multiestágio, utilizando Network DEA, composta por três estágios e com recursos compartilhados, que contribua com as metodologias de avaliação do ensino superior existentes, possibilitando englobar variáveis inerentes às diversas atividades de graduação e pós-graduação desenvolvidas pelas IES e a complexidade dessas instituições. A escolha das variáveis que compõem a rede foi realizada com base na revisão sistemática de literatura desenvolvida, a partir da análise de 258 artigos científicos que aplicaram diferentes modelos DEA para avaliar a eficiência dentro do contexto do ensino superior. Nesse processo de seleção de variáveis, foram consideradas ainda variáveis utilizadas pelo Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES), pela Avaliação quadrienal de pós-graduação, conduzida pela CAPES, além dos populares rankings acadêmicos. Com a definição das variáveis e da estrutura em rede mista, foi utilizada uma formulação matemática para obtenção dos escores de eficiência. Esta formulação permite que sejam atribuídos valores mínimos e máximos em relação aos recursos que são compartilhados entre as atividades de graduação e pós-graduação. Após coleta de dados, a abordagem desenvolvida nesse estudo foi aplicada em uma amostra de 45 universidades federais brasileiras. Os resultados evidenciaram o desempenho de cada uma das instituições, em relação ao uso dos recursos financeiros, da qualidade do ensino e da formação em nível de graduação, da formação de pesquisadores e da produção científica desenvolvida em nível de pós-graduação. Ao fim, foram analisadas as eficiências em relação ao desempenho geral das universidades federais, a eficiência em relação ao contexto regional em que essas instituições estão inseridas, e a especialização de cada uma delas em relação à performance inerente às atividades de graduação e de pós-graduação.

Palavras-chave: Ensino Superior, Avaliação de Eficiência, Network DEA, *Inputs* compartilhados.

ABSTRACT

The evaluation of Higher Education Institutions (HEIs) is a challenging task, due to the inherent complexity of the context in which they are inserted, the different institutional profiles, the variety of resources used and results offered in the performance of their mission. Thus, the present study aims to propose a multi-stage evaluative approach, using Network DEA, composed of three stages and with shared inputs, which contributes to the existing higher education evaluation methodologies, enabling to encompass variables inherent to the undergraduate and graduate activities developed by HEIs and the complexity of these institutions. The choice of variables that make up the network structure was based on a systematic literature review developed, based on the analysis of 258 scientific articles that applied different DEA models to assess efficiency within the context of higher education. In this process, variables used by the National Higher Education Assessment System (SINAES), by the Quadrennial Evaluation carried out by CAPES and popular academic rankings were also considered. With the definition of the variables and the mixed network structure, a mathematical formulation was used to obtain the efficiency scores. This formulation allows for minimum and maximum values to be assigned in relation to the resources that are shared between undergraduate and graduate activities. After data collection, the approach developed in this study was applied to a sample of 45 Brazilian federal universities. The results showed the performance of each of the institutions, in relation to the use of financial resources, the quality of teaching and training at the undergraduate level, the training of researchers and the scientific production developed at the graduate level. Finally, the efficiencies in relation to the general performance of federal universities, the efficiency in relation to the regional context in which these institutions are inserted, and the specialization of each one of them in relation to the performance inherent to undergraduate and postgraduate activities were analyzed.

Keywords: Higher Education, Efficiency Assessment, Network DEA, Shared Inputs.

“A utopia está lá no horizonte. Me aproximo dois passos, ela se afasta dois passos. Caminho dez passos e o horizonte corre dez passos. Por mais que eu caminhe, jamais alcançarei. Para que serve a utopia? Serve para isso: para que eu não deixe de caminhar.”

*Fernando Birri, citado por Eduardo Galeano, in
'Las palabras andantes?' de Eduardo Galeano.
publicado por Siglo XXI, 1994.*

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Definição das variáveis utilizadas nos modelos matemáticos | 81 |
| Quadro 2 - Apresentação das DMUs avaliadas..... | 83 |
| Quadro 3 - Fontes de coleta de dados..... | 86 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1 - Avaliação das Instituições de Educação Superior no Brasil | 27 |
| Figura 2 - Evolução da pós-graduação brasileira a partir do surgimento da CAPES | 32 |
| Figura 3 - Resumo das Etapas do processo de Avaliação | 35 |
| Figura 4 - Representação do modelo NDEA - estrutura em série | 47 |
| Figura 5 - Estrutura paralela | 48 |
| Figura 6 - Estrutura NDEA mista | 49 |
| Figura 7 - Estrutura Hierárquica e Estrutura Dinâmica | 49 |
| Figura 8 - Modelo NDEA de dois estágios com entrada compartilhada | 50 |
| Figura 9 - Etapas da revisão sistemática da literatura..... | 54 |
| Figura 10 - Mapa dos sistemas de ensino superior avaliados com DEA | 57 |
| Figura 11 - Estrutura da rede..... | 72 |
| Figura 12 - Linearização do problema de programação linear..... | 82 |
| Figura 13 - Eficiências das DMUs UFABC e UFSJ x Eficiência Média dos estágios..... | 96 |
| Figura 14 - Eficiências das DMUs UFLA e UFSCAR x Eficiência Média dos estágios | 96 |
| Figura 15 - Eficiências das DMUs UFRJ e UFMG x Eficiência Média dos estágios | 97 |
| Figura 16 - Eficiências das DMUs UFF e UFGRS x Eficiência Média dos estágios..... | 98 |
| Figura 17 - Eficiências das DMUs UFRB e UFAC x Eficiência Média dos estágios | 99 |
| Figura 18 - Eficiência média por região brasileira | 100 |
| Figura 19 - Especialização das DMUs..... | 102 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 - Evolução das publicações de DEA no contexto do Ensino Superior..... | 55 |
| Gráfico 2 - Natureza das DMUs avaliadas..... | 61 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 - Indicadores ARWU | 39 |
| Tabela 2 - Indicadores THE..... | 40 |
| Tabela 3 - Indicadores QS | 40 |
| Tabela 4 - Ranking RUF | 43 |
| Tabela 5 - Parâmetros de pesquisa para a revisão sistemática de literatura | 53 |
| Tabela 6 - Principais autores identificados..... | 59 |
| Tabela 7 - Periódicos com maior número de publicações na área pesquisada | 60 |
| Tabela 8 - Variáveis frequentemente encontradas nas publicações analisadas | 63 |
| Tabela 9 - Estatística descritiva | 87 |
| Tabela 10 - Eficiências das universidades federais..... | 89 |
| Tabela 11 - DMUs destacadas no Estágio I..... | 91 |
| Tabela 12 - DMUs destacadas no Estágio II-A | 92 |
| Tabela 13 - DMUs destacadas no Estágio II-B | 93 |
| Tabela 14 - DMUs destacadas no Estágio III..... | 94 |
| Tabela 15 - Eficiência Média considerando todos os estágios anteriores | 95 |
| Tabela A1 - Detalhamento dos estudos abrangidos pela revisão de literatura | 130 |
| Tabela B1 - Dados coletados e utilizados no estudo de caso | 146 |

LISTA DE SIGLAS

AHP - *Analytic Hierarchy Process*

APCN - Apresentação de Propostas de Cursos Novos

BCC - Modelo DEA com a hipótese de retornos variáveis de escala

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CCR - Modelo DEA com a hipótese de retornos constantes à escala

CNE/MEC - Conselho Nacional de Educação / Ministério da Educação

CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CONAES - Comissão Nacional de Avaliação da Educação Superior

CPA - Comissão Própria de Avaliação / CAPES

CPC - Conceito Preliminar de Curso

CRS - *Constant Return of Scale*

CTAA - Comissão Técnica de Acompanhamento da Avaliação

CTC-ES - Conselho Técnico-Científico da Educação Superior

DEA - *Data Envelopment Analysis*

DOI - *Digital Object Identifier*

DMU - *Decision Making Units*

EAD - Ensino a Distância

ENADE - Exame Nacional de Desempenho de Estudantes

FDH - *Free Disposal Hull*

IES - Instituição de Ensino Superior

IGC - Índice Geral de Cursos

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

MEC - Ministério da Educação

MPI - *Malmquist Productivity Index*

NDEA - *Network Data Envelopment Analysis*

PNPG - Plano Nacional de Pós-Graduação

PPG - Programa de Pós-Graduação

PPL - Problema de programação linear

REUNI - Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades
Federais

RUF - Ranking Universitário Folha

SAT - *Scholastic Aptitude Test*

SFA - *Stochastic Frontier Analysis*

SBM - Slack Based Measure

SINAES - Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior

SNPG - Sistema Nacional de Pós-Graduação

VRS - *Variable Return of Scale*

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 17 |
| 1.1 | CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA | 17 |
| 1.2 | O PROBLEMA DA PESQUISA | 19 |
| 1.3 | ORIGINALIDADE DO ESTUDO..... | 20 |
| 1.4 | OBJETIVOS DA PESQUISA | 22 |
| 1.4.1 | Objetivo geral | 22 |
| 1.4.2 | Objetivos específicos..... | 23 |
| 1.5 | DELIMITAÇÃO DO ESTUDO | 23 |
| 1.6 | NATUREZA INTERDISCIPLINAR DA TESE E ADERÊNCIA AO PPSGI..... | 24 |
| 1.7 | ORGANIZAÇÃO DA TESE..... | 24 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO..... | 26 |
| 2.1 | AVALIAÇÃO DO ENSINO SUPERIOR NO BRASIL..... | 26 |
| 2.1.1 | SINAES | 26 |
| 2.1.2 | Modelo Capes de Avaliação: Avaliação da Pós-Graduação brasileira..... | 31 |
| 2.1.2.1 | Breve Histórico | 31 |
| 2.1.2.2 | O Sistema Nacional de Pós-Graduação e a metodologia avaliativa da CAPES | 33 |
| 2.2 | RANQUEAMENTO DE IES | 38 |
| 2.2.1 | Academic Ranking of World Universities (ARWU) | 39 |
| 2.2.2 | Times Higher Education - World University Rankings (THE) | 39 |
| 2.2.3 | QS World University Ranking..... | 40 |
| 2.2.4 | CWTS Leiden Ranking (LR)..... | 41 |
| 2.2.5 | Ranking Universitário Folha (RUF) | 42 |
| 3 | METODOLOGIA | 44 |
| 3.1 | ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS: CONCEITOS BÁSICOS | 44 |
| 3.2 | NETWORK DEA..... | 46 |
| 3.2.1 | Inputs Compartilhados..... | 50 |
| 4 | APLICAÇÕES DE DEA NO ENSINO SUPERIOR..... | 52 |
| 4.1 | CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS ESTUDOS ANALISADOS | 55 |
| 4.2 | ANÁLISE DE CONTEÚDO DAS PUBLICAÇÕES | 60 |
| 4.2.1 | DMUs utilizadas | 61 |
| 4.2.2 | Variáveis escolhidas | 62 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 4.2.3 | Modelos DEA encontrados e outras considerações | 67 |
| 4.2.4 | Métodos complementares..... | 68 |
| 5 | ABORDAGEM EM REDE PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DE IES | 70 |
| 5.1 | ESTRUTURA DA REDE..... | 71 |
| 5.2 | VARIÁVEIS UTILIZADAS NA ABORDAGEM MULTIESTÁGIO | 73 |
| 5.3 | CARACTERÍSTICAS E INTERRELAÇÕES INERENTES À REDE..... | 78 |
| 5.4 | FORMULAÇÕES MATEMÁTICAS | 79 |
| 6 | APLICAÇÃO DA ABORDAGEM EM REDE: ESTUDO DE CASO | 83 |
| 6.1 | UNIVERSIDADES FEDERAIS AVALIADAS | 83 |
| 6.2 | COLETA DE DADOS E ESTATÍSTICA DESCRITIVA | 85 |
| 7 | RESULTADOS..... | 88 |
| 7.1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS E ESCORES DE EFICIÊNCIA | 88 |
| 7.2 | EFICIÊNCIA NO ESTÁGIO I | 90 |
| 7.3 | EFICIÊNCIA NO ESTÁGIO II-A..... | 92 |
| 7.4 | EFICIÊNCIA NO ESTÁGIO II-B | 93 |
| 7.5 | EFICIÊNCIA NO ESTÁGIO III..... | 94 |
| 7.6 | PANORAMA GERAL | 94 |
| 7.7 | EFICIÊNCIA MÉDIA POR REGIÃO | 100 |
| 7.8 | ESPECIALIZAÇÃO DAS UNIVERSIDADES FEDERAIS | 101 |
| 7.9 | IMPLICAÇÕES GERENCIAIS | 103 |
| 8 | CONCLUSÕES | 105 |
| | REFERÊNCIAS..... | 108 |
| | APÊNDICE A - ESTUDOS CONSIDERADOS NA REVISÃO DE LITERATURA .. | 130 |
| | APÊNDICE B - DADOS COLETADOS PARA O ESTUDO DE CASO..... | 146 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

As instituições de ensino superior (IES) tem como objetivo gerar, adquirir e transferir conhecimento, desenvolvendo inovação tecnológica e formando profissionais especializados para atender aos diversos setores produtivos (KATHARAKI; KATHARAKIS, 2010). Dessa forma, essas instituições desempenham um importante papel no desenvolvimento econômico nacional (ALABDULMENEM, 2017).

Entretanto, com orçamentos cada vez mais limitados e pressionadas a atender a demanda por resultados que justifiquem o volume de investimentos necessários para seu funcionamento, essas instituições necessitam ser acompanhadas continuamente e requerem um processo de avaliação bem estruturado, em especial para verificar em que grau os recursos disponibilizados são utilizados de forma eficiente para a obtenção dos resultados desejados (SALAS-VELASCO, 2020).

Uma característica comum às IES é a sua complexidade, dadas as diferentes variáveis inerentes às múltiplas atividades por elas desenvolvidas, o que torna desafiador o processo avaliativo dentro desse contexto, exigindo-se uma visão holística e equilibrada, considerando os diversos interesses, atribuições, processos e subprocessos existentes.

A complexidade, os problemas e os desafios enfrentados por essas instituições são lembrados por Wolszczak-Derlacz (2018). A autora reforça ainda que as universidades desempenham diversas atividades, e por sua vez, possuem resultados que são difíceis de medir. Palomares-Montero e García-Aracil (2011) ratificam essa visão, ao discutir a avaliação das atividades das IES, que compreende unidades com múltiplos produtos e processos complexos, onde a perspectiva adotada depende dos objetivos da avaliação.

Soma-se a esse cenário, a demanda por acesso ao ensino superior que apresentou um expressivo crescimento na América Latina (Navas et al., 2020). Especificamente no ensino superior brasileiro, as universidades federais passaram por um processo de expansão acentuado ao longo da última década, devido a implementação do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), vigente entre os anos 2007 e 2011.

Esse processo de expansão trouxe desafios aos gestores das IES, principalmente devido ao aumento expressivo do número de alunos, funcionários técnico-administrativos e docentes, o que conseqüentemente demandou um aumento na estrutura e no financiamento das 53 universidades, em atividade na época (BRASIL, 2009), que participaram do programa.

Recentemente, o crescimento significativo dessa estrutura universitária, acompanhado pelos sucessivos cortes nos orçamentos das universidades federais, devido a situação fiscal do país, agravado pelo estabelecimento do teto dos gastos públicos, isto é, pelos limites individualizados para as despesas primárias estabelecidos pela Emenda Constitucional n.º 95, aprovada em 13 de dezembro de 2016, que vigorará por vinte exercícios financeiros (BASSI, 2018), demanda dos gestores um equilíbrio entre o uso dos recursos cada vez mais escassos e a necessidade de resultados compatíveis com os valores que financiam essas instituições.

Dessa forma, entende-se como importante estabelecer uma abordagem avaliativa que analise o desempenho das IES e auxilie na proposição de melhorias para o uso eficiente dos seus recursos, e ainda, abranja as peculiaridades desse cenário em que essas instituições estão inseridas, como sua complexidade e especificidades, além das múltiplas atividades que são desempenhadas. Nesse sentido, propõe-se o uso da análise envoltória de dados (DEA), como ferramenta capaz de contribuir com o processo de avaliação do ensino superior brasileiro.

Como pode ser visto no trabalho de Liu et al. (2013), existe uma variedade de campos de pesquisas que usam DEA. Dentre eles podemos verificar aplicações nas áreas educacional, bancária, logística, agricultura, hospitalar, entre outros. As aplicações de DEA independem da natureza das unidades avaliadas. Entretanto, Agasisti e Johnes (2009) afirmam que a análise envoltória de dados é um instrumento adequado para a avaliação no setor público, uma vez que, por se tratar de um método não paramétrico, não exige uma forma funcional da função de produção. Além disso, é projetado especificamente para se ajustar a um contexto composto por organizações tipicamente complexas, com muitos insumos e muitos produtos, e com objetivos heterogêneos.

Essas características mencionadas no parágrafo anterior são de igual forma inerentes ao contexto do ensino superior, conforme explicam Agasisti e Ricca (2016), uma vez que, segundo os autores, o mesmo apresenta uma natureza multidimensional e as organizações que nele atuam são extremamente complexas. As instituições buscam atingir uma ampla gama de metas simultaneamente, tentando produzir uma combinação de ensino e pesquisa utilizando diversos recursos, especialmente financeiros e humanos (como funcionários e estudantes).

Dadas essas características, o estudo propõe a adoção de um método multiestágio, conhecido como Network DEA ou NDEA (FÄRE; GROSSKOPF, 2000), um avanço em relação aos métodos clássicos de DEA, que permite a análise dos subprocessos existentes. Assim, a abordagem NDEA considera as complexidades internas de um sistema, como é o caso das instituições de ensino superior. Consequentemente, o método auxiliará na análise conjunta das diferentes perspectivas e atividades desempenhadas por essas instituições.

1.2 O PROBLEMA DA PESQUISA

Esta pesquisa foi realizada a partir da compreensão da importância do papel das instituições de ensino superior para a sociedade, sua dimensão e desafios como: os orçamentos expressivos, porém em geral insuficientes; sua natureza complexa, que envolve o uso de diversos recursos e apresenta como resultado uma variedade de produtos e serviços; e ainda, a importância das mesmas para o desenvolvimento social e econômico do país.

Naturalmente, pelas características mencionadas e pelo significativo número de publicações encontradas na literatura científica, verifica-se um grande interesse em relação a como avaliar essas instituições, de maneira a considerar todos os aspectos ambientais envolvidos, e, ainda, como tratar essas informações para otimizar seus principais processos e subprocessos, contribuindo para a melhoria da imagem institucional e do nível de atratividade para admissão de novos estudantes e docentes.

Muitos estudos têm se dedicado a buscar metodologias capazes de avaliar e/ou classificar as instituições de ensino superior através de *rankings*, principalmente valendo-se de métodos quantitativos que visam refletir o seu desempenho por meio de índices. Sabe-se que o uso desses índices pode auxiliar os gestores, estudantes e potenciais candidatos a criar uma expectativa sobre o desempenho de determinada IES em relação a seus pares, com base em critérios pré-definidos, facilitando o processo de uma possível tomada de decisão.

Destaca-se ainda que, desde o ano de 2004, o ensino superior brasileiro é acompanhado continuamente por meio do Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Superior (SINAES). Apesar de também propor uma avaliação institucional, o enfoque desse sistema de avaliação destaca-se pela verificação do desempenho dos estudantes e dos cursos de graduação oferecidos pelas IES nacionais. Por outro lado, a pós-graduação brasileira recebe um tratamento diferenciado, e seus programas são avaliados constantemente, em períodos pré-definidos, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), através de uma metodologia, que, por sua vez, não está totalmente integrada com o SINAES.

Buscando contribuir com o atual sistema de avaliação de ensino superior brasileiro, o presente estudo tem como intuito propor uma abordagem avaliativa, visando analisar a eficiência de universidades federais brasileiras e abrangendo diversas atividades desenvolvidas por essas instituições. A avaliação será feita levando em conta variáveis que reflitam principalmente as atividades de graduação e pós-graduação desenvolvidas, com o intuito de aproximar ainda mais o SINAES e o Modelo Capes de Avaliação e possibilitar um panorama mais completo do desempenho das instituições federais de ensino superior.

Cabe ressaltar que a obtenção das eficiências universitárias se dará a partir do uso de uma técnica não paramétrica multiestágio. A escolha dessa técnica possibilita considerar as universidades como um sistema conectado, onde são identificados subprocessos ligados a diferentes atividades, formados por variáveis de entrada (recursos), variáveis intermediárias e variáveis de saída (resultados alcançados), possibilitando uma análise mais ampla com resultados mais consistentes em relação a modelos DEA tradicionais, que não consideram os subprocessos existentes.

Ressalta-se, que a proposta de avaliar as universidades através de um método quantitativo, deve ser tratada como complementar à avaliação existente. O objetivo principal é propor um aperfeiçoamento da metodologia atual através da visão da universidade como um sistema interligado, e ainda, fornecer um índice capaz de refletir a eficiência universitária e subsidiar o processo de tomada de decisão pelos membros da comunidade universitária.

Nesse sentido, Burlamaqui (2008) ressaltava as noções de multidimensionalidade e complexidade, que são características inerentes ao ambiente de uma IES, e defende uma visão integrada da própria realidade multifacetada da IES, com análises quantitativas e qualitativas, sendo performadas de forma conjunta na aferição do desempenho institucional.

Por fim, pretende-se que os resultados dessa pesquisa respondam a seguinte questão: Como o uso de uma abordagem multiestágio pode contribuir para a avaliação de IES, considerando-as como instituições complexas que desempenham diferentes atividades?

1.3 ORIGINALIDADE DO ESTUDO

As atuais metodologias avaliativas do ensino superior brasileiro tendem a afastar as atividades de graduação, tradicionalmente mais ligadas ao ensino, das atividades desenvolvidas pela pós-graduação, responsável majoritariamente pelo desenvolvimento da pesquisa científica e inovação.

Uma das propostas dessa pesquisa é aproximar diversas atividades desenvolvidas pelas instituições universitárias, com a proposta de uma abordagem avaliativa mais ampla, que contribua para o aperfeiçoamento dos modelos hoje existentes, detalhados na subseção 2.1, propondo um olhar mais abrangente dessas instituições complexas e munindo os gestores com informações capazes de melhorar o processo decisório.

Nesse sentido, o estudo de Qin, Zhang e Zhu (2018) ressaltava que existe uma carência de estudos que levem em consideração a forte ligação entre as atividades de ensino e pesquisa. Os autores lembram ainda que a maioria dos estudos de avaliação de ensino e pesquisa existentes são realizados a partir de uma perspectiva desconectada.

Outro ponto que merece ser ressaltado é a revisão sistemática da literatura, proposta na seção 4, composta por mais de 250 artigos científicos publicados em revistas indexadas a importantes bases de conhecimento. Essa revisão preenche uma lacuna importante, uma vez que não foram encontradas revisões similares dispostas a analisar estudos dedicados à avaliação de eficiência no ensino superior com a utilização da análise envoltória de dados.

Por meio dessa revisão sistemática de literatura foi possível identificar que, ainda que exista na literatura científica internacional um grande número de estudos que apliquem a análise envoltória de dados no contexto do ensino superior, no Brasil o assunto ainda não foi tratado de forma aprofundada, sendo possível encontrar uma margem para expandir as discussões em estudos que empreguem DEA para avaliar as universidades brasileiras, em especial, propondo uma contribuição às metodologias oficiais de avaliação e envolvendo diferentes variáveis que sejam capazes de refletir as principais atividades desempenhadas pelas IES.

Os resultados da revisão ainda apontam que a abordagem NDEA foi pouco utilizada na avaliação do ensino superior nacional, e mesmo considerando a literatura internacional, não são muitos os estudos que utilizam o método para a avaliação de IES.

O desenvolvimento de uma abordagem avaliativa que utiliza Network DEA, baseada em uma estrutura composta por três estágios e que considera ao longo dos subprocessos, diversos recursos compartilhados entre as diferentes atividades performadas pelas universidades (alguns recursos são comuns tanto ao desenvolvimento das atividades da graduação, como das atividades desenvolvidas na pós-graduação), também contribui para tornar essa pesquisa original, uma vez que não se tem conhecimento de outro estudo que utilize três *inputs* compartilhados (*shared inputs*) no mesmo modelo em uma abordagem em rede aplicado à educação superior.

A alocação da parte correspondente a determinados recursos em cada um dos diferentes subprocessos do modelo auxilia a abordagem avaliativa a reproduzir as relações complexas inerentes ao cenário analisado. Cabe destacar ainda que a referida abordagem NDEA inclui restrições aos pesos, concedendo flexibilidade ao tomador de decisões, ao permitir que sejam atribuídos limites máximos e mínimos para a distribuição dos recursos entre as diferentes atividades.

É necessário esclarecer ainda, que essa pesquisa se propõe a contribuir com as atuais metodologias de avaliação do ensino superior brasileiro e, ao invés de propor uma mudança radical do modelo existente no país, tem como objetivo, representar um avanço no entendimento do funcionamento dessas instituições e, ainda contribuir com informações

essenciais para a comunidade acadêmica, fortalecendo o processo de tomada de decisão por parte dos gestores envolvidos, na busca pela sustentabilidade institucional.

Além disso, ressalta-se que, com a obtenção de índices de eficiência resultantes da aplicação da abordagem avaliativa proposta em um estudo de caso, será possível verificar o desempenho das universidades federais brasileiras para cada estágio definido, identificando quais as atividades priorizadas pelas mesmas e quais demandam melhorias.

Também é possível, através das análises decorrentes dos resultados obtidos na aplicação da abordagem avaliativa, verificar o desempenho geral das universidades federais. Nesse sentido, destaca-se que esta tese propôs que o desempenho geral seja analisado a partir do cálculo da eficiência média de todos os estágios da rede proposta. Dessa forma é possível levar em toda a estrutura em rede, sem ignorar o desempenho das universidades nos estágios internos.

A proposta de uma abordagem NDEA pode ser vista como uma alternativa de ponto de conexão entre a proposta do SINAES e o modelo de avaliação da CAPES, possibilitando a inclusão de importantes variáveis encontradas em outros estudos ou em propostas de ranqueamento de universidades.

Por fim, considera-se que o objetivo dessa pesquisa, inserida em um programa de Sistemas de Gestão, é contribuir com a proposição de uma abordagem avaliativa composta por variáveis que reflitam a complexidade do cenário do ensino superior e que auxilie na proposta de melhorias institucionais através da análise dos resultados fornecidos. Em vista disso, o uso de DEA deve ser visto como um facilitador no processo de avaliação do ensino superior, tendo como foco a proposta de uma abordagem avaliativa e a sua aplicação a partir de dados de universidades brasileiras.

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.4.1 Objetivo geral

Propor uma abordagem avaliativa multiestágio, utilizando Network DEA, com posterior aplicação, que contribua com as metodologias de avaliação do ensino superior existentes, possibilitando englobar variáveis inerentes às diversas atividades de graduação e pós-graduação desenvolvidas pelas IES e a complexidade dessas instituições, de forma a avaliar quantitativamente o seu desempenho, através da determinação de índices de eficiência para cada unidade considerada.

1.4.2 Objetivos específicos

- i. definir as principais variáveis inerentes às atividades desempenhadas pelas instituições de ensino superior, através de revisão na literatura e do estudo de outras metodologias de avaliação conhecidas;
- ii. construir uma estrutura em rede (NDEA), com base nas variáveis definidas, capaz de auxiliar no processo de avaliação das universidades brasileiras, considerando o desempenho de suas atividades principais;
- iii. estabelecer o modelo matemático que possibilitará a determinação de eficiência no cenário das instituições de ensino superior brasileiras;
- iv. determinar a eficiência das universidades federais brasileiras, por meio da aplicação da abordagem em rede desenvolvida.

1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O presente trabalho propõe uma abordagem para a avaliação de instituições de ensino superior, com um foco dirigido especificamente às instituições públicas brasileiras. Pretende-se que a análise considere os elementos que as caracterizam, as diferenças entre elas e a complexidade nesse cenário. Considerando isso, não é possível afirmar que a metodologia proposta poderá ser replicada em um cenário que englobe instituições de ensino superior estrangeiras. Certamente, devido a diferenças no meio ao qual estão inseridas, como por exemplo, financiamento, natureza e especificidades, nível de produção científica, tempo e prêmios recebidos, uma avaliação em sistemas de ensino superior de outros países poderia demandar a uma significativa adaptação na abordagem NDEA proposta nesse estudo.

Outro ponto a ser mencionado é que a aplicação da abordagem avaliativa ao final da pesquisa restringe-se a avaliação das universidades federais brasileiras, ou seja, universidades públicas, mantidas pela União e dedicadas a oferecer apenas cursos de graduação e pós-graduação, diferentemente do que acontece nos Institutos Federais, que englobam educação profissional e tecnológica nas diferentes modalidades de ensino (BRASIL, 2008a). Essa opção por selecionar apenas as universidades federais garante uma amostra mais enxuta e homogênea, dada a similaridade de objetivos institucionais, e considera também maior facilidade no acesso às informações necessárias à aplicação da metodologia, ainda que na abordagem proposta seja possível considerar outros tipos de instituições de ensino superior.

Cabe ressaltar ainda que a aplicação proposta da abordagem em rede envolve apenas parte das universidades federais brasileiras, devido a indisponibilidade de dados, e refere-se

especificamente ao desempenho no ano de 2016, uma vez que, a opção por anos posteriores diminuiria consideravelmente a amostra analisada.

Por fim, ressalta-se que a proposta de avaliação de eficiência deverá funcionar em conjunto com as avaliações qualitativas existentes, de forma a não enviesar a análise a fatores ligados exclusivamente à produtividade e economicidade, ignorando a polivalência dessas instituições e conduzindo a problemas na qualidade dos serviços prestados pelas mesmas, reduzindo a importância e a função social da universidade.

1.6 NATUREZA INTERDISCIPLINAR DA TESE E ADERÊNCIA AO PPSIG

A interdisciplinaridade pode ser vista como um processo cooperativo, organizado a partir de um pressuposto comum, inerente a um conjunto de disciplinas conexas, onde pesquisadores buscam estabelecer pontes entre domínios correlatos para obter avanços do conhecimento sobre fenômenos complexos (KENDAL; MACKINTOSH, 1979).

Nesse mesmo sentido, Coimbra (2000) explica as variações da disciplinaridade, assim como destaca, a partir da ótica do conhecimento, que o interdisciplinar refere-se a um tema, objeto ou abordagem onde duas ou mais disciplinas intencionalmente estabelecem nexos e vínculos entre si para alcançar um conhecimento mais abrangente, ao mesmo tempo diversificado e unificado. O autor ainda destaca que nesse processo cada disciplina, ciência ou técnica mantém a sua própria identidade, conserva sua metodologia e observa os limites dos seus respectivos campos.

Dessa forma, a fim de alcançar um conhecimento mais abrangente, diversificado e único, este estudo fundamenta-se em conceitos de Pesquisa Operacional, Gestão, em especial Gestão Pública, e Educação. Caracteriza-se como uma pesquisa interdisciplinar, uma vez que para entender e propor avanços ao fenômeno complexo inerente à avaliação em instituições de ensino superior, buscou-se o diálogo entre diferentes disciplinas, baseado na literatura, que por si só, analisa o problema sob diferentes lentes.

É possível verificar no capítulo referente à revisão de literatura (seção 4) que a aplicação do método DEA, dentro do contexto do ensino superior, já foi abordada por artigos vinculados a diferentes áreas do conhecimento, como por exemplo, Economia (em especial, Econometria), Administração, Educação, Psicologia e Engenharias.

1.7 ORGANIZAÇÃO DA TESE

Essa tese está estruturada em oito seções, sendo essa introdução a primeira delas. Essa introdução oferece um panorama geral do cenário tratado nesse estudo, o problema, a originalidade, os objetivos, a delimitação da pesquisa e a natureza interdisciplinar da tese.

A segunda seção, referente à fundamentação teórica, trata de temas como as metodologias avaliativas oficiais em vigência no ensino superior brasileiro e os principais ranqueamentos acadêmicos.

Na terceira seção desta tese são abordados os conceitos inerentes aos modelos de análise envoltória de dados, incluindo a abordagem NDEA, e de *inputs* compartilhados. O entendimento desses temas é fundamental para o desenvolvimento da pesquisa.

A seção quatro refere-se a revisão sistemática de literatura proposta, na qual foi possível, por meio da análise de 258 artigos, identificar importantes características dos estudos que aplicam DEA no contexto do ensino superior, dentre as quais, as principais variáveis utilizadas pelos autores.

Na seção cinco, o processo para o desenvolvimento da abordagem avaliativa multiestágio proposta é detalhado, onde primeiramente a estrutura em rede é apresentada, juntamente com os estágios que a compõem. Logo depois, propõe-se um debate sobre a função de cada variável nos estágios nos quais participam e suas interrelações na rede, e por fim, a definição do modelo matemático usado para o cálculo das eficiências.

A seção seis trata do estudo de caso proposto, onde são apresentadas as universidades federais que serão avaliadas, as estatísticas descritivas para cada instituição, referentes às onze variáveis utilizadas, e, por fim, detalhes sobre o processo de coleta desses dados.

A seção sete apresenta os resultados inerentes à aplicação da abordagem avaliativa proposta e algumas discussões em relação a determinadas DMUs que se destacam. Nessa seção também propõe-se a discussão a respeito das eficiências relacionadas ao aspecto regional e a especialização das universidades de acordo com seus desempenhos inerentes às atividades de graduação e pós-graduação.

Finalmente, a seção oito refere-se às conclusões da pesquisa, suas contribuições e as perspectivas de futuros estudos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo visa apresentar conceitos teóricos inerentes às temáticas abordadas nessa tese. Com base na literatura, serão discutidos temas como as metodologias avaliativas oficiais em vigência no ensino superior brasileiro e os principais ranqueamentos acadêmicos, que têm recebido grande atenção por parte dos pesquisadores.

2.1 AVALIAÇÃO DO ENSINO SUPERIOR NO BRASIL

O ponto de partida desta fundamentação teórica trata o funcionamento de dois dos principais sistemas de avaliação do ensino superior brasileiro. O primeiro, o SINAES, visa, dentre outros fatores, assegurar a qualidade dos cursos e instituições de educação superior no país. A segunda metodologia avaliativa, o sistema de avaliação da CAPES, monitora o desempenho dos programas de pós-graduação *stricto sensu* no Brasil.

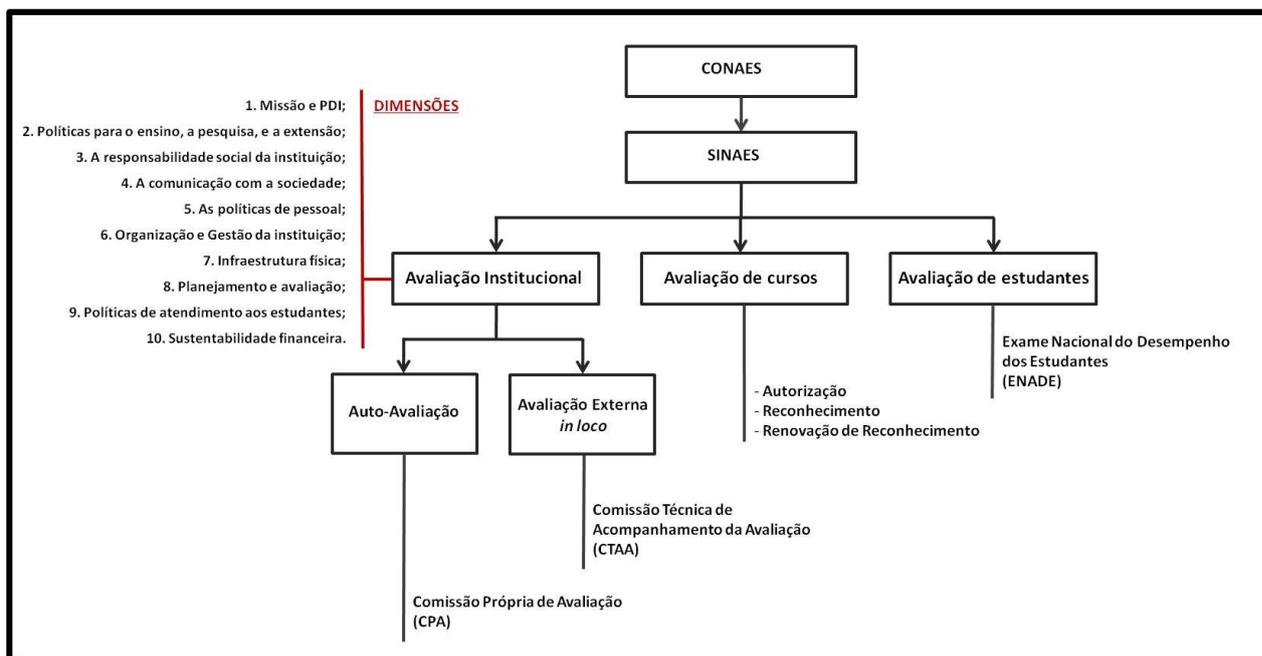
2.1.1 SINAES

Polidori (2009) propõe uma divisão para o desenvolvimento do processo avaliativo no Brasil, considerando quatro diferentes ciclos. O quarto ciclo, no qual estamos atualmente, inicia-se a partir do ano de 2004, quando o ensino superior brasileiro passou a ser avaliado pelo SINAES, que surgiu como uma proposta de ser um norteador dos diversos modelos institucionais (CASTRO et al., 2018).

Esse sistema está estruturado a partir de três componentes principais: a avaliação das instituições de ensino superior, a avaliação dos cursos oferecidos por essas instituições e o desempenho acadêmico de seus estudantes. Sua finalidade é buscar a melhoria na qualidade da educação superior nacional, orientar a expansão da sua oferta, o aumento permanente da sua eficácia institucional e efetividade acadêmica e social, com o compromisso de promover a valorização da missão pública das IES, os valores democráticos, o respeito à diferença e à diversidade, a afirmação da autonomia e da identidade institucional (BRASIL, 2004b).

Com o objetivo contribuir com o processo avaliativo realizado pelo SINAES, foi instituída a Comissão Nacional de Avaliação da Educação Superior (CONAES), um órgão colegiado composto por diversos atores da comunidade acadêmica e responsável pelas diretrizes referentes à avaliação das instituições, dos cursos e do desempenho de estudantes.

Como afirmam Pereira et al. (2018), um mapa conceitual, como o apresentado de maneira bem sintetizada através da Figura 1, pode facilitar o entendimento de um sistema de avaliação complexo como é o caso do sistema vigente no Brasil.

Figura 1: Avaliação das Instituições de Educação Superior no Brasil

Fonte: INEP.

A Figura 1 ilustra, de maneira resumida, o processo de avaliação do ensino superior brasileiro, após a instituição do SINAES. Fica evidente a estruturação desse processo em três componentes básicos. São eles:

I) Avaliação Institucional: O inciso primeiro do artigo 2 da lei 10.861/2004 (BRASIL, 2004b) menciona a Avaliação Institucional como um dos pilares do SINAES, com o objetivo de identificar o perfil das IES e o significado de sua atuação, por meio de suas atividades, cursos, programas, projetos e setores, considerando as diferentes dimensões institucionais, listadas na Figura 1. A avaliação Institucional abrange dois caminhos diferentes para a avaliação dessas instituições: a) A Avaliação Interna (ou Autoavaliação), realizada pela própria IES, e conduzida por uma comissão responsável por coordenar e articular o seu processo interno de avaliação e disponibilizar informações. Trata-se da Comissão Própria de Avaliação (CPA), devidamente cadastrada no Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) e composta obrigatoriamente por representantes de todos os segmentos da comunidade universitária e, também, outros representantes da sociedade civil organizada. Destaca-se ainda que a Avaliação Interna é caracterizada por ser um processo contínuo, onde a IES busca construir conhecimento sobre sua própria realidade, que dentre tantas atividades induz à identificação de pontos fracos, bem como pontos fortes e potencialidades, e ainda possibilita estabelecer estratégias de superação de problemas

(BRASIL, 2004c); e b) A Avaliação Externa (*in loco*) é conduzida por membros externos, pertencentes à comunidade acadêmica e científica, reconhecidos pelas suas capacidades em áreas específicas. Tem como objetivo contribuir para o autoconhecimento e aperfeiçoamento das atividades desenvolvidas pela IES e auxilia na revisão do trabalho realizado pela CPA, identificando acertos e possíveis equívocos, indicando pontos fortes e debilidades institucionais através de críticas e propostas de melhorias e sugerindo possíveis medidas a serem tomadas, seja diretamente para a IES ou aos órgãos competentes do Ministério da Educação (MEC) (BRASIL, 2004c).

II) Avaliação de Cursos: De maneira similar à avaliação externa discutida anteriormente, a avaliação dos cursos de graduação das instituições de ensino superior é realizada por Comissões Externas de Avaliação, designadas pelo INEP e compostas por especialistas das respectivas áreas de conhecimento. A Portaria Nº 2.051, de 9 de julho de 2004, que tem por objetivo regulamentar o SINAES, ressalta que essas Comissões deverão basear seus trabalhos em informações da seguinte natureza: I - o perfil do corpo docente; II - as condições das instalações físicas; III - a organização didático-pedagógica; IV - o desempenho dos estudantes no ENADE; V - os dados do questionário socioeconômico preenchido pelos estudantes; VI - os dados do Censo da Educação Superior e do Cadastro Geral das Instituições e Cursos; e VII - outros considerados pertinentes pela CONAES (BRASIL, 2004a). Destaca-se ainda que o Instrumento de Avaliação de Cursos de Graduação do SINAES, estrutura o processo avaliativo em três categorias principais: Organização didático-pedagógica; Corpo Docente e Tutorial e Instalações Físicas. Por fim, destaca-se que a avaliação dos cursos de graduação é realizada para os cursos presenciais e a distância, abrangendo bacharelados, licenciatura e cursos tecnólogos, e subsidia os processos de regulação e supervisão dos cursos: Autorização, Reconhecimento e Renovação de reconhecimento, que são realizados pela Comissão *in loco* e por comissões de Avaliação Institucional (PEREIRA; ARAÚJO; MACHADO, 2015).

III) Avaliação dos estudantes: A Lei 10.861/2004 estabelece que o INEP é o responsável pela realização da avaliação do desempenho dos estudantes das IES, mediante a aplicação do Exame Nacional do Desempenho dos Estudantes, amplamente conhecido como ENADE. O exame é considerado um componente curricular obrigatório, composto por quatro instrumentos: a prova; o questionário de impressões dos estudantes sobre a prova; o questionário do estudante; e o questionário do coordenador do curso. Seu intuito é avaliar o

estudante em relação aos conteúdos programáticos, suas habilidades para o ajustamento às exigências decorrentes da evolução do conhecimento e suas competências para compreender temas exteriores ao âmbito específico da profissão (BRASIL, 2004b). Feldmann e Souza (2016) destacam que, a princípio, o ENADE avaliava o rendimento dos alunos de graduação ingressantes - estudantes que tenham de 0 (zero) a 25% (vinte e cinco por cento) da carga horária mínima do currículo do curso integralizada até o último dia do período de retificação de inscrições - e dos alunos de graduação concluintes - que tenham integralizado um percentual da carga horária mínima do currículo, entre 75% e 80% do curso ou cumprido exigências relativas aos critérios estabelecidos pelo MEC de acordo com a natureza do seu curso. Entretanto, nas últimas edições, salientam os autores, o exame tem sido aplicado apenas para os estudantes concluintes. Segundo a Portaria Normativa nº. 840/2018 (BRASIL, 2018a), o ENADE deverá ser realizado todos os anos, em conformidade com as áreas de avaliação do ciclo avaliativo trienal, competindo ao INEP indicar a relação das áreas de avaliação que compõem o calendário anual de provas. Frisa-se ainda que a Portaria Normativa nº. 840/2018 determina que o processo de inscrição dos estudantes é de responsabilidade exclusiva da IES, via coordenação do curso, e que participarão do exame apenas os estudantes que, devidamente habilitados pela IES, forem convocados pelo INEP.

Algumas considerações finais precisam ser tecidas em relação ao SINAES, em especial, as críticas ao referido sistema de avaliação. Verhine (2015) destaca que o SINAES, ainda que construído com base em um relatório bem fundamentado, composto por especialistas renomados na área e aperfeiçoado em relação a experiências avaliativas anteriores, tem espaço para análises críticas e reflexões a respeito do seu processo de implementação, buscando subsídios para aperfeiçoamentos necessários.

Felix et al. (2017) destaca que o ciclo avaliativo iniciado pelo SINAES propôs, a princípio, um modelo da avaliação institucional emancipatória, possibilitando o desenvolvimento de uma política de avaliação consistente com sua própria realidade, entretanto, ao longo do tempo perdeu-se um pouco do seu caráter emancipatório, passando a apresentar um viés mais técnico e legal.

Botelho et al. (2014) salienta que é desejável um processo avaliativo menos fracionado, englobando características marcantes das IES como sua identidade institucional, o seu entorno social e a diversidade do sistema, além de seus pontos fortes e fracos com vistas a construir caminhos de mudanças e transformações, produzindo valor para toda comunidade acadêmica e indiretamente toda sociedade. Nesse mesmo sentido, Scaglione e Costa (2011)

ressaltam a distorção causada por indicadores que tentam simplificar o processo avaliativo e ignoram a diversidade regional e a relevância dos resultados da IES para a sociedade.

Podemos verificar também algumas críticas em relação à forma com que o ENADE é conduzido, em relação a sua obrigatoriedade, por exemplo (RISTOFF; GIOLO, 2006) e o seu caráter trienal (FELDMANN; SOUZA, 2016), uma vez que, segundo os autores, a periodicidade estabelecida para cada curso, faz com que a avaliação não seja totalmente eficaz, pois o estudante que a realiza no primeiro ciclo, não é necessariamente o mesmo no ciclo final, o que dificulta a análise do processo de aprendizagem.

Salienta-se ainda a existência de indicadores de qualidade, calculados pelo INEP, com base nos resultados do ENADE e demais insumos constantes das bases de dados do MEC. Incluem-se nesse caso o Conceito Preliminar de Curso (CPC), indicador de qualidade para cursos de graduação e o Índice Geral de Cursos Avaliados da Instituição (IGC), indicador mais abrangente, que reflete a qualidade das instituições de ensino superior, calculado considerando a média dos conceitos dos cursos de graduação (CPC) em cada IES e de indicadores relativos aos programas de pós-graduação. Ambos indicadores foram instituídos por meio da Portaria Normativa no 12, de 05 de setembro de 2008 (Brasil, 2008b).

Esses indicadores também não são consenso no debate educacional e apresentam algumas fragilidades. Por exemplo, em relação ao CPC, Ikuta (2016) aponta que a emergência da instituição do CPC rendeu diversos questionamentos envolvendo a construção, o cálculo do indicador e as implicações das escolhas metodológicas para a definição de seus componentes. Relata ainda, que as mudanças na metodologia de cálculo e os critérios de seleção e ponderação das variáveis geram questionamentos, dentre eles a respeito da consistência técnica do indicador e também sobre a comparabilidade dos resultados. Outros pontos levantados pela autora são a homogeneização excessiva das notas, que inviabiliza análises acerca de algumas especificidades de cada curso avaliado, e uma possível subjetividade de indicadores que compõem o índice, como a alta participação das respostas dos estudantes na nota final. Problemas também são atribuídos ao IGC. Lima et al. (2020) menciona que avaliar a qualidade das universidades públicas federais pelo IGC, da forma na qual está composto, não capta e representa bem a realidade das instituições e seus cursos, em especial em termos de graduação.

A partir dessas considerações, verificam-se lacunas para possíveis melhorias no processo avaliativo brasileiro, assumindo, em especial, a proposta de uma avaliação cujo resultado represente uma aproximação entre as atividades de graduação e pós-graduação, e

que contorne possíveis problemas de atribuição de pesos arbitrários e isenta de fatores que possam tornar o processo avaliativo excessivamente subjetivo.

2.1.2 Modelo Capes de Avaliação: Avaliação da Pós-Graduação brasileira

Esta subseção tem como objetivo esclarecer como funcionam as principais engrenagens do Sistema Nacional de Pós-Graduação (SNPG) e abordar o funcionamento da metodologia avaliativa orientada pela CAPES, responsável por todo esse processo. Cabe destacar que o processo de avaliação em questão está em constante aperfeiçoamento e recorrentes mudanças nas normas e diretrizes que o regulam devem ser observadas.

2.1.2.1 Breve Histórico

Ainda pouco estruturada e inicialmente sob a forma de comissão, o Decreto nº. 29.741 (BRASIL, 1951), cria a CAPES, com dois objetivos principais: garantir o desenvolvimento de força de trabalho especializada em quantidade e qualidade suficientes para atender as instituições de natureza pública e privada, de forma a fomentar o desenvolvimento econômico do país; e oferecer acesso a oportunidades de aperfeiçoamento aos indivíduos sem condições de financiá-los com recursos próprios. O órgão, subordinado ao Ministério de Educação e Cultura foi idealizado pelo educador Anísio Teixeira, que esteve no seu comando entre os anos de 1951 e 1964 (BRASIL, 2011; VOGEL, 2015).

No mesmo ano da criação da Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (atual CAPES), foi criado o CNPQ, entidade governamental específica para promover e fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico do País e contribuir na formulação das políticas nacionais de ciência e tecnologia (BRASIL, 2002). Juntos, CNPQ e CAPES firmam um compromisso com a formação de pesquisadores e docentes de alto nível, o primeiro dando suporte e fomento a pesquisadores e às linhas de pesquisa nas IES e a segunda dando suporte aos programas de pós-graduação brasileiros (CURY, 2009).

Em 1965, o Parecer nº 977/65 emitido pelo extinto Conselho Federal de Educação, na figura do conselheiro Newton Sucupira, constitui um aspecto importante do processo histórico de pós-graduação brasileira (SÁ BARRETO; DOMINGUES; BORGES, 2014), implantando de maneira formal os cursos de pós-graduação e instituindo os cursos de mestrado e doutorado no Brasil, segundo o modelo de uma nova concepção de universidade, oriundo dos países mais desenvolvidos. Em outras palavras, o instrumento foi responsável por conceituar e normatizar a pós-graduação nacional (BRASIL, 2011).

No ano de 1975, inicia-se o primeiro Plano Nacional de Pós-Graduação (PNPG), um importante instrumento na orientação de políticas públicas para o desenvolvimento da pós-graduação brasileira, dada a evolução do processo de sua expansão até aquele momento, considerado parcialmente espontâneo e até certo ponto desordenado.

O I PNPG propôs um planejamento estatal para o processo de expansão vindouro. Assim, algumas diretrizes foram estabelecidas: garantia de financiamento estável para a pós-graduação; proposta para elevar os padrões de desempenho em relação àqueles vigentes; e planejamento da expansão, tendo em vista uma estrutura mais equilibrada entre áreas e regiões (BRASIL, 2010).

Já no ano de 1976, como lembram Furtado e Hostins (2014), a CAPES iniciou a implementação de um Sistema de Avaliação da Pós-Graduação. A periodicidade da avaliação nesse primeiro modelo estabelecido era anual. Com o tempo, o período foi sendo estendido, assumindo um caráter bienal a partir de 1984 até o ano de 1998, quando esse intervalo entre as avaliações passou a ser de três anos. Na avaliação realizada em 2014, o intervalo foi aumentado e o procedimento atualmente passou a ser quadrienal.

Quanto à classificação dos programas de pós-graduação, ao longo da história do processo avaliativo da CAPES, são observadas duas escalas distintas. A primeira, vigente entre 1976 à 1997, propunha uma escala alfabética de A a E, sendo que os melhores programas eram contemplados com o conceito A. A partir de 1997 até a última avaliação realizada, vigora uma escala numérica de 1 a 7, onde os programas que obtêm os conceitos 1 e 2 passam a não ser mais autorizados pelo Conselho Nacional de Educação (CNE/MEC) a conceder títulos de mestre e doutor. A nota 3 significa desempenho regular, a nota 4 é considerada um bom desempenho e a nota 5 é atribuída a programas bem consolidados. Por fim, os conceitos 6 e 7 justificam um programa de alto padrão internacional (BRASIL, 2011). A Figura 2 representa de maneira resumida alguns dos principais marcos da pós-graduação brasileira desde a criação da CAPES.

Figura 2: Evolução da pós-graduação brasileira a partir do surgimento da CAPES.



2.1.2.2 O Sistema Nacional de Pós-Graduação e a metodologia avaliativa da CAPES

Os programas de pós-graduação que compõem o Sistema Nacional de Pós-Graduação são avaliados e reconhecidos pela CAPES. Lievore, Picinin e Pilatti (2017) afirmam que a pós-graduação brasileira, de forma estratégica, atua no desenvolvimento científico do País e destaca-se pelo rigoroso sistema de avaliação e reconhecimento dos seus programas.

Consonante a essa afirmação, ao longo das últimas décadas, é possível perceber a complexidade do processo avaliativo nesse cenário, dado o crescimento expressivo do número de Programas de Pós-Graduação (PPG). Em 1965, existiam apenas 27 cursos de mestrado e 11 cursos de doutorado em todo país. No ano de 2019, o número de cursos de pós-graduação estava próximo de alcançar a marca dos 7000, sendo 3.662 mestrados acadêmicos, 824 mestrados profissionais, 2.423 doutorados e 36 doutorados profissionais.

A Avaliação do Sistema Nacional de Pós-Graduação, na forma como foi estabelecida em 1998, é orientada pela Diretoria de Avaliação da CAPES (Brasil, 2014) e propõe o agrupamento dos cursos de mestrado e doutorado brasileiros, de acordo com as áreas de conhecimento na qual estão inseridos, na tentativa de assegurar a qualidade dos mesmos. Nesse novo modelo, os cursos de mestrado e doutorado deixam de ser vistos de maneira isolada e cria-se a ideia de programa como a unidade básica de pós-graduação. Participam desse processo a comunidade acadêmico-científica por meio de consultores *ad hoc*.

Tendo como base a Avaliação Quadrienal 2017, que considerou o desempenho de cada programa entre os anos de 2013 e 2017, foram identificadas 49 áreas de conhecimento agregadas de acordo com critérios de afinidade, divididas dentro de 9 grandes áreas, que por sua vez estão divididas em 3 colégios principais: colégio de ciências da vida, colégio de ciências exatas, tecnológicas e multidisciplinar, e por fim, colégio de humanidades.

Cabe ressaltar que o sistema de avaliação desenhado pela CAPES é dividido em: processo de entrada, que avalia propostas de novos cursos (APCN); e processo de permanência, que propõe a avaliação periódica dos cursos de graduação, abrangendo os cursos de mestrado e doutorado e garantindo uma análise por pares, a utilização de critérios debatidos e atualizados pela comunidade acadêmico-científica a cada período avaliativo e transparência na divulgação das decisões, ações e resultados (BRASIL, 2018b).

Lievore, Picinin e Pilatti (2017) destacam ainda que os resultados dessas avaliações são apresentados de forma quantitativa, segundo as diferentes áreas do conhecimento, por meio de Relatórios de Avaliação e Documentos de Área. A CAPES menciona que os processos e resultados dos modelos de avaliação mais recentes são formados por: Fichas de Avaliação, Relatórios de Avaliação e Documentos de Área (BRASIL, 2014), que formam o

chamado Trinômio da Avaliação Quadrienal. Segue uma breve descrição dos documentos tidos como referência nesse processo:

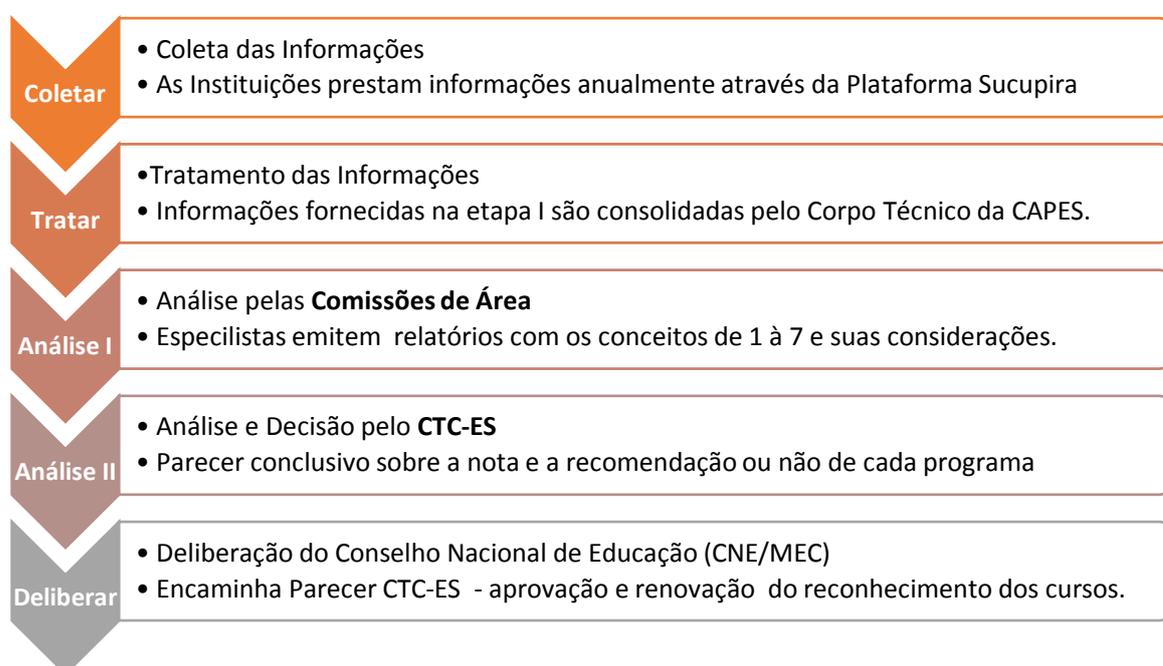
Documento de área: documento disponibilizado no sítio eletrônico da CAPES a cada período avaliativo, elaborado minuciosamente por coordenadores atuantes na área de conhecimento. Possui papel de destaque no processo de avaliação da pós-graduação, uma vez que fundamenta a avaliação dos programas *stricto sensu*, propondo os critérios e parâmetros que serão adotados. Além disso, o Documento de área da avaliação 2017 encontra-se estruturados em cinco tópicos, contendo considerações gerais sobre o estágio atual da área, considerações sobre a avaliação quadrienal, as Fichas de Avaliação que serão utilizadas no quadriênio para programas acadêmicos e profissionais, critérios de internacionalização, além de outras considerações específicas de cada área de avaliação. Em suma, nele estão descritos o estado atual, as características e as perspectivas, assim como os quesitos considerados prioritários na avaliação dos programas de pós-graduação pertencentes a cada uma das 49 áreas de avaliação. Salienta-se ainda que o referido documento possibilita aos coordenadores dos programas um norte em relação aos caminhos a serem percorridos e a direção das ações na busca por tornar-se um programa de alto padrão internacional.

Ficha de avaliação: registro do parecer a respeito de cada programa de pós-graduação avaliado. O documento é preenchido pelos diversos membros que compõem a comissão de avaliação da área, abrangendo os quesitos e pesos definidos no Documento de Área. As fichas estão divididas entre os programas acadêmicos, profissionais e em rede. Para os programas acadêmicos verifica-se que a Ficha de Avaliação apresenta três quesitos norteadores, que irão se subdividir em outros itens: Programa, que refere-se ao funcionamento, estrutura e planejamento do programa de pós-graduação em relação a seu perfil e seus objetivos; Formação, que avalia o foco na qualidade dos recursos humanos formados e Impacto, que leva em consideração os impactos gerados pela formação de recursos humanos e a produção de conhecimentos do programa (BRASIL, 2021). No caso dos programas em rede, a ficha é composta por apenas quatro quesitos que também irão subdividir-se em outros itens: avaliação da rede e suas associadas; discentes e egressos; corpo docente e; inserção social.

Relatório de Avaliação: Esse relatório é o instrumento que finaliza o trabalho de avaliação presencial e servirá para orientar a análise dos relatores, bem como a deliberação do Conselho Técnico-Científico da Educação Superior (CTC-ES) (BRASIL, 2017a). Os relatórios de

avaliação são feitos por cada área ao final do período das reuniões presenciais, trazendo considerações gerais, como critérios para classificação de periódicos, artística, de livros e de produção técnica, critérios utilizados em cada item da Ficha de Avaliação, indicadores considerados para atribuição de notas 6 e 7 e a síntese da avaliação, comparando-a com as de períodos anteriores. Ainda sobre a avaliação quadrienal, a CAPES (BRASIL, 2018b) propõe um fluxo, conforme representado pela Figura 3, que busca elucidar a sistemática de todo o processo avaliativo, de acordo com o estabelecido pela CTC-ES.

Figura 3: Resumo das Etapas do processo de Avaliação



Fonte: CAPES

Ao mesmo tempo que muitos especialistas apontam que o sistema de avaliação da CAPES contribuiu para que a pós-graduação brasileira exerça um papel de destaque no cenário internacional e atribuem como resultado dessa metodologia a expansão e o crescimento acentuado da produção científica nacional, por outro lado, é possível encontrar na literatura alguns autores que propõem uma análise crítica do modelo de avaliação mais recente e afirmam que é necessário rever a forma como essa avaliação é realizada.

Por exemplo, Fonseca (2001), ainda no início do novo processo de avaliação, após mudanças radicais adotadas pela CAPES em 1998, já assinalava a preocupação com o grande destaque atribuído à categoria "produção intelectual" pela maioria dos Comitês de Área já naquela época, questionando como promover a "circulação dos saberes" sem causar a síndrome do *publish or perish*, que dá preferência à produtividade em detrimento da

qualidade. Outro ponto abordado pela autora é a necessidade de os coordenadores do programa terem uma atitude proativa em relação aos resultados obtidos, buscando articular uma crítica ou proferir sugestões substantivas em relação ao conceito atribuído e evitando apenas submeter-se ao sistema em vez de interagir com ele.

Sguissardi (2006) discute o "Modelo Capes de Avaliação" sob a ótica do papel de regulação, controle e acreditação do Estado, e levanta importantes questões inerentes a esse processo, como as consequências para a educação superior, uma vez que o sistema privilegia a formação do pesquisador, via mensuração e avaliação excessivamente focada da produção científica, em detrimento da formação "integral" do pós-graduando. O autor ainda destaca outros aspectos positivos e negativos do modelo de avaliação, destacando críticas como: o número excessivo de indicadores quantitativos, a ausência de critérios como gastos em pesquisa, gastos com biblioteca, infraestrutura e apoio geral aos estudantes, impacto no mercado de trabalho, nível salarial, posição hierárquica e êxito em provas de especialidade dos titulados, e ainda, a dificuldade do modelo em avaliar a qualidade das dissertações e teses produzidas pelos programas.

Castro (2010) propõe uma análise crítica a respeito do funcionamento da pós-graduação no Brasil, reafirmando a necessidade em resgatar, no processo de avaliação, o debate de questões fundamentais que servem de alicerce para todo o sistema, como o sentido, a razão e os objetivos do trabalho, tendo em vista as peculiaridades da universidade, sua história, sua vocação, sua composição discente e docente, que estão sendo gradativamente esvaziados pela necessidade do pesquisador em cuidar de suas publicações, da leitura das mesmas pelos seus pares, de sua imagem e trajetória acadêmica, não se afastando da busca incessante por recursos para a pesquisa, seja sob a forma de editais, *grants* ou convênios com o setor privado. A autora ainda destaca a "cnpq-zação" dos docentes, onde vale mais estar no sistema CNPQ e credenciar-se sucessivamente nos diversos degraus como pesquisador do que aspirar aos degraus de progressão funcional universitária, que além de não trazer retornos financeiros, apenas servem para representar os pesquisadores mais antigos na universidade.

Dentre as leituras críticas mencionadas sobre a avaliação na pós-graduação, Maraschin e Sato (2013) discutem o método de avaliação por pares, e questionam até que ponto existe a autonomia das áreas de conhecimento, destacando a omissão referente às diferenças entre pesquisadores, programas de pós-graduação, CAPES e sociedade, o que compromete o papel dos membros da área de conhecimento na interferência e determinação da política de avaliação. Propõem ainda que haja algum tipo de controle social na avaliação dos programas de pós-graduação, estimulando uma participação da sociedade nesse processo.

Oliveira (2015) propõe uma discussão sobre o atual panorama da Pós-Graduação no país, com uma análise das políticas públicas na área, particularmente as ações de avaliação e fomento, e o novo *modus operandi* da organização da Pós-Graduação e da pesquisa. O estudo menciona as desigualdades na distribuição das instituições e programas de pós-graduação no espaço acadêmico, destacando que os programas com maior acúmulo de capital intelectual-científico tendem a ser privilegiados impactando diretamente sua classificação e a distribuição de recursos e vantagens acadêmicas. Os autores ainda salientam que as estratégias das áreas e dos programas ficam, em geral, condicionadas a essa posição de reconhecimento, de prestígio e de distinção acadêmica, o que explica, segundo Saviani (2010), o direcionamento dos programas em ajustar e seguir os critérios impostos na avaliação, como redução dos tempos de formação, ampliação da produção intelectual, adequação da proposta do curso, etc., em detrimento do questionamento da lógica imposta pelos órgãos oficiais para o alcance de uma formação de qualidade e para a geração de conhecimento de maior qualidade, comprometida com a transformação social.

Por fim, Alexandre Netto (2018) afirma que o modelo atual de avaliação da pós-graduação, segundo uma parte importante da comunidade científica, parece ter se exaurido e alerta para a necessidade de revisão do processo. Cita ainda algumas das principais críticas impostas a metodologia avaliativa: a) visão demasiadamente quantitativa devido à importância assumida pelo Qualis; b) hegemonia de indicadores provindos das áreas de ciências "duras", que pode não adequar-se aos distintos perfis disciplinares; c) heterogeneidade de critérios utilizados por comissões de uma mesma grande área; d) falta de mecanismos de avaliação e de apoio à interdisciplinaridade e e) dificuldade em avaliar a relevância social dos programas.

O autor ainda menciona que uma nova revisão do Sistema de Avaliação da pós-graduação nacional está sendo amadurecida, por uma das comissões nomeadas pela CAPES com vistas a aperfeiçoar o processo e atender ao anseio da comunidade científica por um novo modelo que deve ser discutido com profundidade, como já previa um dos pontos do Plano Nacional de Pós-graduação (2011-2020).

Segundo Brasil (2020), algumas mudanças significativas ocorrerão já na próxima avaliação quadrienal (2021-2024). O estabelecimento de um modelo multidimensional de avaliação será proposto para o próximo quadriênio e terá como base cinco pilares: formação de pessoal, pesquisa, inovação e transferência de conhecimento, impacto na sociedade e internacionalização.

2.2 RANQUEAMENTO DE IES

Desde 2003, quando foi publicado pelo Instituto de Educação Superior de Xangai Jiao Tong, o Ranking acadêmico de universidades do mundo, amplamente conhecido como Ranking de Xangai, contribuiu para que muitas IES demonstrassem uma maior preocupação com a avaliação de desempenho e propuseram profundas mudanças para buscar melhorias em seus processos e aumentar as possibilidades de atrair melhores alunos e professores.

Os *rankings*, que avaliam as universidades de acordo com o desempenho, vinculam suas performances a critérios pré-estabelecidos e tem se tornado cada vez mais populares ao redor do mundo (AGUILLO ET AL., 2010).

Muitos pesquisadores têm envidado esforços em entender como os diversos *rankings* funcionam, como podem colaborar com a melhoria das instituições de ensino superior e como os ranqueamentos propostos podem ter um efeito negativo nesse contexto. Bernardino e Marques (2010) e Salas-Velasco (2020) destacam que apesar de ser um assunto controverso, e todas as críticas que recaem sobre o ranqueamento acadêmico, eles estão ganhando cada vez mais força e tem provocado o interesse de toda as partes envolvidas com a universidade, dado as informações sobre o desempenho dessas instituições.

Como exemplo, Bernardino e Marques (2010) citam o caso dos estudantes, que são os primeiros a usar classificações acadêmicas com objetivo de escolher a instituição na qual irão se candidatar. Acrescenta-se que outros fatores também devem ser levados em consideração, como a localização, as instalações esportivas ou as taxas cobradas pela instituição.

Nessa mesma linha, Ganga-Contreras e Rodríguez-Ponce (2018) afirmam que os ranqueamentos fornecem informações úteis aos alunos e suas famílias quando escolhem uma instituição de ensino superior, além de munir empregadores e o mercado de trabalho, bem como aqueles que concebem políticas públicas. Explicam ainda que, a escolha de uma instituição bem posicionada em um *ranking* gera segurança e proporciona a tranquilidade de escolher uma entidade respeitável com um nível razoável de qualidade e / ou prestígio. Olcay e Bulu (2017) ainda complementam afirmando que os índices provenientes de ranqueamento universitário são considerados ferramentas de *benchmarking* muito úteis na comparação do desempenho de universidades em todo o mundo e fornecem uma forte propaganda de forma a ajudar a atrair estudantes e acadêmicos de alta qualidade em todo o mundo.

Mikhaylov e Mikhaylova (2018) destacam que a proposta de *rankings* acadêmicos pode ter surgido com a elaboração do *America's Best Colleges reputation-led ranking*, em 1983, nos Estados Unidos, elaborado pela empresa de mídia americana *News and World Report*. Os autores ainda propuseram um levantamento dos *rankings* de IES ao redor do

mundo, detalhando em um mapa ilustrado, o país e o ano de surgimento de conhecidos ranqueamentos acadêmicos internacionais.

Serão descritos nessa seção alguns dos principais ranqueamentos acadêmicos, dentre os quais, o *QS World University Ranking*, *THE World Ranking*, *ARWU* e *CWTS Leiden Ranking*, que frequentemente são encontrados em artigos, jornais e outras publicações (Olcay e Bulu, 2017) e o *Folha University Ranking (RUF)*, desenvolvido no Brasil.

2.2.1 Academic Ranking of World Universities (ARWU)

Guironnet e Peypoch (2018) ressaltam que o surgimento do Ranking de Xangai - *Academic Ranking of World Universities (ARWU)* - foi um marco para o estabelecimento de rankings no ensino superior mundial, uma vez que, desde 2003, quando foi lançado pela Universidade Jiao Tong de Xangai, estimulou um crescimento no número de modelos que propõem uma análise das IES, assim como influenciou nas políticas educacionais no ensino superior. Seu propósito inicial era medir a distância entre as universidades chinesas e as de classe mundial (NUNES, 2018). Acrescenta-se que o Ranking de Xangai utiliza seis indicadores objetivos para classificar as universidades de todo o mundo, os quais encontram-se descritos, juntamente com seus respectivos pesos, na Tabela 1:

Tabela 1: Indicadores ARWU

| INDICADORES - ARWU | PESO |
|--|------|
| Número de ex-alunos vencedores do Prêmio Nobel e Medalha <i>Fields</i> | 10% |
| Membros do corpo docente que obtiveram tais prêmios | 20% |
| Pesquisadores altamente citados em 21 categorias gerais | 20% |
| Artigos produzidos nas revistas científicas <i>Nature</i> e <i>Science</i> | 20% |
| Science Citation Index e o Social Sciences Citation Index | 20% |
| Performance acadêmica per capita nos indicadores anteriormente citados | 10% |

Fonte: Dehon; McCathie; Verardi, (2010)

Diversas críticas surgiram após o seu lançamento do Ranking de Xangai, como por exemplo, a arbitrariedade dos pesos fixos definidos pelo ARWU. Em 2004, foi publicada uma nova proposta de ranqueamento acadêmico: o *Times Higher Education World Rankings*.

2.2.2 Times Higher Education - World University Rankings (THE)

O *Times Higher Education* representa outro ranking mundial bem conhecido, que a partir do ano de 2009, assinou acordo de colaboração com a *Thomson Reuters*. Este ranking

propõe um número de indicadores com novos pesos fixos: incorpora o grau de internacionalização, a ligação entre pesquisa e economia e a qualidade do ensino (GUIRONNET E PEYPOCH, 2018). Pavel (2015) e Pilatti e Cechin (2018) discorrem sobre a organização do referido ranking, conforme é possível verificar por meio da Tabela 2.

Tabela 2: Indicadores THE.

| ÁREA | INDICADOR | PESO |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------|
| ENSINO (30%) | Reputação acadêmica | 15% |
| | Doutores | 6% |
| | Alunos / equipe acadêmica | 4,50% |
| | Orçamento | 2,25% |
| | Doutores / bacharel | 2,25% |
| PESQUISA (30%) | Reputação em pesquisa | 18% |
| | Investimento em pesquisa | 6% |
| | Publicação | 6% |
| CITAÇÕES (30%) | Citação | 30% |
| | Estudantes estrangeiros / Nacionais | 2,50% |
| VISÃO INTERNACIONAL (7,5%) | Docentes estrangeiros / Nacionais | 2,50% |
| | Colaboração internacional | 2,50% |
| RENDA INDUSTRIAL (2,5%) | Recursos da indústria | 2,50% |

Fonte: Pavel (2015)

2.2.3 QS World University Ranking

Publicado inicialmente pela empresa Quacquarelli Symonds (QS), em parceria com a *Times Higher Education* (THE), desde 2004, o Q&S World University Rankings é publicado anualmente, apresentando o ranking com as melhores universidades do mundo. Em 2010, as relações com a *Times Higher Education* foram rompidas. Continuou adotando a metodologia já estabelecida, enquanto a THE criou uma nova metodologia, como detalhado anteriormente (STACK 2016; LEAL, STALLIVIERI, MORAES, 2017). O ranking atualmente é composto por seis indicadores distintos, conforme é possível verificar na Tabela 3.

Tabela 3 - Indicadores QS

| INDICADORES - QS | PESO |
|--|------|
| Reputação acadêmica segundo um <i>peer review</i> global (survey) | 40% |
| Proporção de estudantes por faculdade - <i>teaching commitment</i> | 20% |
| Citações por faculdade na base Scopus | 20% |
| Reputação segundo empregadores globais | 10% |
| Proporção de estudantes internacionais | 5% |
| Proporção de docentes internacionais citados | 5% |

Fonte: Pavel (2015)

2.2.4 CWTS Leiden Ranking (LR)

Lançado em 2007 (AGUILLO ET AL., 2010), o Leiden Ranking (LR) é uma publicação anual organizada pelo *Centre for Science and Technology Studies*, com objetivo de ranquear universidades de diversos países, baseado em indicadores bibliométricos (WALTMAN ET AL., 2012), a partir da base de dados da *Web of Science*, contribuindo com informações consideradas mais precisas do que aquelas autorrelatadas por universidades ou dados baseados em pesquisas (FRENKEN; HEIMERIKS; HOEKMAN, 2017). Entretanto, um dos problemas inerentes ao Leiden Ranking, segundo Olcay e Bulu (2017), é que o mesmo não é abrangente como outras metodologias de ranqueamento acadêmico, e pode ser considerado tendencioso, já que o ranking é baseado em apenas uma medida, embora existam diferentes indicadores para medir o impacto da pesquisa e a colaboração internacional.

Segundo verificado no site do *Centre for Science and Technology Studies* (2019), o CWTS Leiden Ranking 2018, levou em consideração os seguintes indicadores:

A) INDICADORES DE IMPACTO CIENTÍFICO:

✓ **P (top 1%) e PP (top 1%):** O número e a proporção de publicações de uma universidade que, em comparação com outras publicações no mesmo campo e no mesmo ano, pertencem aos 1% mais citados com mais frequência.

✓ **P (top 5%) e PP (top 5%):** O número e a proporção de publicações de uma universidade que, em comparação com outras publicações no mesmo campo e no mesmo ano, pertencem aos 5% mais citados com mais frequência.

✓ **P (top 10%) e PP (top 10%):** O número e a proporção de publicações de uma universidade que, em comparação com outras publicações no mesmo campo e no mesmo ano, pertencem aos 10% mais citados com mais frequência.

✓ **P (top 50%) e PP (top 50%):** O número e a proporção de publicações de uma universidade que, em comparação com outras publicações no mesmo campo e no mesmo ano, pertencem aos 50% mais citados com mais frequência.

✓ **TCS e MCS:** O total e o número médio de citações das publicações de uma universidade.

✓ **TNCS e MNCS:** O total e o número médio de citações das publicações de uma universidade, normalizadas por campo e ano de publicação. Um valor MNCS de dois, por exemplo, significa que as publicações de uma universidade foram citadas duas vezes acima da média de seu campo e ano de publicação.

B) INDICADORES DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA

✓ **P (collab) e PP (collab)**: O número e a proporção de publicações de uma universidade que foram realizadas em coautoria com uma ou mais organizações.

✓ **P (int collab) e PP (int collab)**: O número e a proporção de publicações de uma universidade que foram realizadas em coautoria com dois ou mais países.

✓ **P (indústria) e PP (indústria)**: O número e a proporção de publicações de uma universidade realizadas em coautoria com uma ou mais organizações industriais (setor privado).

✓ **P (<100 km) e PP (<100 km)**: O número e a proporção de publicações de uma universidade com uma distância de colaboração geográfica inferior a 100 km, de acordo com os endereços mencionados na lista de endereços da publicação.

✓ **P (> 5000 km) e PP (> 5000 km)**: O número e a proporção de publicações de uma universidade com uma distância de colaboração geográfica de mais de 5000 km.

Destaca-se que os indicadores incluídos no referido ranking apresentam duas versões: uma dependente do tamanho das instituições e outra variante independente do tamanho. No primeiro caso, as universidades com maior número de publicações tendem a ter um desempenho melhor do que universidades com menor produção de publicações. Já no segundo caso, universidades maiores e menores podem ter um bom desempenho. Salienta-se ainda, que os indicadores de impacto no Ranking de Leiden podem ser calculados usando um método de contagem completa ou de contagem fracionada. Nesse caso, os indicadores de citação são normalizados de acordo com as diferenças no campo científico. No método de contagem fracionada as publicações colaborativas recebem menos peso do que as não colaborativas (VERNON; BALAS; MOMANI, 2018). Maiores detalhes sobre os indicadores utilizados e a forma como podem ser interpretados estão disponíveis no site oficial do *Leiden Ranking*.

2.2.5 Ranking Universitário Folha (RUF)

O Ranking Universitário Folha (RUF), publicado pela primeira vez no ano de 2012, foi desenvolvido com base em ranqueamentos internacionais amplamente conhecidos, e propõe uma avaliação anual do ensino superior brasileiro (SANTOS, 2015). O referido ranking é composto por cinco aspectos principais, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4: Ranking RUF

| ÁREA | INDICADOR | PESO |
|---------------------------------|---|-------------|
| PESQUISA (42%) | Total de publicações | 7% |
| | Total de citações | 7% |
| | Citações por publicação | 4% |
| | Publicações por docente | 7% |
| | Citações por docente | 7% |
| | Publicações em revistas nacionais | 3% |
| | Recursos recebidos por instituição | 3% |
| | Bolsistas CNPq | 2% |
| | Teses | 2% |
| | Avaliadores do MEC | 20% |
| ENSINO (32%) | Professores com doutorado e mestrado | 4% |
| | Professores em dedicação integral e parcial | 4% |
| | Nota no Enade | 4% |
| MERCADO (18%) | Opinião de profissionais de RH consultados pelo Datafolha | 18% |
| INTERNACIONALIZAÇÃO (4%) | Citações internacionais por docente | 2% |
| | Publicações em coautoria internacional | 2% |
| INOVAÇÃO (4%) | Patentes | 2% |
| | Parceria com empresas | 2% |

Fonte: <http://ruf.folha.uol.com.br/2018/o-ruf/ranking-universidades/>

3 METODOLOGIA

3.1 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS: CONCEITOS BÁSICOS

A análise envoltória de dados ou DEA, como é popularmente conhecida, surgiu a partir de um estudo proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), baseado em conceitos já introduzidos por Farrell (1957), com o objetivo de avaliar os programas educacionais destinados a auxiliar os alunos desfavorecidos em escolas públicas estadunidenses.

Visbal-Cadavid, Martínez-Gómez e Guijarro (2017) explicam que a análise envoltória de dados utiliza programação linear para comparar unidades homogêneas, ou seja, unidades que utilizam os mesmos tipos de recursos, gerando a mesma classe de produtos e onde as circunstâncias que contextualizam o processo produtivo são semelhantes (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007). DEA não requer a definição de uma relação funcional entre recursos (*inputs*) e produtos (*outputs*), como é necessário em outros métodos, como regressão ou SFA, pois é um método não paramétrico, baseado em programação linear, que busca otimizar o nível de eficiência de cada unidade analisada, para a criação de uma fronteira de eficiência, com base no critério de Pareto (FUENTES; FUSTER; LILLO-BAÑULS, 2015). As unidades avaliadas são conhecidas como *decision-making units* (DMUs).

Outra vantagem relacionada ao uso da análise envoltória de dados é que a ferramenta atribui matematicamente pesos ideais a todos os *inputs* e *outputs* envolvidos, portanto, não há necessidade de ponderá-los *a priori*. Dessa forma, é possível evitar uma atribuição de pesos arbitrária e garantir mais objetividade no processo de cálculo do valor de eficiência (JIANG; LEE; RAH, 2020). Além disso, DEA é ideal para a avaliação em cenários que requerem múltiplos recursos em seu processo produtivo para gerar diferentes tipos de produtos. Assim, como afirma Abdullah et al. (2018), DEA tornou-se um dos métodos mais adequados para comparar as várias unidades de tomada de decisão, em especial, quando associadas a serviços públicos, como universidades.

Os modelos DEA mais utilizados para a avaliação de eficiência são: o modelo CCR, proposto por Charnes; Cooper e Rhodes (1978), e o modelo BCC, desenvolvido por Banker; Charnes; Cooper (1984). O modelo CCR assume que todas as DMUs avaliadas estão sob retornos constantes de escala, ou seja, pressupõe-se que haja proporcionalidade entre os *inputs* e *outputs* do processo (THANASSOULIS; SILVA, 2018). Já o modelo BCC, apresenta uma restrição adicional, conhecida como restrição de convexidade, que assume retornos variáveis de escala. Esse modelo foi desenvolvido especificamente para acomodar efeitos de escala na análise (DAI; LI; LIANG, 2016). Nesse caso, o modelo possibilita que unidades que

trabalham com baixos valores de recursos (*inputs*) tenham retornos crescentes de escala, enquanto as unidades que trabalham com altos valores de recursos apresentam retornos decrescentes de escala (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007).

Conforme atesta Tran et al. (2020), a orientação do modelo deve ser escolhida de acordo com o contexto específico da pesquisa. Alguns estudos utilizam um modelo orientado a *outputs* buscando maximizar os resultados, dados os recursos disponíveis. Ao contrário, outros pesquisadores optam por orientar o modelo a *inputs* para minimizar os recursos disponíveis, mantendo os níveis de resultados já alcançados.

Com objetivo de ilustrar os modelos DEA tradicionais, orientados tanto a *inputs*, quanto a *outputs*, seguem a seguir, os modelos CCR, que estão representados por 1 e 3, e os modelos BCC, que estão representados por 2 e 4.

$$\begin{aligned} & \text{Min } h_0 \\ & \text{sujeito a} \\ & h_0 x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \quad (1) \\ & - y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\ & \lambda_k \geq 0, \forall k \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Min } h_0 \\ & \text{sujeito a} \\ & h_0 x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \quad (2) \\ & - y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\ & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\ & \lambda_k \geq 0, \forall k \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Max } h_0 \\ & \text{sujeito a} \\ & x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \quad (3) \\ & - h_0 y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\ & \lambda_k \geq 0, \forall k \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Max } h_0 \\ & \text{sujeito a} \\ & x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \quad (4) \\ & - h_0 y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\ & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\ & \lambda_k \geq 0, \forall k \end{aligned}$$

As formulações 1 e 3 referem-se ao modelo CCR, formulação do envelope, sendo a primeira orientada a *inputs* e a segunda orientada a *outputs*. As formulações 2 e 4 referem-se ao modelo BCC, com uma orientação a *inputs* na formulação 2 e orientação a *outputs* na formulação 4.

Ressalta-se ainda que nos PPL's apresentados x_{ik} e y_{jk} são respectivamente os *inputs* i e os *outputs* j da DMU k , h_0 é o inverso da eficiência ($h_0=1/\text{Eff}_0$) e λ_k é a contribuição da DMU k na formação do alvo da DMU₀.

3.2 NETWORK DEA

Avilés-Sacoto et al. (2015) afirmam que desde 1978, a literatura tem testemunhado a expansão do conceito original de DEA para abranger diversas áreas de pesquisa teórica e aplicada. Os autores explicam que uma abordagem, fruto da expansão do conceito original de DEA, que tem sido amplamente utilizada em diferentes áreas é a abordagem Network DEA.

Os modelos DEA clássicos (CCR e BCC) tendem a ignorar as estruturas internas das unidades avaliadas (NEMATİ; KAZEMI MATIN; TOLOO, 2020). Esses modelos consideram cada DMU como uma “caixa preta”, com apenas entradas e saídas, que podem ser chamadas de exógenas (FÄRE; GROSSKOPF; WHITTAKER, 2007). O termo exógeno aqui se refere a entradas e saídas que provém diretamente do exterior ou ao exterior se dirigem, e não de alguma das variáveis internas da DMU.

A abordagem Network DEA refere-se a um modelo avançado, desenvolvido para desvendar os processos internos dessa “caixa preta”. Essa abordagem considera os estágios internos de cada DMU interligados através de variáveis de entradas e saídas (FÄRE; GROSSKOPF, 2000). E, assim, esse conjunto de estágios forma uma rede que determina a eficiência global da DMU. Mahmoudi, Emrouznejad e Rasti-Barzoki (2019) destacam que, sem dúvidas, a análise da eficiência de organizações complexas com estruturas em rede é mais realista do que a análise com essas estruturas clássicas.

Moreno e Lozano (2014) explicam que a principal diferença entre o Network DEA e os modelos DEA convencionais é que, enquanto os modelos convencionais consideram um único processo que utiliza todos os recursos, transformando-os em todas as saídas, o primeiro modelo considera a existência de várias etapas, cada uma consumindo seu próprio conjunto de insumos e produzindo seu próprio conjunto de produtos, além de consumir e produzir produtos intermediários. Esses produtos intermediários são entradas para alguns estágios e são saídas para outros.

Existem diversos modelos NDEA na literatura (KAO, 2014). Os mais utilizados são: o modelo multiplicativo (KAO, 2009a) e o modelo aditivo (CHEN; COOK; ZHU, 2010). A diferença desses modelos é a maneira como são agregadas as eficiências dos estágios internos das DMUs para se obter a eficiência global. O modelo de Kao (2009a) obtém a eficiência global através da multiplicação de seus estágios internos, enquanto o modelo aditivo obtém a eficiência global através de uma soma ponderada dos estágios internos.

Além dos diferentes modelos já mencionados, algumas estruturas de rede características podem ser usadas na avaliação de eficiência com Network DEA. Kao (2014),

por exemplo, destaca cinco estruturas em redes possíveis encontradas na literatura, podendo ser classificadas como: estruturas em série, paralela, mista, hierárquica e dinâmica.

A estrutura NDEA em série caracteriza-se por ser a mais simples e recorrentemente utilizada em diferentes aplicações (Kao, 2014). Uma estrutura em série inclui DMUs com dois ou mais processos internos ligados por variáveis intermediárias. Esses produtos intermediários representam saídas de um determinado processo e ao mesmo tempo exercem o papel de entradas no próximo processo (Amirteimoori, Shahroodi e Mahmoodkiani, 2015). São as variáveis intermediárias que mantêm o sistema em rede, conforme é possível verificar na Figura 4. Salienta-se ainda que, em uma estrutura NDEA em série, uma DMU é eficiente apenas se todos os seus processos forem eficientes.

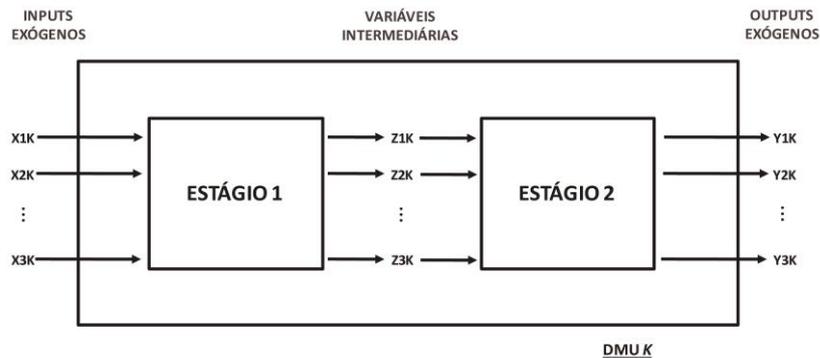


Figura 4: Representação do modelo NDEA - estrutura em série

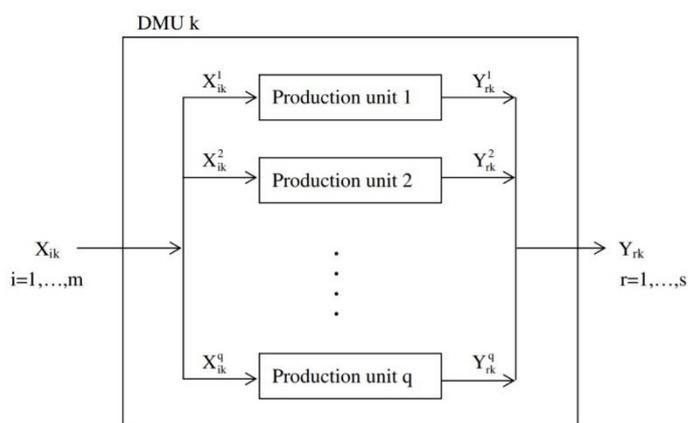
O problema de programação linear que calcula a eficiência global na abordagem NDEA é baseado no DEA CCR clássico. Considerando uma estrutura em série de dois estágios, como mostrado na Figura 4, verifica-se em 5, a formulação matemática proposta por Kao e Hwang (2008) sob retornos constantes de escala:

$$\begin{aligned}
 E_0 = \max. & \quad \sum_{r=1}^s u_r Y_{r0} \\
 \text{s.t.} & \quad \sum_{i=1}^m v_i X_{i0} = 1 \\
 & \quad \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n \\
 & \quad \sum_{g=1}^h w_g Z_{gj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n \\
 & \quad \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{g=1}^h w_g Z_{gj} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n \\
 & \quad u_r, v_i, w_g \geq 0, r = 1, \dots, s, \quad i = 1, \dots, m, g = 1, \dots, h
 \end{aligned} \tag{5}$$

Na formulação matemática 5, u_r , v_i e w_d são os multiplicadores das variáveis, e ainda, X , Y e Z são os valores dos *inputs*, dos *outputs* e das variáveis intermediárias, respectivamente. A função objetivo, a primeira e a segunda restrição são relativas à eficiência obtida através da divisão dos *outputs* e *inputs* exógenos. A terceira restrição refere-se à eficiência do primeiro estágio e através da quarta restrição é possível encontrar a eficiência do segundo estágio.

Na estrutura NDEA paralela, todos os seus processos operam de maneira independente (KAO, 2014). A rede nessa estrutura está organizada a partir de diferentes processos que operam paralelamente, onde os *inputs* estão divididos entre um conjunto de subunidades. A Figura 5 mostra uma estrutura paralela na qual uma DMU k tem q unidades de produção, cada uma utilizando as mesmas entradas para produzir as mesmas saídas.

Figura 5 - Estrutura paralela

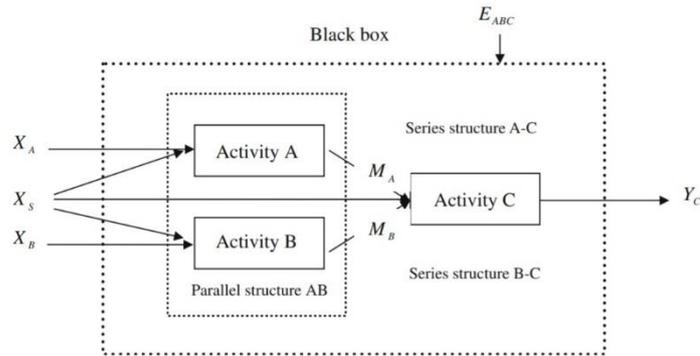


Fonte: Kao (2009b).

Deve-se destacar que na estrutura paralela, a soma dos *inputs* / *outputs* de todos os processos é igual à soma dos *inputs* / *outputs* do sistema e semelhante às estruturas em série, um sistema paralelo é eficiente apenas se todos os processos forem eficientes (AMIRTEIMOORI; SHAHROODI; MAHMOODKIANI, 2015).

Quando uma rede apresenta uma estrutura composta tanto por processos estruturados em série, como por processos organizados de forma paralela, temos uma estrutura mista. A estrutura em rede ilustrada por meio da Figura 6, proposta por Yu e Fan (2009), mostra de forma didática, como as estruturas em série e paralelas podem ser usadas conjuntamente, em um mesmo modelo avaliativo, dando origem a uma estrutura mista.

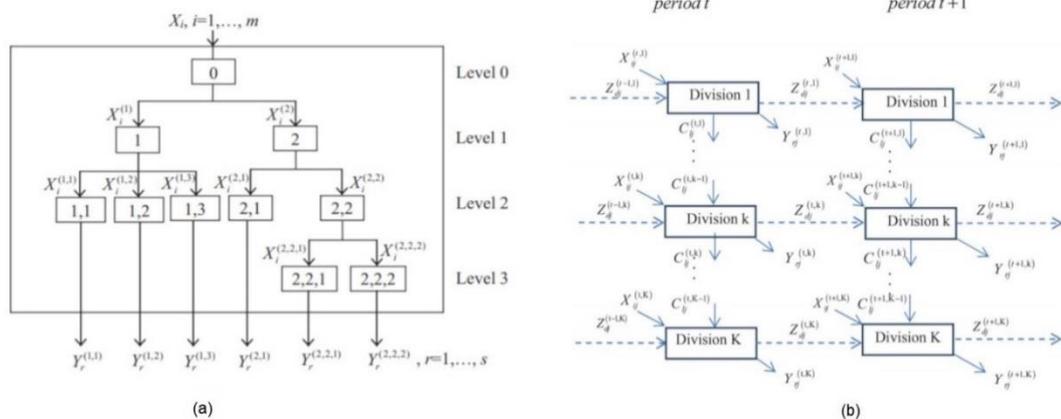
Figura 06 - Estrutura NDEA mista



Fonte: Yu e Fan (2009)

Kao (2015) explica que na estrutura hierárquica existe uma relação de subordinação entre os níveis da rede, conforme ilustrado no item “a” da Figura 7. Já a estrutura dinâmica, segundo explica Tone e Tsutsui (2014), foi desenvolvida para avaliar o desempenho das DMUs a partir de uma perspectiva de longo prazo, utilizando variáveis de transporte (*carry-over*), possibilitando obter a eficiência geral das DMUs ao longo de todo o período observado, além de análises adicionais, como a análise das variações da eficiência no período. Ainda sobre a estrutura dinâmica, Lobo et al. (2016) destacam que essa estrutura permite ainda determinar a eficiência para tempos distintos e sucedâneos ao considerar a eficiência pontual em cada momento e o deslocamento da fronteira ao longo do tempo. Em cada período observado, as DMUs consomem os mesmos *inputs* e geram os mesmos *outputs*. No entanto, alguns *outputs* de um período podem funcionar como *inputs* do período seguinte (variáveis de transporte). Essas variáveis podem ser fixas ou mutáveis, dependendo da projeção na fronteira. O item “b” da Figura 7 ilustra a estrutura em rede dinâmica.

Figura 7 - Estrutura Hierárquica (a) e Estrutura Dinâmica (b).



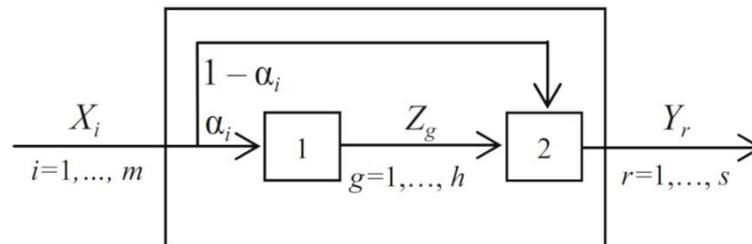
Fontes: Kao (2015) e Soltanzadeh e Omrani (2018)

3.2.1 Inputs compartilhados

Em muitos casos reais, os *inputs* utilizados por uma DMU podem ser compartilhados entre os estágios individuais em um processo de produção de dois estágios (LI ET AL., 2016).

Nesse sentido, Kao (2017) afirma que, além das entradas específicas, para sistemas compostos de várias divisões que desempenham funções diferentes, geralmente há entradas conjuntas sendo compartilhadas por todas, ou várias divisões. O autor ilustra essa situação mencionando como exemplo a variável docente, dentro do contexto de uma avaliação de instituições de ensino superior. Explica que um professor pode dedicar parte de seu tempo ao trabalho de ensino e o restante à realização de pesquisas. Se os tempos alocados para as duas tarefas pelo professor são desconhecidos, então os modelos convencionais DEA não são capazes de medir as eficiências relacionadas. A Figura 8 mostra uma estrutura em rede simples de dois estágios com *inputs* compartilhados.

Figura 8 - Modelo NDEA de dois estágios com entrada compartilhada



Fonte: Kao (2017)

Na estrutura em rede representada por meio da Figura 8, α_1 e $1 - \alpha_1$ representam as proporções do recurso X_i compartilhadas para os processos 1 e 2, respectivamente. Se todo o montante desse recurso for alocado apenas no processo 2, então teremos α_1 igual a 1. Em contrapartida, se o recurso X_i for exclusivo do processo 1, então α_1 será igual 0.

Podemos encontrar na literatura, tanto modelos matemáticos desenvolvidos utilizando recursos compartilhados, como aplicações em cenários reais, onde há alocação de uma mesma variável para mais de um processo dentro de uma estrutura em rede. Toloo, Emrouznejad e Moreno (2015), por exemplo, propõem um novo modelo DEA linear relacional para lidar com a determinação de eficiência para uma rede de dois estágios, com entradas compartilhadas e sob pressupostos de retornos constantes à escala. Ao final, os autores aplicaram esse modelo em casos referentes à indústria bancária e em instituições universitárias. Wu et al. (2016) desenvolveram um modelo capaz de medir a eficiência em uma estrutura de rede de dois

estágios, com *inputs* compartilhados para ambos os estágios e saídas indesejáveis reutilizadas no sistema. Os autores propuseram uma extensão da estrutura de rede estática de dois estágios para uma situação dinâmica na qual a reutilização de resíduos reciclados apresenta um atraso. Ao fim, para verificar a aplicabilidade das abordagens propostas, a eficiência de processos de produção industrial de 30 regiões chinesas foi avaliada. No contexto do ensino superior, Monfared e Safi (2013), propuseram uma avaliação de nove faculdades vinculadas a uma instituição universitária iraniana a partir da aplicação de uma estrutura DEA em rede, com *inputs* compartilhados, para contabilizar as eficiências de subprocessos, como qualidade do ensino, produtividade da pesquisa, bem como a eficiência geral. Nessa situação, os docentes são considerados como *inputs* tanto para o estágio ensino quanto para o estágio pesquisa, com a proporção de $1/3$ e $2/3$. Outros trabalhos que utilizam *inputs* compartilhados e que podem auxiliar no entendimento desse conceito são: Cook, Hababou e Tuenter (2000), Zha e Liang (2010), Moreno et al. (2015) e Nemat, Kazemi Matin e Toloo (2020).

4 APLICAÇÕES DE DEA NO ENSINO SUPERIOR.

Dentre as contribuições que uma revisão de literatura pode oferecer, destaca-se a possibilidade de propor um avanço no conhecimento sobre um tópico de interesse, assim como, compreender a amplitude da pesquisa existente dentro da temática estudada. A revisão de literatura permite sintetizar a evidência empírica, desenvolver teorias, ou fornecer uma base conceitual para pesquisas subsequentes. Por fim, ainda é possível identificar os tópicos ou domínios de pesquisa que requeiram uma investigação mais aprofundada (PARÉ ET AL., 2015).

Esta seção tem como intuito investigar estudos que proponham o uso da ferramenta não-paramétrica DEA com o propósito de avaliar a eficiência de unidades ou atividades inseridas no contexto do ensino superior. Alguns autores, previamente, já salientaram que DEA é amplamente utilizado para condução de avaliações dentro do contexto do ensino superior (MONFARED; SAFI, 2011; PIETRZAK; PIETRZAK; BARAN, 2016; PEÑATE; RIVERO; LOZADA, 2017; YANG; FUKUYAMA; SONG, 2018) e ressaltam as vantagens da referida técnica na aferição do desempenho nesse contexto, seja como método principal de determinação de eficiência de unidades educativas, seja como parte do processo avaliativo.

Desta forma, esta seção visa buscar subsídios para criação de uma base que auxilie no alcance do objetivo estabelecido nesse estudo, através da identificação de informações como: a maneira como a ferramenta tem sido usada para avaliar o ensino superior, quais as variáveis escolhidas de acordo com o objetivo da avaliação, quais as perspectivas priorizadas (ensino, pesquisa, inovação, etc.), os modelos e orientações mais apropriados dentro do contexto do ensino superior e quais as justificativas para o uso desses modelos e orientações.

Propõe-se, então, uma revisão sistemática da literatura, organizada a partir da coleta de trabalhos científicos indexados às bases de conhecimento Scopus e ISI Web of Science.

Alguns critérios foram estabelecidos para a seleção dos estudos, dentro das mencionadas bases de conhecimento: (1) o objeto do estudo deve tratar de avaliação de eficiência inerente às atividades características do ensino superior; (2) propor uma aplicação em um caso real; (3) utilizar a análise envoltória de dados como ferramenta principal para a obtenção dos índices de eficiência; (4) o texto integral deve estar disponível para leitura, e os estudos considerados devem estar em língua inglesa, espanhola ou portuguesa; (5) o documento deve dispor de forma clara informações importantes, como por exemplo, as variáveis usadas para a determinação de eficiência, o tipo de DMUs que estão sendo analisadas, o país ao qual as DMUs pertencem, entre outras; (6) a intenção é a localização de

artigos científicos com texto integral disponível, excluindo-se assim documentos publicados em conferências, capítulos de livros, etc.

A estratégia utilizada nessa revisão de literatura baseia-se em efetuar uma busca direta nas duas bases científicas consideradas, a partir de determinados parâmetros de pesquisa. A pesquisa limita-se aos resultados obtidos a partir das buscas realizadas sob os parâmetros estabelecidos na Tabela 5.

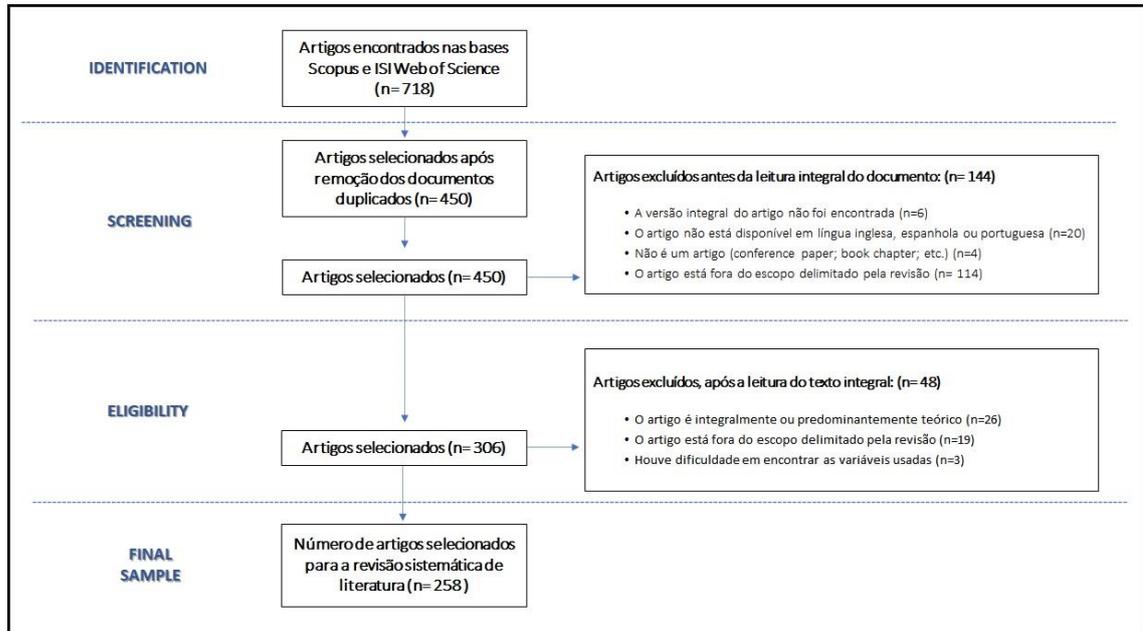
Tabela 5 - Parâmetros de pesquisa para a revisão sistemática de literatura

| BASE | PARÂMETROS DE PESQUISA | OBSERVAÇÕES |
|--------------------|--|---|
| SCOPUS | 1 (TITLE-ABS-KEY ("Data envelopment analysis") OR TITLE-ABS-KEY (DEA) AND TITLE-ABS-KEY ("higher education")) AND DOCTYPE (ar OR re) AND PUBYEAR < 2021 | |
| SCOPUS | 2 (TITLE-ABS-KEY ("Data envelopment analysis") OR TITLE-ABS-KEY (DEA) AND TITLE-ABS-KEY (graduate) OR TITLE-ABS-KEY (undergraduate)) AND DOCTYPE (ar OR re) AND PUBYEAR < 2021 | -- |
| SCOPUS | 3 ((TITLE-ABS-KEY ("Data envelopment analysis") OR TITLE-ABS-KEY (DEA) AND TITLE-ABS-KEY ("tertiary education"))) AND DOCTYPE (ar OR re) AND PUBYEAR < 2021 | |
| ISI WEB OF SCIENCE | 1 TS=("Data envelopment analysis" OR DEA) AND TS=("higher education") | |
| ISI WEB OF SCIENCE | 2 TS=("Data envelopment analysis" OR DEA) AND TS=(graduate OR undergraduate) | Delimitação manual de artigos e revisões publicados até o ano de 2020 (inclusive) |
| ISI WEB OF SCIENCE | 3 TS=("Data envelopment analysis" OR DEA) AND TS=("tertiary education") | |

Em relação à Tabela 5, cabe destacar que os parâmetros utilizados tanto na base Scopus, quanto na ISI Web of Science, são os mesmos, distinguindo-se apenas pela forma como as informações são inseridas nas bases e no formato apresentado pelas mesmas.

Salienta-se ainda, que os parâmetros dispostos na Tabela 5 foram definidos na tentativa de abranger o maior número de resultados possíveis, após a realização de alguns testes. Deve-se considerar ainda que o objetivo dessa revisão sistemática de literatura é alcançar um conjunto expressivo de artigos, publicados em periódicos indexados em importantes bases científicas. E entende-se que, dada a extensão e importância do assunto delimitado, não há a intenção de abarcar todos os estudos relacionados à aplicação de análise envoltória de dados no contexto do ensino superior.

Baseado no diagrama sugerido por Xiao e Watson (2017), a Figura 9 sintetiza o processo de revisão sistemática de literatura, especificando os critérios de seleção dos artigos, em detalhes, para possibilitar que os processos sejam confiáveis e repetíveis de forma independente por outros pesquisadores.

Figura 9 - Etapas da revisão sistemática de literatura

A Figura 9 mostra que após as buscas realizadas nas bases científicas, por meio dos parâmetros definidos na Tabela 5, os artigos disponibilizados foram organizados e os documentos encontrados em mais de uma das buscas foram excluídos.

Em seguida foi procedida a leitura dos títulos, resumos e palavras-chaves dos estudos selecionados. Nesta etapa, alguns dos artigos foram desconsiderados. Por exemplo, ainda que os parâmetros de pesquisa estivessem bem definidos, foram encontrados artigos que não usassem DEA como método para analisar a eficiência (alguns até mencionavam o método). Outros foram excluídos da análise dado que a avaliação não estava focada dentro do contexto do ensino superior. Cabe esclarecer que muitos desses resultados são obtidos, uma vez que alguns artigos apresentam palavras ou expressões definidas como parâmetros, fora do contexto buscado, dentro do resumo da pesquisa.

Após essa primeira etapa, procedeu-se a verificação do texto integral dos artigos restantes. Outras exclusões ocorreram, como por exemplo, artigos sem aplicações, que visavam apenas a proposição de modelos DEA, ou que apesar de aplicar os novos modelos desenvolvidos, resumiam a aplicação desses modelos a casos fictícios pouco detalhados.

Os artigos em que houve dificuldades para a extração de informações, como as variáveis usadas na avaliação de eficiência, ou que a análise envoltória de dados não foi utilizada como ferramenta principal na avaliação, também foram excluídos. Ao final, foram selecionados 258 artigos científicos para compor essa revisão de literatura, que está organizada em duas etapas.

A primeira etapa é dedicada ao levantamento das características gerais do conjunto de estudos considerados; e a segunda, ao levantamento de informações mais específicas em relação à avaliação proposta pelos autores. O foco se manterá direcionado a levantar as principais variáveis (principalmente relacionadas às atividades de ensino e pesquisa) consideradas nesse contexto e nas contribuições e características das aplicações dentro dos sistemas de ensino superior ao redor do mundo.

4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS ESTUDOS ANALISADOS

Uma vez detalhado o processo de obtenção dos artigos que integram essa revisão, essa pesquisa dispõe no Apêndice A, a listagem com os estudos selecionados, e propõe nesta seção, uma breve análise do conjunto de publicações definido (258 artigos científicos), ressaltando algumas de suas principais características, de forma a facilitar o entendimento do contexto no qual estão inseridas as pesquisas que utilizam DEA para avaliação do ensino superior. Inicialmente, o Gráfico 1 ilustra a evolução da produção científica que aborda essa temática, ao longo dos anos.

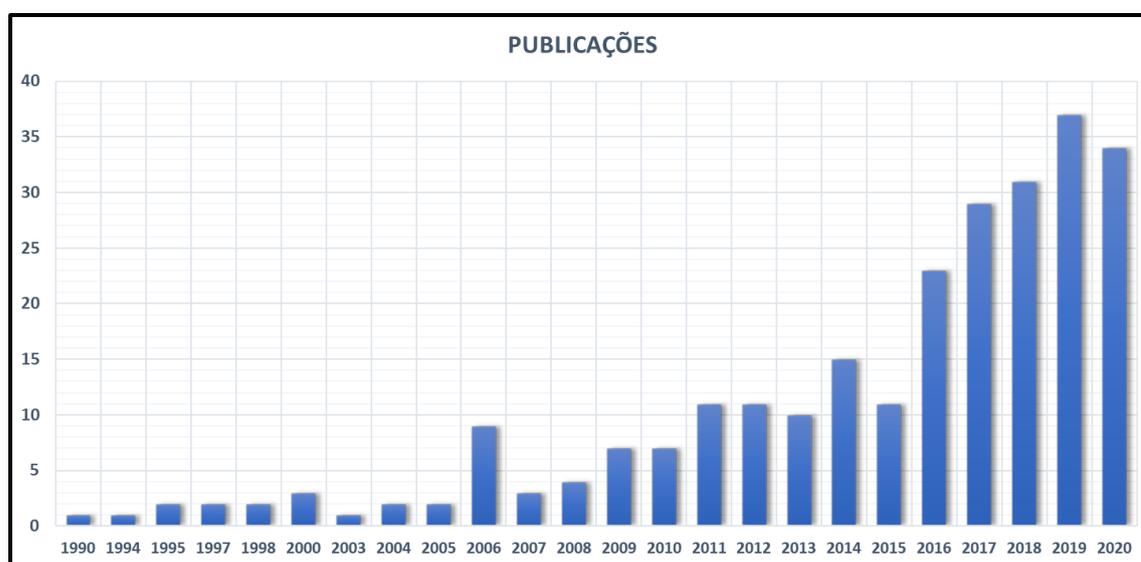


Gráfico 1: Evolução das publicações de DEA no contexto do Ensino Superior

Fonte: Bases científicas Scopus e Web of Science

O Gráfico 1 mostra a evolução cronológica dos 258 artigos obtidos através das buscas realizadas nas bases científicas Scopus e ISI Web of Science. É necessário levar em consideração a delimitação estabelecida durante o processo de revisão sistemática. Sabe-se que a amostra não abrange toda a produção intelectual referente ao uso da técnica DEA na

avaliação do ensino superior, no entanto, espera-se que artigos de reconhecida relevância na área pesquisada estejam contemplados nesse conjunto.

Vários autores já ressaltaram o uso intenso, crescente e pertinente da análise envoltória de dados na avaliação de eficiência em diferentes contextos, inclusive no ensino superior. Por meio do Gráfico 1 é possível verificar que o conjunto de artigos selecionados segue essa tendência, com o maior nível de publicações estando concentrado nos últimos cinco anos considerados. Reforça-se que a revisão de literatura delimitou a pesquisa até o ano de 2020. Verifica-se ainda que, esses últimos cinco anos concentram aproximadamente 60% de todos os artigos que satisfazem os parâmetros definidos, validando que o tema abordado tem ganhado relevância e despertado cada vez mais o interesse dos pesquisadores.

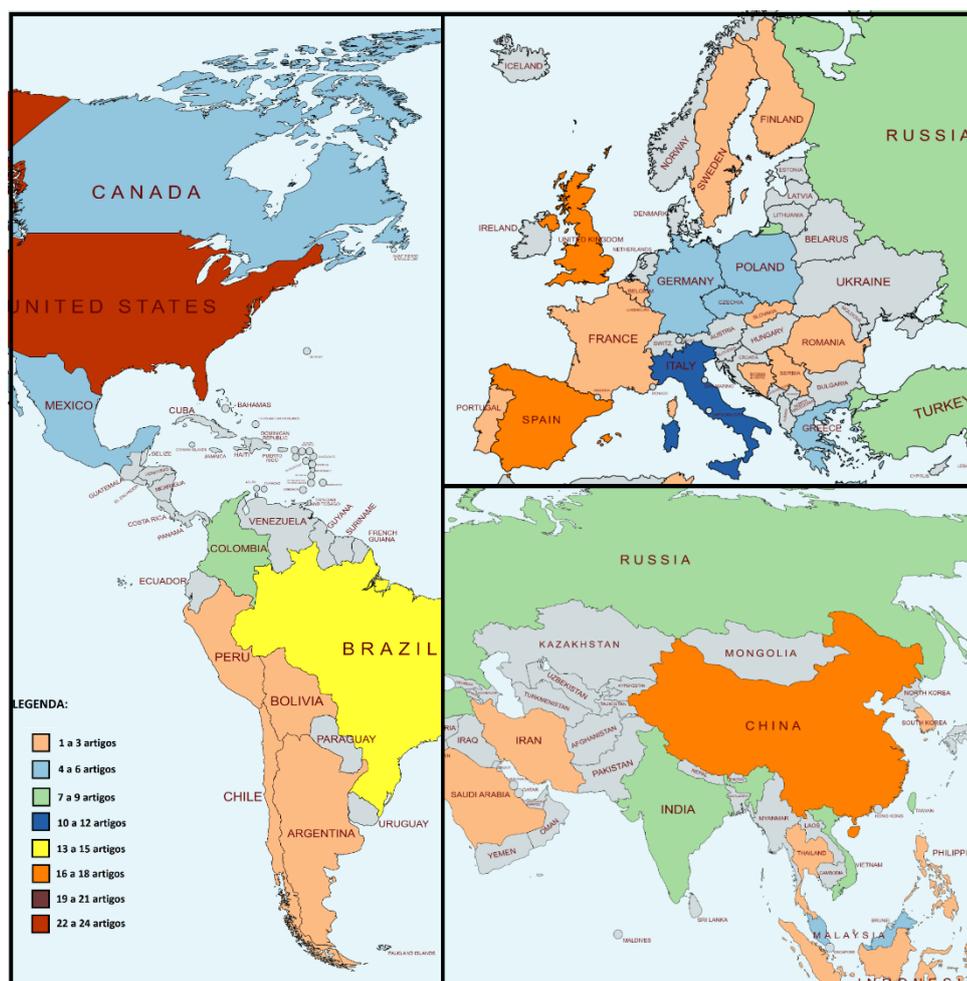
Assim, esses dados ajudam a ratificar a relevância e a atualidade da discussão que aborda a gestão do ensino superior, os meios para avaliá-lo e a necessidade de determinar a eficiência nesse contexto, considerando sua complexidade, a multiplicidade de insumos e serviços envolvidos, os recursos cada vez mais escassos, a competitividade entre as instituições, incentivadas pelos *rankings* acadêmicos e a busca pelo cumprimento de sua função social através das atividades de ensino, pesquisa e extensão.

Uma outra perspectiva considerada nessa seção foi identificar a disposição geográfica dos estudos que abordam avaliações de eficiência no ensino superior por meio da ferramenta de análise envoltória de dados. Para isso, foi verificado em quais regiões os pesquisadores aplicaram a ferramenta mencionada, a fim de determinar a eficiência de IES ou outras DMUs inseridas nesse contexto.

Nesse sentido, a Figura 10 mostra quais sistemas de ensino superior foram estudados pelos artigos obtidos nessa revisão, e ainda, a frequência de estudos que envolvem a temática tratada nesses locais. Ressalta-se que a Figura 10 concentra-se apenas nos continentes americano, europeu e asiático, uma vez que os esses três continentes juntos representam a maior parte dos estudos considerados.

Na Figura 10 estão contabilizados apenas os artigos que visam à avaliação de eficiência de DMUs, dentro de um só país, com exceção dos estudos aplicados no Reino Unido. Nesse caso, o Reino Unido conta com 18 artigos, sendo dez para todo o conjunto de países integrantes e oito especificamente aplicados no sistema de ensino superior inglês.

Figura 10 - Mapa dos sistemas de ensino superior avaliados com DEA



A Figura 10 foi construída a partir da ferramenta Mapchart (disponibilizada no endereço eletrônico <https://mapchart.net/>). Ressalta-se ainda que, mais de 85% dos artigos encontrados estão espalhados entre os três continentes retratos na referida figura. Nos demais continentes foram verificadas sete publicações que propõem uma aplicação de DEA em sistemas de ensino superior na Oceania (seis na Austrália e um na Nova Zelândia), e apenas quatro artigos em países do continente africano (três na África do Sul e um na Tunísia). Outros nove estudos comparam as eficiências de distintos sistemas de ensino superior, em diferentes continentes, o que fez que essas pesquisas não fossem atribuídas a continentes específicos, como, por exemplo, o artigo proposto por Wolszczak-Derlacz (2017) que visa avaliar a eficiência técnica de instituições de ensino superior públicas europeias e americanas, ao longo de uma década.

Com a Figura 10 podemos ainda verificar que, apesar do ensino superior americano ser o mais avaliado, com 22 artigos, os países europeus são um terreno fértil para esse tipo de pesquisa. Dentre os estudos que avaliam a eficiência dentro de um único continente, 82

avaliam a eficiência do ensino superior de um ou mais países europeus, o que representa aproximadamente 33% do total considerado. Acrescenta-se que essa conta não contabiliza os 16 artigos que avaliam o ensino superior russo e turco, uma vez que são países transcontinentais, pertencendo tanto à Europa, quanto à Ásia. Se essas publicações fossem levadas em consideração, o total de estudos alcançaria a casa dos 40%. Os países europeus mais avaliados são Espanha (17), Itália (12) e Inglaterra (8). Outros estudos também avaliam a eficiência do ensino inglês, entretanto, considerando ou conjunto de países que formam o Reino Unido (10) ou os três países que formam a Grã-Bretanha (2).

Dentre as avaliações de eficiência realizadas em países asiáticos, destaca-se o ensino superior chinês, com 18 artigos. O sistema chinês tem recebido muitos investimentos, principalmente para melhoria do desempenho em pesquisa do seu sistema universitário. Uma parte dos artigos encontrados dedica-se a avaliar o impacto desses investimentos (como o projeto 211) na produção científica desenvolvida pelas IES. No continente asiático, países como Índia (9), Vietnã (8) e Taiwan (8) também apresentam um número expressivo de pesquisas dedicadas na avaliação de seus ensinos superiores. Na região do Oriente Médio destacam-se as avaliações realizadas na Arábia Saudita (3), no Irã (2) e outro estudo que avalia departamentos de ensino em uma universidade no Estado da Palestina.

Nas Américas, o Brasil tem o segundo maior número de artigos encontrados, totalizando 15 publicações, o que representa aproximadamente um quarto das pesquisas em países deste continente. Um dos primeiros artigos publicados nesta temática (considerando os artigos brasileiros selecionados na revisão de literatura) foi proposto por Soares de Mello et al. (2006), onde foram avaliados 12 programas de pós-graduação em engenharia, com um modelo DEA clássico, e variáveis inerentes às atividades de ensino e pesquisa. O único artigo encontrado que utiliza uma abordagem NDEA para avaliar IES nacionais, foi desenvolvido por Angulo Meza et al. (2018), onde é dado ênfase na produção de pesquisa de 45 programas em pós-graduação vinculados a diferentes universidades públicas brasileiras. Já o artigo proposto por Letti, Bittencourt e Vila (2020) é a publicação selecionada mais recente no cenário brasileiro. Os autores utilizam modelos clássicos de análise envoltória de dados, juntamente com o Índice de Produtividade de Malmquist para avaliar a eficiência de 56 universidades públicas brasileiras durante um período de sete anos.

Na América do Sul, além dos estudos brasileiros já mencionados, foram encontradas, ainda, publicações que determinam a eficiência em países como Colômbia (7), Argentina (3), Chile (2), Peru (1) e Bolívia (1). Considerando os países latino-americanos, ainda foram encontradas cinco avaliações no ensino superior mexicano.

Propõe-se ainda nesta seção, uma análise de quais pesquisadores têm se dedicado ao estudo do assunto delimitado nessa revisão sistemática da literatura. Foram listados na Tabela 6, os autores com mais trabalhos publicados dentro do conjunto de artigos considerados, as universidades às quais estão vinculados, o número de publicações encontradas nesta revisão de literatura e o número de citações recebidas. Destaca-se ainda, que não foi feita diferenciação entre autores principais e coautores.

Tabela 6 - Principais autores identificados.

| AUTORES | INSTITUTION / COUNTRY | PUBLICAÇÕES | CITAÇÕES |
|------------------------------|---|-------------|----------|
| Agasisti, T. | Politecnico di Milano - Italy | 15 | 884 |
| Johnes, J. | Lancaster University - England | 10 | 1637 |
| Johnes, G. | Lancaster University - England | 7 | 716 |
| Tran, C.-D. T. T. | University of New England - Australia | 7 | 96 |
| Villano, R. A. | University of New England - Australia | 6 | 96 |
| Thanassoulis, E. | Aston University - England | 4 | 367 |
| Wolszczak-Derlacz, J. | Gdańsk University of Technology - Poland | 4 | 309 |
| Barra, C. | University of Salerno - Italy | 4 | 95 |
| Zotti, R. | University of Salerno - Italy | 4 | 95 |
| Perez-Esparrells, C. | Universidad Autónoma de Madrid - Spain | 3 | 228 |
| Dal Bianco, A. | Istituto di Ricerca della Lombardia - Italy | 3 | 153 |
| de la Torre, E. M. | Universidad Autónoma de Madrid - Spain | 3 | 61 |
| Guccio, C. | University of Catania - Italy | 3 | 42 |
| Martorana, M. F. | University of Catania - Italy | 3 | 42 |
| Bornmann, L. | University of Munich - Germany | 3 | 38 |
| Wohlrahe, K | University of Munich - Germany | 3 | 38 |
| Soares de Mello, J. C. C. B. | Fluminense Federal University - Brazil | 3 | 24 |
| Angulo Meza, L. | Fluminense Federal University - Brazil | 3 | 23 |

Na Tabela 6 é possível verificar os pesquisadores que publicaram ao menos três artigos que abrangem o tema delimitado nessa revisão. A referida tabela destaca os autores que apresentam grande interesse nessa temática e que são expressivamente citados nesse contexto. A coluna citações está delimitada às citações recebidas pelos artigos considerados na presente revisão sistemática de literatura, sendo composta pelo somatório das citações em ambas as bases científicas, até o início do ano de 2021. Em relação às instituições nas quais os pesquisadores estão vinculados, percebe-se que apesar do grande número de aplicações de DEA no ensino superior americano, há uma predominância de autores europeus na lista apresentada na Tabela 6, principalmente ligados a instituições italianas e inglesas.

Findando esta primeira etapa da revisão de literatura, a Tabela 7 lista as revistas científicas que receberam o maior número de publicações dentre os 258 artigos selecionados.

Tabela 7 - Periódicos com maior número de publicações na área pesquisada.

| JOURNAL | FREQUENCY |
|--|-----------|
| Socio-Economic Planning Sciences | 8 |
| Applied Economics | 7 |
| Education Economics | 7 |
| Journal of the Operational Research Society | 7 |
| Scientometrics | 7 |
| Omega | 6 |
| Tertiary Education and Management | 6 |
| Espacios | 5 |
| European Journal of Operational Research | 5 |
| Sustainability | 5 |
| Annals of Operations Research | 4 |
| Economics of Education Review | 4 |
| International Journal of Educational Development | 4 |
| Amfiteatru Economic | 3 |
| Applied Economics Letters | 3 |
| Higher Education | 3 |
| International Transactions in Operational Research | 3 |
| Managerial and Decision Economics | 3 |
| Technological and Economic Development of Economy | 3 |

Além de auxiliar na identificação de periódicos com grande interesse no tema abarcado por essa revisão, a Tabela 7 ainda reforça a interdisciplinaridade do assunto, que é tratado por revistas com diferentes áreas de estudo. Dentre as principais áreas, podemos destacar: pesquisa operacional (pela própria natureza de suporte a decisão do método análise envoltória de dados), economia (econometria), ciências sociais, gestão e educação.

4.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO DAS PUBLICAÇÕES

Conhecidas algumas características do conjunto das 258 publicações selecionadas, esta subseção pretende concentrar-se na análise dos diferentes objetivos traçados pelos pesquisadores da área, ao propor a aplicação da análise envoltória de dados na avaliação da eficiência das instituições de ensino superior e todo o contexto no qual estão inseridas. Dentro do conjunto de artigos que essa revisão abrange, verifica-se um amplo leque de possibilidades de objetivos a serem perseguidos nas aplicações de DEA no contexto do ensino superior, tanto pela escolha de quais as DMUs serão avaliadas, como a natureza das atividades desenvolvidas dentro das IES que serão levadas em conta, as variáveis inerentes a cada processo, o modelo adotado pelos autores e a possibilidade de usar outras técnicas como suporte ou complemento à análise envoltória de dados.

4.2.1 DMUs utilizadas

Como ponto de partida propõe-se uma análise dos tipos de DMUs avaliadas mais frequentemente, considerando as 258 publicações selecionadas. O Gráfico 2 organiza os principais tipos de DMUs que passaram pelo processo de determinação de eficiência ao longo dos 258 estudos selecionados.

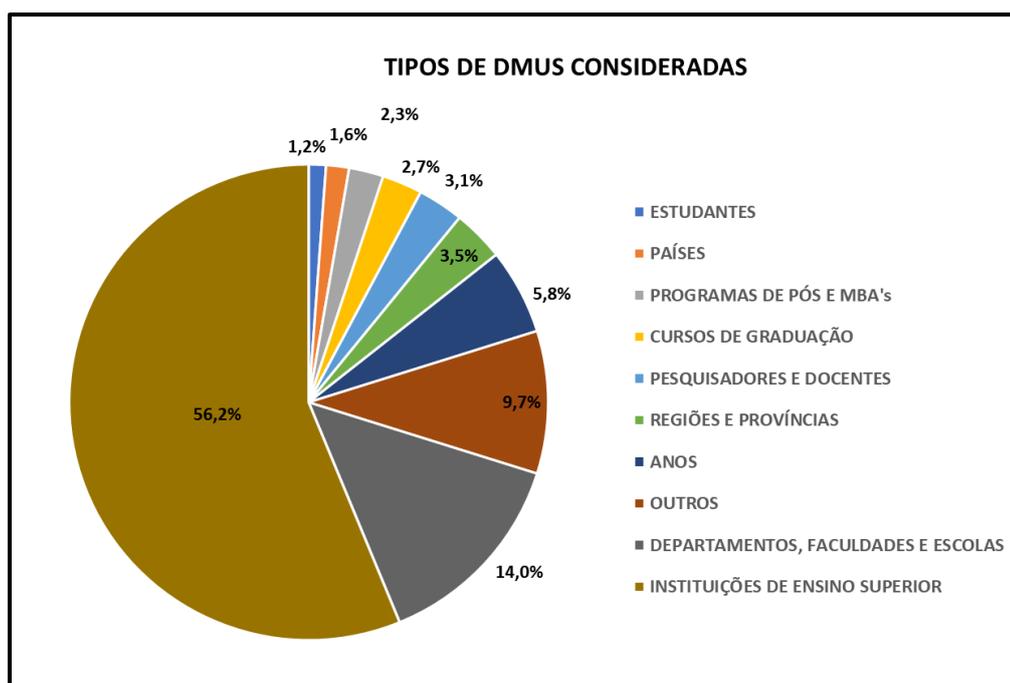


Gráfico 2 - Natureza das DMUs avaliadas

Por meio do Gráfico 2 é possível identificar que, assim como proposto nesta pesquisa, a maior parte dos estudos analisados avalia a eficiência de instituições de ensino superior. Ao analisar mais de perto esse conjunto de pesquisas, verificou-se que as propostas de avaliação de universidades públicas aparecem em grande número. Dentre os estudos que avaliam universidades públicas, podemos citar, por exemplo, os artigos propostos por Podinovski e Husain (2017), Taleb, Khalid e Ramli (2019), Ranjan e Singh (2020) e Salas-Velasco (2020), dentre outros.

É possível verificar também a existência de um número significativo de estudos que optam por avaliar departamentos acadêmicos e faculdades (*faculties*), vinculadas a determinadas universidades, como é o caso dos estudos propostos por Agasisti et al. (2011), Kounetas et al. (2011), Jablonsky (2015), Jablonsky (2016) e Su et al. (2020).

Alguns estudos consideram como DMU o desempenho de uma instituição ou parte dela ao longo de um conjunto de anos. Nesse caso, cada ano representa uma DMU diferente.

Essas pesquisas constam no Gráfico 2 como “Anos”. É possível citar como exemplo o estudo proposto por Guccio, Martorana e Mazza (2017) que avaliam a eficiência de universidades públicas italianas no período entre 2000 e 2010. Esse estudo considera 54 universidades no período de 11 anos, totalizando 594 DMUs, uma vez que o desempenho de cada universidade em cada um dos anos é avaliado individualmente.

Também foram verificados estudos que procederam a avaliações de eficiência considerando aspectos geográficos, como a proposta de comparação de sistemas de ensino superior de diferentes países. Alguns autores propõem ainda uma avaliação em determinadas regiões ou províncias dentro de um determinado país.

Cabe esclarecer ainda que, dentre as pesquisas inseridas no grupo “Outros”, encontram-se trabalhos que avaliam DMUs específicas que fazem parte das atividades desenvolvidas pelas IES, como exemplo podemos citar: hospitais universitários (LOBO ET AL., 2016), bibliotecas universitárias (SHIM; KANTOR, 1998; REICHMANN; SOMMERSGUTER-REICHMANN, 2009), candidatos a uma vaga em cursos de pós-graduação (KONGAR, SOBH, BARAL, 2009), centros de pesquisa (*research centers*) (LEE, KIM, CHA, 2014; ZHANG ET AL., 2011), campus universitários (TALEB, RAMLI, KHALID, 2019 e GHASEMI ET AL., 2020), etc.

Dessa forma, é possível compreender a complexidade inerente à avaliação dentro do contexto do ensino superior, dada as diversas possibilidades de avaliação, as diferentes possibilidades de DMUs que podem ser consideradas, desde a comparação de diferentes sistemas de ensino superior, passando por instituições de ensino superior como um todo, bibliotecas e hospitais universitários e chegando até uma avaliação a nível individual, considerando docentes e estudantes.

4.2.2 Variáveis escolhidas

Outra análise proposta nessa revisão sistemática de literatura, refere-se à identificação das variáveis utilizadas com maior frequência no processo de avaliação de eficiência no contexto do ensino superior.

A Tabela 8 lista as principais variáveis utilizadas considerando os 258 artigos que compõem a revisão, acompanhadas de um rol exemplificativo de pesquisa em que as mesmas estão incluídas no modelo avaliativo. Na referida tabela ainda é possível verificar, na coluna uso, a forma como essas variáveis são utilizadas no modelo.

Tabela 8 - Variáveis frequentemente encontradas nas publicações analisadas

| VARIÁVEL | USO | TOTAL | TOTAL | ALGUMAS DAS VARIANTES ENCONTRADAS | EXEMPLOS DE ARTIGOS |
|---|-----|-------|-------|---|---|
| Docentes | I | 218 | | academic staff, faculty, full-time equivalent faculty, full-time teachers, number of lecturers, number of associate professors, number of assistant professors, number of full-time professors, number of professors with doctorate, number of teachers, etc. | Agasisti e Dal Bianco (2009b), Agasisti e Pohl (2012), Agasisti e Ricca (2016), Barra e Zotti (2016a), Kashim, Kasim e Rahman (2018), Mousa e Ghulam (2019), Ruiz, Segura e Sirvent (2015), Shamohammadi e Oh (2019), etc. |
| | O | 12 | 234 | | |
| Despesas / Gastos | I | 130 | | academic staff expenditure, capital expenditure, costs for non-academic, departmental operating cost, expenditures, labour costs, operating costs, research expenditure, teaching costs, etc. | Flegg e Allen (2007 e 2009), Agasisti e Wolsczak-Derlacz (2016), Cáceres, Kristjanpollé e Tabilo (2014), de la Torre, Casani e Sagarra (2018), Ersoy (2021), Hock-Eam et al. (2016), Johnes e Tone (2017), etc. |
| | O | 9 | 149 | | |
| Pessoal não docente | I | 50 | | administrative staff, non-academic staff, non-academics, number of non-teaching staff, number of support staff, number total of employees (not professors), technical and administrative staff, etc. | Abbott e Doucouliagos (2003), Bouzouita (2019), Tran, et al. (2020), Kantabutra e Tang (2010), Lee, Kim, Cha (2014), Miranda, Gramani e Andrade (2012), Tran e Villano (2015, 2016, 2017, 2019), Wolsczak-Derlacz (2017 e 2018), etc. |
| | O | 2 | 53 | | |
| Pessoal em geral | I | 21 | | Human resources, equivalent personnel, technical staff, number of professional staff, staff numbers, regular staff, outsourcing, etc. | Agasisti et al. (2011), Barra e Zotti (2016c), Kempkes e Pohl (2010), Shim e Kantor (1998), Taylor e Harris (2004), Zhang et al. (2011), Rządziński e Sworowska (2016), etc. |
| | O | 2 | 24 | | |
| Infraestrutura | I | 46 | | floor area, classrooms, laboratories, number of available seats in teaching rooms, libraries and laboratories, library collection, campus area, physical resources , etc. | Tran e Villano (2015), Villano e Tran (2019), Do e Chen (2014), Abing et al. (2018), Guccio, Martorana e Mazza (2016a e 2017), Guccio, Martorana e Monaco (2016b), Miranda, Gramani e Andrade (2012), Su et al. (2020), etc. |
| | O | 3 | 50 | | |
| Estudantes de Graduação | I | 21 | | undergraduate students, bachelor students, students enrolled on undergraduate programmes, undergraduate enrollments, full-time equivalent undergraduate students, undergraduates, etc. | Navas et al. (2020), Blanco, Bares e Hrynevych (2019), Johnes (2008, 2013), Shamohammadi e Oh (2019), Papadimitriou e Johnes (2018), Sav (2019), Tran e Villano (2015, 2016 e 2019), etc. |
| | O | 28 | 50 | | |
| Estudantes de Pós-Graduação | I | 33 | | graduate students enrolled, postgraduate students, proportion of all students who are postgraduates, number of PhD students, doctoral students, master students, etc. | Agasisti e Dal Bianco (2009b), Agasisti e Pérez-Esparrells (2010), Munoz, (2016), Flegg e Allen (2007 e 2009), Podinovski e Husain (2017), Ersoy (2021), etc. |
| | O | 31 | 64 | | |
| Estudantes em geral | I | 59 | | total number of students, enrolled students, number of domestic students, active registered students, undergraduate and graduate students, etc. | Agasisti e Johnes (2009a), Agasisti e Dal Bianco (2009b), Figurek et al. (2019), Martínez-Campillo e Fernández-Santos (2020), Katharakis e Katharakis (2010), Chen e Chen (2011), de Jorge Moreno et al. (2019), etc. |
| | O | 49 | 111 | | |
| Estudantes estrangeiros | I | 2 | | number of undergraduate aliens, percentage of international students, overseas students (undergraduates and postgraduates), foreign students. | Sarrico et al. (1997), Agasisti (2011), Johnes e Ruggiero (2016), Guironnet e Peypoch (2018), Perović e Kosor (2020), etc. |
| | O | 8 | 10 | | |
| Desempenho estudantil (admissão) | I | 39 | | average unified state exam (USE), mean SAT scores (Scholastic Assessment Test), entry points, average GMAT (graduate management admission test) scores, etc. | Agasisti, Egorov e Maximova (2020), Agasisti et al. (2019, 2020), Zinkovskiy e Derkachev (2018), Cherikh, Eyob e Ikem (2004), Palocsay e Wood (2014), etc. |
| | O | 5 | 44 | | |
| Proporção professores (ou funcionários) para alunos | I | 13 | | faculty to student ratio, number of students per faculty member, staff-to-student ratio, number of graduated PhD students to a PhD supervisors, etc. | Breu e Raab (1994), Cherikh, Eyob e Ikem (2004), Agasisti (2011), Celik e Ecer (2009), González-Garay et al. (2019), Flég, Tichá e Stanislavská (2013), etc. |
| | O | 2 | 15 | | |
| Mensalidades / Taxas pagas pelos estudantes | I | 12 | | tuition and fees, tuition per student, undergraduates' fees, graduates' fees, annual tuition, revenue from tuition, etc. | Ai et al. (2019), Tran e Villano (2015), Taleb, Ramli e Khalid (2019b), Breu e Raab (1994), Guironnet e Peypoch (2018), Palocsay e Wood (2014), Tran et al. (2020), etc. |
| | O | 2 | 14 | | |
| Dummy input / Input unitário | I | 10 | | dummy input (equal to unity for all), single unitary input, etc. | Bougnol e Dulá (2006), De Witte e Rogge (2010), Turner (2013), Karagiannis e Paschalidou (2017), etc. |
| | O | 0 | 10 | | |
| Capacidade de formação | I | 7 | | graduated students, undergraduates who have successfully completed their degrees, number of masters and doctoral Graduates, PhD degrees awarded, dissertations, number of theses, etc. | Guironnet e Peypoch (2018), Abdullah et al. (2018), Canal, Amado e Hurtado (2015), Agasisti e Johnes (2009), Agasisti e Dal Bianco (2009a), Agasisti et al. (2020), Garcia e Duim (2017), Jauhar, Pant e Dutt (2018), etc. |
| | O | 176 | 187 | | |
| Publicações | I | 2 | | total number of publications, number of papers published, domestic papers, foreign papers, publications in SCOPUS database, publicaciones web of science, conference Papers, all other publications, etc. | Agasisti et al. (2011, 2019, 2020), Agasisti e Wolsczak-Derlacz (2015), Berbegal-Mirabent, Lafuente e Solé (2013), Berbegal-Mirabent (2018), Jiang, Lee e Rah (2020), Soares de Mello et al. (2006), Angulo Meza et al. (2018), etc. |
| | O | 168 | 173 | | |
| Receitas (proveniente de atividades de pesquisa) | I | 21 | | research grants, research income, funds for research, income from research, industry income, knowledge transfer income, R&D income, external funds for research activities, etc. | Abing et al. (2018), Jauhar, Pant e Dutt (2018), Gralka, Wohlrabe e Bornmann (2019), O'Hara e Sirianni (2017), Salas-Velasco (2020), Selva, Medina e Marzal (2014), Klumpp (2018 e 2019), etc. |
| | O | 61 | 83 | | |
| Outras fontes de receitas e financiamento | I | 46 | | amount of funding, state funding, government funding, government budget subsidy, total income, total revenues, income from all sources, operating revenue, other revenue, etc. | Miranda, Gramani e Andrade (2012), Lehmann et al. (2018), Tran e Villano (2015), Nazarko e Šaparauskas (2014), Ghasemi et al. (2020), Wolsczak-Derlacz (2017 e 2018), Agasisti et al. (2020), Kao e Chen (2014), etc. |
| | O | 32 | 81 | | |
| Empregabilidade | I | 2 | | employment rate, job placement, Employer satisfaction with graduate ability, graduate employability (rate), employment, etc. | Kantabutra e Tang (2010), Kosor, Perovic e Golem (2019), Avilés Sacoto et al. (2015), Fisher et al. (2017), Chang, Chung e Hsu (2012), Navas et al. (2020), etc. |
| | O | 32 | 34 | | |
| Pesquisa (indicadores gerais) | I | 1 | | number of research, research output, research quality, science and research (results of the research), research ratings, number of recognized research outputs, etc. | Abdullah et al. (2018), Glass et al. (2006), González-Garay et al. (2019), Kubak, Bacik e Gavurova (2017), Ng e Li (2000), Bougnol e Dulá (2006), etc. |
| | O | 32 | 33 | | |
| Patentes | I | 0 | | patents, number of patents granted, number of patents and copyrights, research Patents, issued patents for inventions and utility models, etc. | Canto e Lopez (2018), Torrejon e Cáceres (2020), Nunez e Meza (2018), Wu et al. (2020), Lee, Kim e Cha (2014), Chen e Chen (2011), Firsova e Chernyshova (2020), etc. |
| | O | 23 | 23 | | |
| Desempenho estudantil (saída) | I | 1 | | average graduates' results, Saber PRO Exam, students' degree performances according to the graduates' degree marks, ENADE score for graduating students, etc. | Jauhar, Pant e Dutt (2018), Johnes (2006a e 2006b), Barra e Zotti (2016b), Rodrigues e Gontijo (2019), Tavares e Angulo Meza (2017), Navas et al. (2020), etc. |
| | O | 17 | 18 | | |
| Citações | I | 0 | | citations, total number of citations, citations per research, total citations normalized, number of citations per paper, etc. | Amara, Rhaïem e Halilem (2020), Su et al. (2020), Klumpp (2018), Guironnet e Peypoch (2018), Szuwarzynski (2018), etc. |
| | O | 17 | 17 | | |
| Projetos | I | 3 | | number of projects, number of scientific projects, consulting project, sponsored project, research projects, total amount of R&D projects, amount of accomplished projects etc. | Blecich (2020), Mammadov e Aypay (2020), Zhu et al. (2018), Gunay e Dulupcu (2019), Kadilar (2015), Sahney e Thakkar (2016), Agasisti, Egorov e Maximova (2020), etc. |
| | O | 13 | 16 | | |
| Medidas de sustentabilidade | I | 5 | | energy use, water use, paper use, landfilled waste, GHG emission, total carbon emissions of the institution, etc. | Ai et al. (2019), Curi et al. (2019), Puertas e Marti (2019), Jauhar, Pant e Dutt (2018), O'Hara e Sirianni (2017), Rządziński e Sworowska (2016), etc. |
| | O | 10 | 15 | | |
| Terceira Missão (Serviços) | I | 3 | | number of spin-offs created, number of agreements with other institutions, number of contracts, university-industry agreements, etc. | Berbegal-Mirabent, Lafuente e Solé (2013), Berbegal-Mirabent (2018), Blecich (2020), Papadimitriou e Johnes (2018), Ng e Li. (2000), Juárez e Sánchez (2019), etc. |
| | O | 11 | 14 | | |
| Indicadores de satisfação e expectativa | I | 5 | | satisfaction with the teacher or lecturer, student satisfaction index, undergraduate satisfaction index, student satisfaction, average student expectations, etc. | Fuentes, Fuster e Lillo-Bañuls (2016), Barra e Zotti (2016c), González-Garay et al. (2019), Johnes (2013), Mainardes, Alves e Raposo (2014), Colbert, Levary e Shaner (2000), etc |
| | O | 9 | 14 | | |
| Retenção / Evasão / Taxa de Sucesso | I | 0 | | freshman retention rate, dropout students, dropout percentage, completion rate, retention rate, etc. | Breu e Raab (1994), Saljooghi e Rayeni (2011), Suescun, Cubillos e Cárdenas (2015), Tran e Villano (2016), Ruiz, Segura e Sirvent (2015), etc. |
| | O | 11 | 11 | | |
| Ensino (indicadores gerais) | I | 4 | | teaching (as a aggregate weighted scores), teaching (from the THE ranking), teaching rating, teaching hours, etc. | Thanassoulis et al. (2017), Klumpp (2018 e 2019), Sarrico et al. (1997), Sarrico e Dyson (2000), Qin, Zhang e Zhu (2018), etc. |
| | O | 7 | 11 | | |

Conforme é possível verificar na Tabela 8, as variáveis utilizadas pelos autores dos artigos que compõem essa revisão foram separadas e classificadas em categorias gerais, de acordo com o disposto na primeira coluna. Ressalta-se que apenas as variáveis mais relevantes (mais frequentes) estão dispostas na referida tabela. O processo de incluir uma variável em determinada categoria depende, em certa medida, da interpretação do pesquisador que conduz a revisão e podem ser encontradas, em casos pontuais, outras interpretações de acordo com o ponto de vista do leitor. Entretanto, com intuito de validar a classificação de determinadas variáveis, a Tabela 8 foi elaborada com a ajuda de alguns conceitos verificados no artigo de Berbegal-Mirabent e Solé Parellada (2012).

Dessa forma, a Tabela 8 apresenta o conjunto mais amplo (categoria) em que a variável está inserida, a forma como os autores utilizam essa variável nos modelos de avaliação de eficiência (*input*, *output*, variável intermediária, *link* ou variável de transporte, conhecida também como variável *carry-over*, encontradas em modelos dinâmicos), as variações encontradas em cada categoria, e por fim, um conjunto exemplificativo de artigos que usam essas variáveis.

Ressalta-se ainda que, variáveis similares, pertencentes a uma mesma categoria, são utilizadas por determinados autores na mesma avaliação de eficiência. Nesse caso, as variáveis são contabilizadas individualmente. Por exemplo, no artigo de Jiang, Lee e Rah (2020), as variáveis *number of domestic papers* e *number of foreign papers* foram contabilizadas cada uma, dentro da categoria Publicações. Contudo, quando uma mesma variável é utilizada em modelos diferentes dentro do mesmo artigo, essa variável é contabilizada apenas uma vez.

Destaca-se ainda que algumas pesquisas optam pelo uso de variáveis exógenas (*exogenous variables*), ou seja, que estão fora do controle da gestão da unidade avaliada, para verificar como elas podem afetar a performance de determinadas DMUs. São exemplos de variáveis exógenas encontradas em estudos como Chuanyi, Xiaohong e Shikui (2016), Tran e Villano (2019), Agasisti et al. (2020), Martínez-Campillo e Fernandez-Santos (2020), a idade da instituição analisada, sua localização e a natureza (público ou privada), ou se a mesma possui faculdade de medicina. Ressalta-se ainda que essas variáveis não foram contabilizadas durante a elaboração da Tabela 8.

Em relação às variáveis encontradas com maior frequência entre os estudos de avaliação de eficiência no ensino superior, sem dúvidas, o corpo docente é considerado como uma variável chave e impacta diretamente a performance das unidades avaliadas. Essa variável é amplamente utilizada pelos autores dos artigos selecionados nessa revisão,

conforme mostrado na Tabela 8. É possível ainda perceber que o número de docentes é usado predominantemente como uma variável de entrada no modelo, sinalizando que o corpo docente envolvido nas atividades de ensino, pesquisa e extensão exerce um papel fundamental na obtenção dos resultados esperados pelas instituições universitárias.

Cabe destacar que a variável docentes é utilizada de diversas maneiras dentre os artigos analisados, desde formas mais simples, como número de professores ou equipe acadêmica, até formas segmentadas, como visto em Ersoy (2020), onde o corpo docente é dividido em quatro diferentes categorias (*full professor, associate professor, assistant professor e lecturers*). Já Kashim, Kasim e Rahman (2018) além de considerarem a posição em que o docente está na carreira (*professors, associate professors, senior lecturers ou lecturers*), inclui ainda uma quinta categoria (*foreign academic staff*).

Além dessas diferenças no uso da variável docentes, destaca-se que muitos artigos propõem a contabilização dos docentes de acordo com suas jornadas (*full time x part-time*), usando um padrão de equivalência em tempo integral (*full-time equivalent*). Esse mesmo procedimento pode ser encontrado nas variáveis referentes ao pessoal não docente e estudantes. Por fim, alguns autores propõem diferenciar seu corpo docente de acordo com suas titulações (mestrado ou doutorado), como ocorre, por exemplo, em artigos como Navas et al. (2020) na avaliação de IES colombianas e Miranda, Gramani e Andrade (2012) na avaliação de um conjunto de IES privadas no Brasil.

Outras variáveis que são utilizadas predominantemente como *inputs* e amplamente encontradas nos estudos analisados são as variáveis financeiras, em geral inerentes aos gastos e despesas das unidades avaliadas, ao orçamento disponível e as fontes de financiamento, principalmente ao financiamento estatal. Somam-se a esse grupo as variáveis referentes ao desempenho dos estudantes antes da sua admissão (como a média das notas obtidas pelos estudantes no ensino médio ou a quantidade dos alunos entre os melhores da turma do ensino médio), durante o processo de admissão (como o uso da pontuação dos estudantes no *Scholastic Aptitude Test* (SAT), que serve de critério para admissão nas universidades norte-americanas) ou no início do curso (como o desempenho dos estudantes brasileiros ingressantes de cada curso no ENADE). Podemos encontrar ainda variáveis referentes à infraestrutura, o número de estudantes matriculados nas instituições universitárias e o pessoal não docente.

Em relação às variáveis majoritariamente utilizadas como *outputs*, destacam-se aquelas que remetem a capacidade de formação dos sistemas de ensino superior, das instituições ou de outras unidades avaliadas, em diversos níveis (graduação, mestrado e

doutorado). Destaca-se ainda que esse tipo de variável é comumente remetida ao desempenho de determinada instituição em relação à perspectiva ensino, como verificado, por exemplo, em Berbegal-Mirabent, Lafuente e Solé (2013), Brzezicki e Rusielik (2020), Brzezicki, Pietrzak e Cieciora (2020) e Lešková e Šipikal (2019).

A variável publicações também é amplamente utilizada, abrangendo além de artigos científicos, outros tipos de publicações como livros, revisões e pesquisas apresentadas em conferências (*conference papers*). Constantemente classificados como uma variável de saída, a quantidade de publicações está relacionada em muito dos artigos com o desempenho da universidade ou da unidade sob avaliação na perspectiva pesquisa. Por exemplo, Angulo Meza et al. (2018) propõe uma abordagem NDEA, utilizando como *outputs* exógenos publicações de artigos científicos em periódicos avaliados pela CAPES com o objetivo de avaliar a qualidade da pesquisa em programas de pós-graduação. Já Su et al. (2020) diferencia as pesquisas publicadas em periódicos nacionais e internacionais na avaliação de departamentos de estatística em universidades chinesas.

A respeito da variável publicações, cabe acrescentar que um conjunto de autores, com o intuito de selecionar os artigos mais relevantes e ir além de uma proposta de análise meramente quantitativa das publicações realizadas pelas unidades avaliadas, propõem considerar a qualidade dessas publicações (aspecto qualitativo) e assim, selecionar apenas as pesquisas publicadas em reconhecidas bases científicas de dados, sendo as mais mencionadas as bases Scopus e Web of Science (ISI). Os artigos propostos por Wolszczak-Derlacz e Parteka (2011), de la Torre, Gómez-Sancho e Perez-Esparrells (2017) e de Jorge Moreno et al. (2019), por exemplo, optam por utilizar publicações indexadas à base Web of Science. Por outro lado, Cortés-Sánchez (2016), Sagarra, Mar-Molinero e Agasisti (2017) e Mousa e Ghulam (2019) avaliam a pesquisa com base em publicações indexadas à base Scopus.

Assim como alguns artigos levam em consideração o desempenho dos estudantes no momento de sua admissão, também considera-se como variável de saída no modelo de avaliação o desempenho do estudante concluinte. A média da nota do ENADE dos concluintes da graduação é utilizada por de Almeida et al. (2018) como uma medida de ensino, na avaliação de departamentos de economia em IES brasileiras. Já Navas et al. (2020), Suescún, Cubillos e Cárdenas (2015), Visbal-Cadauid, Martínez-Gómez e Guijarro (2017) e Visbal-Cadauid, Mendoza e Hoyos (2019) utilizam os resultados do exame colombiano Saber Pro que visa medir a qualidade do ensino superior no país. Esse exame é aplicado para alunos que estão prestes a concluir sua educação universitária e é obrigatório, como um pré-requisito para a formatura (Delgado-Ramírez, 2013).

Por fim, receitas provenientes de pesquisa (*research grants*), citações, patentes e indicadores que refletem a empregabilidade dos estudantes já formados são outras variáveis bastante utilizadas, principalmente como *outputs*, nos estudos analisados.

4.2.3 Modelos DEA encontrados e outras considerações

A definição do modelo para a obtenção dos escores de eficiência é uma das etapas imprescindíveis no processo de avaliação de eficiência com DEA. Ao longo dos artigos analisados nessa revisão, verifica-se o uso frequente dos modelos tradicionais de DEA (modelo de retornos constantes de escala - CCR - e modelo de retornos variáveis de escala - BCC). É comum ainda encontrar estudos que avaliam a eficiência a partir desses dois modelos, dispondo ao final, a chamada eficiência de escala, quociente obtido a partir da divisão do primeiro pelo segundo modelo.

Alinhado as observações realizadas por Wang (2018) e por Perović e Kosor (2020), que afirmam que o modelo de retornos variáveis de escala com orientação a *outputs* é um modelo comumente utilizado na literatura referente a avaliação de eficiência educacional, é possível perceber que dentre os modelos tradicionais, o modelo BCC com orientação a *outputs* leva uma pequena vantagem em relação aos demais dentro do conjunto de artigos observados nessa revisão. Assim, como uma possível justificativa para o uso frequente do modelo BCC, os pesquisadores Joumady e Ris (2005) e de la Torre, Agasisti e Perez-Esparrells (2017) explicam que em um cenário em que as unidades sob avaliação apresentam diferenças significativas de tamanho, o modelo de retornos variáveis de escala mostra-se mais vantajoso, já que essas diferenças são levadas em consideração. Nesse sentido, Dip, Arguibel e Wittig (2019) lembram que o modelo BCC elimina qualquer influência que uma possível economia de escala poderia conceder ao escore de eficiência das DMUs. Em relação a orientação a *outputs*, o fato que existe uma dificuldade por parte dos gestores da área educacional em controlar o nível de *inputs* utilizados (Martínez-Campillo e Fernandez-Santos, 2020) explicaria a opção de muitos autores em orientar o modelo dessa forma.

Dentre os estudos analisados é possível encontrar ainda outras variações de modelos DEA, sendo possível mencionar como exemplos: o modelo baseado em folgas (*Slack Based Measure* - SBM), proposto por Tone (2001); o modelo DEA *window analysis* que foi introduzido por Charnes et al. (1985), com o intuito de examinar variações na eficiência de DMUs, ao longo do tempo; modelos de super eficiência (ANDERSEN; PETERSEN, 1993), que tem por intuito comparar a DMU sob avaliação com uma combinação linear de outras DMUs analisadas, excluindo as observações da DMU em avaliação, o que possibilita a

obtenção de escore de eficiência superiores a 1 (ANGULO MEZA; LINS, 2002); e modelos de análise envoltória de dados em rede, como proposto neste artigo.

A respeito dos modelos DEA em rede, não são muitos os artigos encontrados ao longo dos estudos analisados. No total, apenas oito estudos utilizam a abordagem Network DEA para avaliação de eficiência no contexto do ensino superior. Dentre esses estudos, diferentes objetivos são formulados para a escolha de um modelo multiestágio. Kashim, Kasim e Rahman (2018) propuseram, por exemplo, um modelo NDEA com estrutura hierárquica para a avaliação do corpo docente universitário com base em três perspectivas (ensino, pesquisa e serviços). Já Lee e Worthington (2016) propuseram um modelo em rede composto por dois estágios com intuito de avaliar a pesquisa realizada em universidades australianas. Embora os autores considerem apenas as atividades de pesquisa das universidades, reconhecem que há um amplo espaço para ampliar a abordagem proposta, incluindo a atividade de ensino no modelo.

Em relação ao uso de Network DEA dentro do contexto da educação superior brasileira foram encontradas duas pesquisas. A primeira, proposta por Lobo et al. (2016) utiliza um modelo NDEA dinâmico para avaliar a eficiência de hospitais universitários vinculados a IES federais. Nesse estudo são levadas em consideração as atividades de ensino, pesquisa e a assistência em saúde e propõe-se o monitoramento das variações anuais de desempenho durante um período de quatro anos. O segundo estudo, desenvolvido por Angulo Meza et al. (2018), já mencionado, propõe um modelo NDEA com dois estágios para avaliar a produção científica de programas de pós-graduação vinculados a IES brasileiras.

4.2.4 Métodos complementares

Outra característica encontrada nos estudos analisados é o uso de métodos complementares ou adicionais em conjunto com a análise envoltória de dados. Dentre os métodos mais utilizados podemos citar o método estatístico *bootstrap*, em especial a metodologia *double bootstrap* DEA, proposta por Simar e Wilson (2007). Uma das justificativas apontada pelos autores para o uso do referido modelo seria a alta sensibilidade à presença de outliers, apresentada pelos modelos DEA tradicionais, e, sobretudo, a ausência de propriedades estatísticas devido à sua natureza determinística, o que gera estimativas de eficiência viesadas que seriam corrigidas pela metodologia proposta (MARTÍNEZ-CAMPILLO; FERNANDEZ-SANTOS, 2020). Como exemplos de artigos que utilizam o referido modelo podemos citar Wolszczak-Derlacz e Parteka (2011), Curi, Daraio e Llerena

(2012), Tran e Villano (2016), Barra, Lagravinese e Zotti (2018), Salas-Velasco (2020), entre outros.

Pode ser mencionado ainda o número significativo de trabalhos que usam DEA em conjunto com índice de Malmquist (Malmquist Productivity Index - MPI). De forma simples, o índice de Malmquist mede a variação da produtividade em períodos distintos de tempo (t e $t + 1$) (SILVA ET AL. 2009). González-Garay et al. (2019) propõe, por exemplo, a análise da variação da produtividade em universidades britânicas entre os anos de 2017 a 2019. Nesse cenário, outros trabalhos que aplicam o índice de produtividade de Malmquist (MPI) junto com o método DEA são Thanassoulis et al. (2011), Zhang et al. (2011), Lita (2018), Lešková e Šipikal (2019), Zhang, Wu e Zhu (2020), entre outros.

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), proposto por Saaty (1980, 1986, 1990), o método paramétrico de análise de fronteira estocástica (SFA), o método não paramétrico *Free Disposal Hull* (FDH), derivado de discussões a partir de Deprins, Simar e Tulkens (1984) e modelos de regressão Tobit são, de igual forma, amplamente utilizados juntamente com DEA nos artigos analisados.

Por fim, cabe ressaltar a contribuição dessa revisão sistemática de literatura, que possibilita criar uma base sólida de conhecimentos relacionados ao uso da análise envoltória de dados aplicada ao contexto do ensino superior, baseado em um número expressivo de artigos publicados em revistas indexadas a bases científicas relevantes.

Diversas características desses estudos foram observadas, analisadas, sintetizadas e organizadas, de forma que essas informações possam contribuir para a robustez do modelo desenvolvido e do estudo de caso proposto.

Nessa seção foram identificadas as variáveis amplamente utilizadas nesse contexto, a diversidade de objetivos definidos pelos autores ao aplicar diferentes modelos DEA a diferentes atividades e cenários dentro do contexto do ensino superior e verificar o protagonismo das atividades de ensino e pesquisa dentro das instituições universitárias, com base na ampla preocupação em inseri-las nos processos avaliativos.

Foi possível ainda verificar que poucos estudos optam por abordagens em rede para a avaliação no ensino superior. A abordagem NDEA pode auxiliar na avaliação de instituições de ensino superior, dado os diferentes subprocessos existentes desde o consumo de recursos até os resultados apresentados. Nesse sentido, essa revisão pôde identificar essa lacuna, principalmente quando levado em consideração as diferentes atividades desempenhadas por essas instituições.

5 ABORDAGEM EM REDE PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DE IES

Nas seções anteriores foi possível observar e compreender as dificuldades, a complexidade e os desafios inerentes às instituições de ensino superior. Ficou claro como é desafiador o processo de avaliação dessas instituições e discutido como a metodologia atual de avaliação no ensino superior brasileiro está estruturada. Com uma seção dedicada a análise das aplicações de DEA no ensino superior, verifica-se o número expressivo de estudos que utilizam a referida técnica, sob diferentes focos, para determinar a eficiência dentro desse contexto e como a análise envoltória de dados pode contribuir na avaliação desse cenário com múltiplos recursos e múltiplos resultados.

Essa seção dedica-se a detalhar o desenvolvimento de uma abordagem avaliativa multiestágio, baseada em Network DEA, capaz de medir a eficiência de instituições universitárias, tendo como base os aspectos teóricos levantados nas seções anteriores, a necessidade de um enfoque capaz de avaliar de forma abrangente as IES, principalmente aquelas custeadas com recursos públicos, que são cada vez mais escassos, e, ainda, que forneça resultados que sejam de fácil compreensão para os gestores e planejadores, servindo como um facilitador no processo de decisão e que auxiliem na busca de melhorias institucionais constantes.

Para isso, propõe-se o uso da abordagem DEA em rede, na busca por atender o objetivo geral definido nessa pesquisa, ou seja, contribuir com as metodologias de avaliação do ensino superior existentes, utilizando DEA como instrumento para medir o desempenho institucional das IES e considerando múltiplas atividades exercidas pela universidade, principalmente ligadas às atividades exercidas na graduação e na pós-graduação, essenciais ao cumprimento da função social dessas instituições. Além disso, os escores de eficiência resultantes dessa abordagem, representam uma contribuição em relação à aproximação da avaliação proposta no SINAES e a avaliação dos programas de pós-graduação proposta pela avaliação quadrienal da CAPES, fornecendo resultados a níveis institucionais, dada as características da rede proposta.

Assim, esta seção está organizada da seguinte forma: primeiramente a estrutura em rede é apresentada e considerações são tecidas em relação a organização dos estágios. Em seguida, são descritas as diferentes variáveis que compõem a rede proposta, justificando-se o uso de cada uma delas. Logo depois, propõe-se um debate sobre a função de cada variável nos estágios nas quais participam e suas interrelações na rede. Por fim, dispõem-se a definição do modelo matemático usado para o cálculo da eficiência.

5.1 ESTRUTURA DA REDE

A opção pela utilização de uma abordagem Network DEA viabiliza a avaliação multiestágio, considerando a complexidade das instituições avaliadas e poderá englobar a diversidade de aspectos inerentes ao ensino superior brasileiro. Kao (2014) salienta que alguns estudos utilizam a análise envoltória de dados em rede (NDEA), com intuito de medir a eficiência de um sistema, levando em conta sua estrutura interna e proporcionando resultados mais significativos e informativos.

Conforme demonstrado na rede ilustrada abaixo, por meio da Figura 11, e organizada de forma a refletir diversas atividades inerentes às instituições universitárias, o presente estudo considera o financiamento dessas instituições como ponto de partida para o desenvolvimento de suas atividades essenciais, cabendo aos gestores a aplicação eficiente desses recursos financeiros em recursos humanos e materiais que efetivamente conduzirão as IES a alcançarem seus resultados. Por fim, esses recursos humanos e materiais financiados apoiarão as atividades desenvolvidas na graduação e na pós-graduação.

Reconhecendo a indissociabilidade entre as principais atividades universitárias, a abordagem proposta considera a graduação como principal responsável pelo ensino e formação de mão de obra qualificada, esperando-se que além de formar um número adequado de alunos de graduação em relação aos recursos que a instituição dispõe, deve zelar pela qualidade da formação, que pode ser demonstrada por meio do nível de conhecimento dos alunos formados pelos seus cursos. Já a pós graduação, com o compromisso de formação de pesquisadores e docentes de alto nível, além de privilegiar o aspecto formativo, dedica-se de igual forma ao desenvolvimento de produção científica e inovação, em geral, vinculadas à pesquisa realizada ao longo das dissertações e teses elaboradas pelos discentes em parceria com os docentes de cada programa.

Ressalta-se ainda que as atividades de extensão não foram contempladas na referida rede, dado os conceitos difusos que lhe são atribuídos, a dificuldade de encontrar indicadores capazes de refletir o desenvolvimento dessas atividades nas IES e as limitações em medir o impacto dos resultados para a comunidade atendida por essas atividades.

Nesse sentido, Paula (2013) reforça as dificuldades que as universidades têm apresentado em compreender e assimilar adequadamente a extensão universitária. O autor atribui essas dificuldades, dentre outros fatores, à natureza intrinsecamente interdisciplinar dessa dimensão, ao fato das atividades de extensão se realizarem, em grande medida, além das salas de aula e dos laboratórios, pelo fato de estarem voltadas para o atendimento de

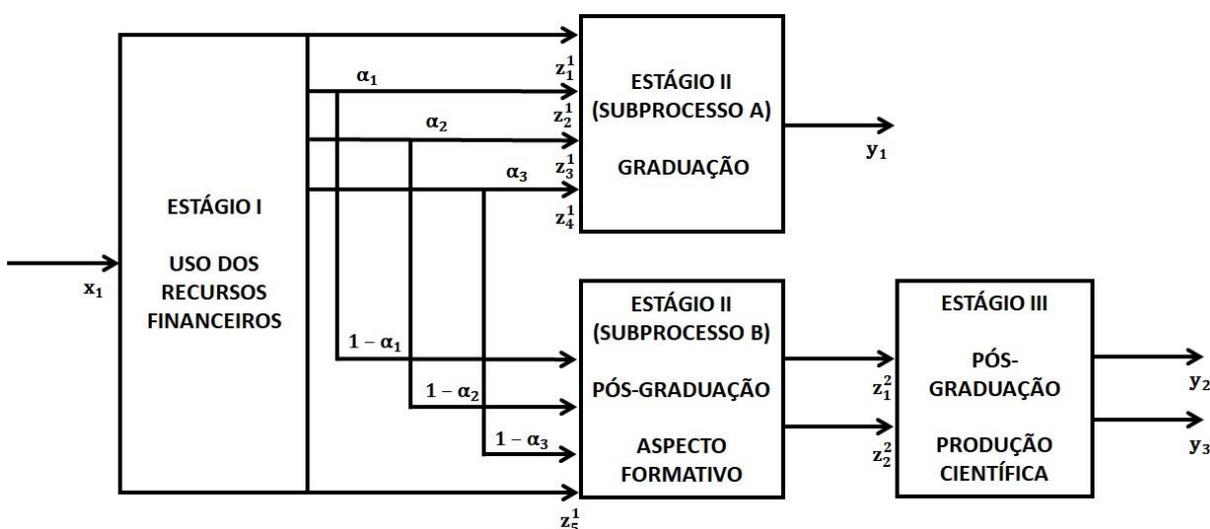
demandas por conhecimento e informação de um público amplo, difuso e heterogêneo e por fim, menciona ainda que a extensão foi a última das dimensões acadêmicas a surgir.

Na discussão de trabalhos futuros desta tese se reconhece a necessidade de incorporar as atividades de extensão na avaliação das IES, sendo necessário antes, um estudo aprofundado e um consenso sobre o conceito e a natureza da extensão universitária.

Cabe ressaltar ainda, que a abordagem em rede proposta pode ser adaptada à avaliação de diferentes IES, de acordo com a disponibilidade dos dados, e observando a homogeneidade das instituições consideradas. Entretanto, devido às características da estrutura em rede e das variáveis utilizadas, sugere-se que a abordagem proposta, se mostra mais adequada para a avaliação de universidades públicas.

Após essas considerações, a Figura 11 ilustra, por meio de um fluxo ordenado, a disposição proposta para os *inputs* da abordagem multiestágio, as variáveis intermediárias e os *outputs* considerado no processo avaliativo.

Figura 11 - Estrutura da rede



A rede ilustrada na Figura 11 apresenta uma estrutura mista, conforme explicado na subseção 3.2, composta por três estágios. Em consonância com o que foi exposto no início dessa seção, o primeiro estágio retrata a forma como os recursos financeiros são aplicados para prover recursos humanos e materiais para o desenvolvimento das atividades da graduação e pós-graduação. Alguns desses recursos são alocados exclusivamente em uma dessas atividades, outros são compartilhados entre as duas atividades. O segundo estágio subdivide-se em dois diferentes processos. O subprocesso A refere-se exclusivamente à graduação e o subprocesso B refere-se à pós-graduação, mais especificamente, com a

preocupação na formação dos alunos de mestrado e doutorado, que por sua vez vincula-se ao terceiro estágio, com a produção de pesquisa e inovação relacionada ao trabalho desenvolvido pelos alunos e docentes durante o período em que esses estudantes estiveram matriculados na instituição. Para detalhar ainda mais a estrutura da rede, estão listadas na subseção 5.2, disposta a seguir, as variáveis utilizadas na abordagem proposta e suas respectivas interrelações.

5.2 VARIÁVEIS UTILIZADAS NA ABORDAGEM MULTIESTÁGIO

Nessa subseção serão descritas as variáveis que compõem a estrutura apresentada na Figura 11. Trata-se de um conjunto de variáveis relevantes para o contexto analisado e amplamente utilizadas em estudos de avaliação de eficiência do ensino superior, conforme verificado na revisão de literatura. Algumas dessas variáveis também podem ser encontradas em rankings acadêmicos e até mesmo dentro do processo avaliativo oficial do ensino superior brasileiro, conforme destacado em seções anteriores.

Fuentes, Fuster e Lillo-Bañuls (2015) lembram que as avaliações com DEA exigem um cuidado especial na seleção das variáveis a serem incluídas na análise. Os autores sugerem que uma revisão de estudos anteriores, conforme procedido nessa pesquisa, pode auxiliar nesse processo de seleção de variáveis.

Destaca-se ainda que o conjunto de variáveis utilizadas nessa abordagem em rede reflete em especial o ensino e a pesquisa desenvolvidos pelas IES, tanto em nível de graduação quanto em nível de pós-graduação. Agasisti (2016) destaca como característica principal das IES, a produção simultânea de ensino e pesquisa das IES. Nesse sentido, Contreras e Lozano (2020) atestam ainda que a abordagem mais usada para selecionar entradas e saídas na avaliação da eficiência das IES é o modelo de produção que inclui duas áreas principais: ensino e pesquisa. Por sua vez, Do e Chen (2014) complementam que as atividades de ensino e pesquisa são consideradas as duas principais tarefas de uma universidade. Para avaliar o desempenho, precisamos de indicadores que possam representar o cumprimento das tarefas de ensino e pesquisa.

Segue abaixo a descrição das variáveis, e na subseção seguinte alguns comentários a respeito da organização da rede serão tecidos.

- **Despesas executadas do orçamento das IES (x_1):** Representa os principais recursos despendidos por cada instituição, entre eles despesas com pessoal e encargos, outras despesas correntes e investimentos realizados. Destaca-se que esse valor, obtido através do Portal da

Transparência do Governo Federal, inclui os valores executados por diversas unidades gestoras, incluindo os Hospitais Universitários, quando for o caso. Cabe esclarecer que trata-se da única variável financeira da estrutura em rede, uma vez que, o uso de mais de uma variável referente a valores monetários deve ser evitado no mesmo modelo, já que os diferentes pesos atribuídos a cada uma delas, acabariam impondo valores diferentes para a mesma moeda. Como única entrada exógena, seu objetivo é identificar como as IES têm aplicado seus recursos, considerando a manutenção de insumos para desenvolver as atividades ligadas a graduação e pós-graduação das IES. Kuah e Wong (2011) afirmam que as despesas universitárias são um recurso compartilhado tanto para atividades de ensino quanto de pesquisa. Afirmam ainda que determinar a proporção dos gastos para ambas as funções normalmente é uma tarefa difícil, senão impossível. No presente estudo, a opção por uma abordagem NDEA contribuiu para contornar essa dificuldade, uma vez que os recursos financeiros são utilizados no estágio I, para financiar uma estrutura comum para ambas as atividades. Na subseção 4.2, fica claro como as diferentes despesas inerentes as IES são amplamente utilizadas como variável de entrada em avaliações de eficiência.

• **Total de alunos matriculados na graduação (z_1^1):** Representa o número total de estudantes matriculados nos cursos de graduação de cada IES. Brzezicki e Rusielik (2020) afirmam que o número de estudantes, ao lado do número de professores, de outros funcionários, e de algumas categorias financeiras são as variáveis de entrada mais comumente utilizadas inerentes à avaliação do ensino. No caso da aplicação da abordagem proposta nesse estudo em universidades federais brasileiras, serão considerados tanto os alunos de graduação matriculados na modalidade presencial, quanto na modalidade a distância (EAD). Em geral, os estudantes demandam recursos financeiros de natureza diversa, como, assistência estudantil, bolsas de iniciação científica, custo com despesas relacionadas ao fornecimento de insumos (e.g. energia elétrica e água), manutenção da infraestrutura disponível, etc. Dessa forma, considera-se forte a relação entre a presente variável e as despesas executadas pelas IES. É importante destacar ainda, que este artigo reconhece que os alunos da modalidade EAD normalmente consomem menos recursos que os demais, entretanto, esses estudantes devem ser considerados na análise tanto pela estrutura mínima necessária para mantê-los (secretarias, laboratórios, bibliotecas, etc.), como pela necessidade de considerá-los na variável de saída, que será posteriormente descrita (alunos de graduação concluintes). Ainda é necessário pontuar que, os estudantes dos cursos a distância estão vinculados a uma determinada IES, e que existe uma diferença em relação a forma como a estrutura oferecida é

utilizada. Considera-se ainda que, em muitos casos, os cursos à distância ainda oferecem uma estrutura própria, fora da estrutura das universidades federais, e que, docentes de outras instituições participam da formação desses alunos. Entretanto, entende-se que a abordagem proposta é uma representação da realidade, e não contabilizar os alunos matriculados em cursos de graduação EAD afetaria a qualidade dos resultados obtidos.

• **Número de docentes (z_1^2):** Número de professores que exercem diretamente as atividades de ensino e pesquisa em cada uma dessas instituições. Representa uma das variáveis mais importantes do modelo. Assim como verificado na seção referente à revisão sistemática de literatura, Mikušová (2020) conclui após a observação de diferentes estudos que, o corpo docente é um dos *inputs* mais utilizados nesse contexto. Salienta-se que, para a construção das estruturas em rede proposta nessa seção, algumas variáveis consideradas podem alimentar diferentes processos, como acontece com essa variável, que será tratada como um *input* compartilhado. Cabe ressaltar que, entende-se como um *input* compartilhado, um recurso que é distribuído dentro da rede de forma a alimentar dois processos distintos. No caso da variável docente, os processos relativos às atividades de ensino e pesquisa. Conforme explica Kao (2017), essa variável dentro de uma universidade tem um papel importante tanto para o desenvolvimento de atividades de ensino (lecionando na graduação por exemplo), quanto para o desenvolvimento de pesquisa (como acontece na pós-graduação, principalmente). Nesse estudo, outras duas variáveis funcionam de forma similar, como ficará mais claro adiante.

• **Servidores Técnico-administrativos (z_1^3):** Trata-se do número de funcionários técnicos e administrativos que desempenham funções de suporte às atividades de ensino e pesquisa. Destaca-se que essa variável inclui os técnicos lotados em hospitais universitários, caso existam, mas não abrange o conjunto de funcionários sem vínculos diretos com a universidade (terceirizados). Assim como a variável corpo docente, o número de pessoal de apoio é amplamente utilizado na avaliação de IES. Nessa pesquisa, o número de funcionários técnico-administrativos representa a segunda das três variáveis compartilhadas entre as atividades de graduação e pós-graduação, conforme pode ser verificado na Figura 11.

• **Área construída (z_1^4):** Assim como as duas variáveis descritas anteriormente, trata-se de um recurso compartilhado tanto para as atividades desenvolvidas pela graduação, quanto para as atividades de pós-graduação. Representa a infraestrutura disponível para o desenvolvimento de atividades essenciais, como por exemplo, salas de aula, laboratórios de

ensino e pesquisa, administração, restaurantes universitários, espaços para o desenvolvimento de atividades diversas, bibliotecas, etc.

- **Alunos matriculados em programas de pós-graduação (z_1^5):** Considera-se nesse estudo, como uma das entradas no estágio referente às atividades da pós-graduação, as matrículas em todos os programas de pós-graduação, seja em nível de mestrado ou doutorado. Essa variável reflete, junto com o corpo docente credenciado, um dos principais impulsores para o desenvolvimento de pesquisa dentro da universidade, principalmente por meio dos estudos provenientes de suas dissertações e teses. Nesse sentido, Munoz (2016), por exemplo, utiliza essa variável como *input* para representar capacidade de pesquisa de universidades chilenas.

- **Dissertações defendidas (z_2^1):** Número de trabalhos finais defendidos em nível de mestrado. Representa um *proxy* em relação à quantidade de mestres formados por cada IES. Ressalta-se que foram separados o número de dissertações e teses, considerando que o tempo e a complexidade das pesquisas são diferentes nesses dois níveis. A originalidade teórica exigida para as teses de doutorado as torna mais importantes do que as dissertações de mestrado (Soares de Mello et al., 2006). Dessa forma, incentiva-se o uso de restrições aos pesos que favoreçam as teses em detrimento às dissertações.

- **Teses defendidas (z_2^2):** Número de trabalhos finais defendidos em nível de doutorado. Representa um *proxy* em relação à quantidade de doutores formados por cada IES. Assim, como as dissertações, esses estudos irão proporcionar o desenvolvimento de artigos e produtos dentro dos programas de pós-graduação. O presente estudo entende que grande parte da produção científica desenvolvida nas universidades públicas brasileiras passa por pesquisas realizadas por alunos de pós-graduação matriculados nessas instituições. A abordagem avaliativa proposta por Angulo Meza et al. (2018) reforça essa premissa. No referido estudo os autores propõem um modelo NDEA multiplicativo relacional de dois estágios, no qual a pesquisa desenvolvida pelos alunos, para a dissertação ou tese, são consideradas uma etapa intermediária para a publicação final. Nesse sentido, dentro dos programas de pós-graduação brasileiros, a transformação das pesquisas desenvolvidas pelos alunos (dissertações e teses), no período em que estão matriculados, em publicações, patentes ou outros produtos científicos é requisito fundamental para a obtenção do diploma. Ressalta-se que os órgãos responsáveis pela avaliação dos programas de pós-graduação mostram uma intenção cada vez maior de estimular a publicação de artigos e outros produtos oriundos da pesquisa dos alunos

de pós-graduação e atribuir a esse tipo de produção uma grande importância na avaliação oficial dos programas de pós-graduação.

• **Componente Agregado da Graduação (y_1):** Essa variável representa o resultado da perspectiva ensino, obtida através da quantidade de alunos concluintes nas IES, ponderado por um indicador de qualidade. Essa é uma característica peculiar da abordagem desenvolvida nesse estudo, que considera tanto o resultado quantitativo do ensino praticado nas instituições (graduados), quanto um *proxy* da qualidade dessa formação (índice qualitativo). No caso da avaliação de universidades brasileiras será usada a parte referente à graduação do Índice Geral de Cursos (IGC) que leva em consideração, dentre outros fatores, a qualificação do corpo docente, o desempenho dos alunos concluintes nos cursos de graduação e a diferença entre os resultados obtidos e os resultados esperados. Ressalta-se ainda, que no caso de uma avaliação de instituições em outros países, um índice similar ou o resultado de um exame que avalie os conhecimentos dos estudantes concluintes pode substituir o IGC.

• **Patentes (y_2):** Representa a capacidade das IES em transformar sua produção científica teórica em práticas inovadoras. Trata-se de um título de propriedade temporária sobre uma invenção ou um modelo que lhes garante a exclusividade de uso econômico de sua criação. Em consonância com os resultados encontrados na subseção 4.2, referente à revisão de literatura, Wang (2018) afirma que as patentes registradas pelas IES têm sido amplamente utilizadas como uma medida de produção de pesquisa.

• **Publicações em periódicos indexados à base Scopus (y_3):** Trata-se da produção científica teórica desenvolvida pela universidade, um importante indicador de produtividade da pós-graduação. Espera-se que ao considerar apenas as publicações indexadas à base SCOPUS, seja possível incluir na avaliação tanto o aspecto quantitativo em relação ao número de publicações da IES, quanto o aspecto qualitativo, englobando na análise apenas os trabalhos indexados a uma sólida base de dados científicos, onde reconhecidamente os periódicos que compõem a base proponham um processo editorial mais rigoroso. A leitura do trabalho de Liu (2020) pode ajudar a ratificar essa afirmação. Nesse sentido, Lešková e Šipikal (2019), por exemplo, explicam que optaram por considerar apenas as publicações indexadas à base de dados SCOPUS, visando “capturar” a qualidade das publicações, visto que a referida base científica é composta por publicações da mais alta qualidade.

5.3 CARACTERÍSTICAS E INTERRELAÇÕES INERENTES À REDE

Quanto à disposição dessas variáveis na Figura 11 é possível visualizar que o Estágio I é alimentado por um único recurso de natureza financeira e se desdobra em variáveis intermediárias que alimentam os subprocessos A e B do Estágio II, referentes às atividades da graduação e pós-graduação realizadas pelas IES.

Essa variável (x_1), quando comparada às saídas do Estágio I (z_1^1 à z_1^5), reflete a forma como os recursos financeiros disponibilizados para essas universidades têm sido aplicados, visando oferecer as condições necessárias ao desenvolvimento das atividades realizadas pelos cursos de graduação e programas pós-graduação. Assim, com a aferição da eficiência nesse estágio é possível verificar quais universidades têm tido sucesso na oferta de uma estrutura mais robusta com os recursos que são a elas disponibilizados.

As variáveis que antes figuravam como *outputs* no primeiro estágio irão alimentar o segundo estágio da rede. Nesse processo, é importante esclarecer que, uma vez que as variáveis área construída (z_1^2), docentes (z_1^3) e funcionários administrativos (z_1^4) são compartilhadas no desenvolvimento de atividades da graduação e pós-graduação, e, de igual forma, contribuem nos diferentes processos de ensino e pesquisas das instituições universitárias, optou-se por fragmentar o Estágio II em dois subprocessos distintos (A e B), de forma que esse estágio esteja estabelecido como uma estrutura em rede paralela (vide Figura 11). Destaca-se ainda que, como explicado na subseção 3.2.1, as variáveis mencionadas serão consideradas *inputs* compartilhados.

Nesse sentido, remetendo-se novamente à Figura 11, é necessário esclarecer que a letra grega α representa a quantidade de recursos destinados à graduação, estando α_1 , α_2 e α_3 respectivamente ligados às variáveis z_1^2 , z_1^3 e z_1^4 . Da mesma forma que $1 - \alpha_1$, $1 - \alpha_2$ e $1 - \alpha_3$, referem-se à quantidade (residual) dos recursos destinados à pós-graduação, igualmente vinculados às variáveis z_1^2 , z_1^3 e z_1^4 .

O primeiro subprocesso do Estágio II (subprocesso A) verifica como são utilizados os recursos inerentes às atividades da graduação (alunos matriculados na graduação, área construída, docentes e funcionários administrativos) em relação aos resultados obtidos, representado por um indicador misto (y_1) que é formado pelo número de alunos concluintes dos cursos de graduação da instituição, ponderado por uma parte de um dos indicadores provenientes da avaliação oficial da universidade brasileiras, conhecido como IGC, que reflete a qualidade do ensino superior brasileiro. Nesse caso, a parte considerada refere-se ao resultado relativo à qualidade dos cursos de graduação, especificamente.

Paralelamente, o segundo subprocesso do Estágio II (subprocesso B) determina a eficiência em relação à capacidade formativa da pós-graduação. Para isso, serão considerados como recursos o número de alunos matriculados na pós-graduação e as variáveis compartilhadas com o subprocesso A, considerando apenas o valor residual desse subprocesso $(1 - \alpha)$. Assim, propõe-se verificar a quantidade de estudantes que foram capazes de concluir o programa de pós, representados pelo número de dissertações e teses defendidas, e como desdobramento dessas variáveis, de forma similar ao proposto por Angulo Meza (2018), avaliar o Estágio III, que refere-se à capacidade dos estudantes concluintes da pós-graduação em transformar as pesquisas realizadas ao longo do período formativo em produção científica.

Dessa forma, o Estágio III compara o número de teses e dissertações à produção científica universitária, sendo desejável que cada uma das IES possa aproveitar o conhecimento, produzido no período em que os alunos estão matriculados se dedicando à pesquisa, para disseminá-lo através de publicações em periódicos de qualidade e patenteamento de produtos e processos, este último sendo considerado um reflexo da capacidade de inovação da instituição. Cabe destacar que são duas as saídas no Estágio III: publicações em periódicos indexados à base Scopus (y_2) e Patentes (y_3).

Assim, a estrutura foi desenvolvida para que diferentes atividades inerentes ao cotidiano das IES fossem avaliadas de maneira integrada na rede proposta. Considerando cada processo na Figura 11, serão avaliadas a eficiência das perspectivas: a) financeira por meio do estágio I; b) graduação, mais próxima das atividades de ensino, relacionada ao subprocesso A do estágio II; c) pós-graduação, que apresenta um forte vínculo com as atividades ligadas às atividades de pesquisa e inovação, subdividindo-se na avaliação do aspecto formativo, referente ao subprocesso B do estágio II, e da produção científica das IES relacionado ao estágio III.

5.4 FORMULAÇÕES MATEMÁTICAS

Uma vez definida a estrutura da rede para a aferição da eficiência das IES de acordo com as diferentes perspectivas consideradas, incluindo os resultados das atividades desempenhadas pela graduação e pela pós-graduação e a descrição das relações estabelecidas entre recursos e resultados em cada estágio proposto, segue, em 6, a formulação matemática, ou seja, o PPL que possibilitará a obtenção de um índice de eficiência para cada um dos estágios definidos na Figura 11.

No modelo 6, apresentado a seguir, a determinação dos índices de eficiência de cada estágio está baseada na modelagem proposta por Kao e Hwang (2008) e Kao (2009a). Por

apresentar uma estrutura em rede mista, com recursos intermediários sendo compartilhados no segundo estágio, muito similar à abordagem multiestágio proposta nesta tese, composta tanto por processos estruturados em série quanto subprocessos dispostos de forma paralela, o modelo 6, em questão, também levou em consideração a modelagem proposta por Zegordi e Omid (2018), que foi adaptada a partir dos trabalhos acima mencionados.

$$\begin{aligned}
 \text{Max } E_0 &= \frac{u_1 Y_{10} + u_2 Y_{20} + u_3 Y_{30}}{v_1 X_{10}} \\
 \text{s.t. } & \frac{u_1 Y_{1j} + u_2 Y_{2j} + u_3 Y_{3j}}{v_1 X_{1j}} \leq 1 & \forall_j \quad (1) \\
 & \frac{\sum_{g=1}^{h=5} w_g^1 Z_{gj}^1}{v_1 X_{1j}} \leq 1 & \forall_j \quad (2) \\
 & \frac{u_1 Y_{1j} + w_1^2 Z_{1j}^2 + w_2^2 Z_{2j}^2}{\sum_{g=1}^{h=5} w_g^1 Z_{gj}^1} \leq 1 & \forall_j \quad (3) \\
 & \frac{u_1 Y_{1j}}{w_1^1 Z_{1j}^1 + \alpha_1 w_2^1 Z_{2j}^1 + \alpha_2 w_3^1 Z_{3j}^1 + \alpha_3 w_4^1 Z_{4j}^1} \leq 1 & \forall_j \quad (4) \\
 & \frac{w_1^2 Z_{1j}^2 + w_2^2 Z_{2j}^2}{(1-\alpha_1)w_2^1 Z_{2j}^1 + (1-\alpha_2)w_3^1 Z_{3j}^1 + (1-\alpha_3)w_4^1 Z_{4j}^1 + w_5^1 Z_{5j}^1} \leq 1 & \forall_j \quad (5) \\
 & \frac{u_2 Y_{2j} + u_3 Y_{3j}}{w_1^2 Z_{1j}^2 - w_2^2 Z_{2j}^2} \leq 1 & \forall_j \quad (6) \\
 & w_1^2 \leq w_2^2 & (7) \\
 & Li_1 \leq \alpha_1 \leq Ls_1 & (8) \\
 & Li_2 \leq \alpha_2 \leq Ls_2 & (9) \\
 & Li_3 \leq \alpha_3 \leq Ls_3 & (10) \\
 & u_1, u_2, u_3, v_1, w_1^1, w_2^1, w_3^1, w_4^1, w_5^1, w_1^2, w_2^2 \geq 0,0001 & (11-21)
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Ressalta-se que $j = 1, \dots, n$ e $g = 1, \dots, h$. De forma a facilitar o entendimento do PPL fracionário, disposto em 6, o Quadro 1 descreve de forma breve todas as variáveis envolvidas nesse modelo. Ressalta-se ainda que a função objetivo do PPL acima representado, juntamente com a primeira de suas restrições, refere-se à eficiência da rede proposta na Figura 11, considerando apenas a entrada exógena, ou seja, os recursos financeiros das IES, e os *outputs* exógenos, aqueles ligados aos resultados da graduação e da produção científica produzida pela pós-graduação. A segunda restrição refere-se ao primeiro estágio da rede, isto é, a capacidade em transformar os recursos financeiros em recursos humanos e materiais ligados às atividades de graduação e pós-graduação. A terceira restrição refere-se à eficiência geral do segundo estágio, considerando os dois subprocessos existentes. Já a quarta restrição está diretamente vinculada à eficiência das atividades de graduação (subprocesso A), ou seja, como os recursos humanos e materiais são usados na formação dos estudantes e na qualidade de ensino. A quinta restrição refere-se ao subprocesso B, relacionando os recursos humanos e materiais à formação de estudantes de mestrado e doutorado nos programas de pós graduação

das universidades. Por fim, a restrição seis refere-se ao estágio III da rede, onde verifica-se a eficiência na produção de artigos científicos e patentes pelas IES. A restrição sete visa garantir que os pesos atribuídos às teses de doutorado sejam no mínimo iguais aos pesos atribuídos às dissertações de mestrado, conforme já discutido. As restrições 8, 9 e 10 são referentes à distribuição dos recursos compartilhados entre as atividades de graduação e pós-graduação. As restrições 11 à 21 são utilizadas de forma a garantir pesos diferentes de zero para todas as variáveis, o que será melhor explicado na seção 6.

Quadro 1 - Definição das variáveis utilizadas nos modelos matemáticos.

| Sendo: | |
|---|--|
| x_1 | Único <i>input</i> exógeno |
| $z_1^1, z_1^2, z_1^3, z_1^4, z_1^5, z_2^1, z_2^2$ | Variáveis intermediárias |
| y_1, y_2, y_3 | Saídas exógenas |
| v_1 | Multiplicador do <i>input</i> exógeno x_1 |
| u_1, u_2, u_3 | Multiplicadores das saídas exógenas y_1, y_2, y_3 |
| $w_1^1, w_1^2, w_1^3, w_1^4, w_1^5, w_2^1, w_2^2$ | Multiplicadores das variáveis intermediárias $z_1^1, z_1^2, z_1^3, z_1^4, z_1^5, z_2^1, z_2^2$ |
| $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ | Valor referente à proporção das variáveis z_1^2, z_1^3, z_1^4 atribuídos à graduação |
| $(1-\alpha_1), (1-\alpha_2), (1-\alpha_3)$ | Valor residual das variáveis z_1^2, z_1^3, z_1^4 atribuídos à pós-graduação |
| Li_1, Li_2, Li_3 | Limite inferior imposto aos delimitadores $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ |
| Ls_1, Ls_2, Ls_3 | Limite superior imposto aos delimitadores $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ |

O Modelo 6 apresenta-se na sua forma fracionada e, para que seja possível a determinação da eficiência, o mesmo precisa ser colocado na sua forma linearizada. O Modelo 07 representa um modelo não-fracionário derivado do Modelo 6.

$$\text{Max } E_0 = u_1 y_{10} + u_2 y_{20} + u_3 y_{30}$$

$$\text{s.t.} \quad v_1 X_{10} = 1 \quad (1)$$

$$u_1 Y_{1j} + u_2 Y_{2j} + u_3 Y_{3j} - v_1 X_{1j} \leq 0 \quad \forall_j \quad (2)$$

$$\sum_{g=1}^{h=5} w_g^1 Z_{gj}^1 - v_1 X_{1j} \leq 0 \quad \forall_j \quad (3)$$

$$u_1 Y_{1j} + w_1^2 Z_{1j}^2 + w_2^2 Z_{2j}^2 - \sum_{g=1}^{h=5} w_g^1 Z_{gj}^1 \leq 0 \quad \forall_j \quad (4)$$

$$u_1 Y_{1j} - w_1^1 Z_{1j}^1 - \alpha_1 w_2^1 Z_{2j}^1 - \alpha_2 w_3^1 Z_{3j}^1 - \alpha_1 w_4^1 Z_{4j}^1 \leq 0 \quad \forall_j \quad (5)$$

$$w_1^2 Z_{1j}^2 + w_2^2 Z_{2j}^2 - (1-\alpha_1) w_2^1 Z_{2j}^1 - (1-\alpha_2) w_3^1 Z_{3j}^1 - (1-\alpha_3) w_4^1 Z_{4j}^1 - w_5^1 Z_{5j}^1 \leq 0 \quad \forall_j \quad (6)$$

$$u_2 Y_{2j} + u_3 Y_{3j} - w_1^2 Z_{1j}^2 - w_2^2 Z_{2j}^2 \leq 0 \quad \forall_j \quad (7)$$

$$w_1^2 \leq w_2^2 \quad (8)$$

$$Li_1 \leq \alpha_1 \leq Ls_1 \quad (9)$$

$$Li_2 \leq \alpha_2 \leq Ls_2 \quad (10)$$

$$Li_3 \leq \alpha_3 \leq Ls_3 \quad (11)$$

$$u_1, u_2, u_3, v_1, w_1^1, w_1^2, w_3^1, w_4^1, w_5^1, w_2^1, w_2^2, \geq 0,0001 \quad (12-22)$$

(7)

Para concluir o processo de linearização, ainda é necessário resolver o problema do $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ e $(1 - \alpha_1), (1 - \alpha_2), (1 - \alpha_3)$ que, como pode ser visto nas restrições 5 e 6, do Modelo 7, ainda multiplicam duas variáveis. Nesse caso, as respectivas variáveis intermediárias z a que estão ligados e os multiplicadores w . A multiplicação dessas três variáveis representa um problema na hora de resolver esse PPL. Assim, propõe-se uma substituição dessas variáveis para linearizar o problema, conforme ilustrado na Figura 12. Ressalta-se, ainda, que as restrições 9, 10 e 11 também serão submetidas ao processo de linearização.

Figura 12 - Linearização do problema de programação linear

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 w_2 &= \hat{w}_2 \\
 \alpha_2 w_3 &= \hat{w}_3 \\
 \alpha_3 w_4 &= \hat{w}_4 \\
 \\
 (1 - \alpha_1) w_2^1 z_{2j}^1 &= w_2^1 z_{2j}^1 - \alpha_1 w_2^1 z_{2j}^1 = w_2^1 z_{2j}^1 - \hat{w}_2^1 z_{2j}^1 \\
 (1 - \alpha_2) w_3^1 z_{3j}^1 &= w_3^1 z_{3j}^1 - \alpha_2 w_3^1 z_{3j}^1 = w_3^1 z_{3j}^1 - \hat{w}_3^1 z_{3j}^1 \\
 (1 - \alpha_3) w_4^1 z_{4j}^1 &= w_4^1 z_{4j}^1 - \alpha_3 w_4^1 z_{4j}^1 = w_4^1 z_{4j}^1 - \hat{w}_4^1 z_{4j}^1
 \end{aligned}$$

Com as respectivas substituições, temos a versão linearizada do PPL que está disposta no Modelo 8. Esse modelo será usado nesse estudo para obtenção dos escores de eficiência na aplicação proposta na seção 6.

$$\text{Max } E_0 = u_1 Y_{10} + u_2 Y_{20} + u_3 Y_{30}$$

$$\text{s.t. } v_1 X_{10} = 1 \quad (1)$$

$$u_1 Y_{1j} + u_2 Y_{2j} + u_3 Y_{3j} - v_1 X_{1j} \leq 0 \quad \forall_j \quad (2)$$

$$\sum_{g=1}^{h=5} w_g^1 Z_{gj}^1 - v_1 X_{1j} \leq 0 \quad \forall_j \quad (3)$$

$$u_1 Y_{1j} + w_1^2 Z_{1j}^2 + w_2^2 Z_{2j}^2 - \sum_{g=1}^{h=5} w_g^1 Z_{gj}^1 \leq 0 \quad \forall_j \quad (4)$$

$$u_1 Y_{1j} - w_1^1 Z_{1j}^1 - \hat{w}_2^1 Z_{2j}^1 - \hat{w}_3^1 Z_{3j}^1 - \hat{w}_4^1 Z_{4j}^1 \leq 0 \quad \forall_j \quad (5)$$

$$w_1^2 Z_{1j}^2 + w_2^2 Z_{2j}^2 - w_2^1 Z_{2j}^1 + \hat{w}_2^1 Z_{2j}^1 - w_3^1 Z_{3j}^1 + \hat{w}_3^1 Z_{3j}^1 - w_4^1 Z_{4j}^1 + \hat{w}_4^1 Z_{4j}^1 - w_5^1 Z_{5j}^1 \leq 0 \quad \forall_j \quad (6)$$

$$u_2 Y_{2j} + u_3 Y_{3j} - w_1^2 Z_{1j}^2 - w_2^2 Z_{2j}^2 \leq 0 \quad \forall_j \quad (7)$$

$$w_1^2 \leq w_2^2 \quad (8)$$

$$Li_1 w_2^1 - \hat{w}_2^1 \leq 0 \quad (9)$$

$$\hat{w}_2^1 - Ls_1 w_2^1 \leq 0 \quad (10)$$

$$Li_2 w_3^1 - \hat{w}_3^1 \leq 0 \quad (11)$$

$$\hat{w}_3^1 - Ls_2 w_3^1 \leq 0 \quad (12)$$

$$Li_3 w_4^1 - \hat{w}_4^1 \leq 0 \quad (13)$$

$$\hat{w}_4^1 - Ls_3 w_4^1 \leq 0 \quad (14)$$

$$u_1, u_2, u_3, v_1, w_1^1, w_2^1, w_3^1, w_4^1, w_5^1, w_1^2, w_2^2, \hat{w}_2^1, \hat{w}_3^1, \hat{w}_4^1 \geq 0,0001 \quad (15-28)$$

(8)

6 APLICAÇÃO DA ABORDAGEM EM REDE: ESTUDO DE CASO

Nessa seção serão apresentadas algumas características do caso estudado, precedendo a avaliação de eficiência por meio da abordagem em rede. Dentre as características do estudo, pretende-se introduzir algumas informações a respeito das unidades avaliadas, a amostra analisada, algumas nuances a respeito do contexto em que essas unidades estão inseridas e sobre a coleta dos dados que viabiliza a aplicação do modelo.

6.1 UNIVERSIDADES FEDERAIS AVALIADAS

Para a aplicação da abordagem proposta são consideradas 45 das 63 universidades federais brasileiras. Ressalta-se que, foi necessária a exclusão de algumas universidades, devido a certas dificuldades na coleta de dados (principalmente no que se refere à variável área construída). Também foram excluídas da avaliação universidades que apresentaram valor nulo para qualquer uma das variáveis consideradas. Mesmo com a exclusão dessas instituições da análise, universidades sediadas em 24 dos 26 estados brasileiros e o Distrito Federal estão representadas no conjunto final, abrangendo as cinco regiões do Brasil.

O Quadro 2, lista todas as universidades federais avaliadas neste estudo, organizadas de acordo com a região em que estão localizadas.

Quadro 2 - Apresentação das DMUs avaliadas.

| ID | SIGLA | ESTADO | UNIVERSIDADE |
|--------|--------|--------|---|
| DMU 1 | UFAC | AC | Universidade Federal do Acre |
| DMU 2 | UFAM | AM | Universidade Federal do Amazonas |
| DMU 3 | UFPA | PA | Universidade Federal do Pará |
| DMU 4 | UNIFAP | AP | Universidade Federal do Amapá |
| DMU 5 | UFT | TO | Fundação Universidade Federal do Tocantins |
| DMU 6 | UFMA | MA | Universidade Federal do Maranhão |
| DMU 7 | UFPI | PI | Universidade Federal do Piauí |
| DMU 8 | UFC | CE | Universidade Federal do Ceará |
| DMU 9 | UFRN | RN | Universidade Federal do Rio Grande do Norte |
| DMU 10 | UFPB | PB | Universidade Federal da Paraíba |
| DMU 11 | UFCG | PB | Universidade Federal de Campina Grande |
| DMU 12 | UFRPE | PE | Universidade Federal Rural de Pernambuco |
| DMU 13 | UFPE | PE | Universidade Federal de Pernambuco |
| DMU 14 | UFAL | AL | Universidade Federal de Alagoas |
| DMU 15 | UFS | SE | Universidade Federal de Sergipe |
| DMU 16 | UFBA | BA | Universidade Federal da Bahia |
| DMU 17 | UFRB | BA | Universidade Federal do Recôncavo da Bahia |

| | | | |
|--------|---------|----|---|
| DMU 18 | UFGD | MS | Fundação Universidade Federal da Grande Dourados |
| DMU 19 | UFMS | MS | Universidade Federal de Mato Grosso do Sul |
| DMU 20 | UFMT | MT | Universidade Federal de Mato Grosso |
| DMU 21 | UNB | DF | Universidade de Brasília |
| DMU 22 | UNIFAL | MG | Universidade Federal de Alfenas |
| DMU 23 | UNIFEI | MG | Universidade Federal de Itajubá |
| DMU 24 | UFJF | MG | Universidade Federal de Juiz de Fora |
| DMU 25 | UFLA | MG | Universidade Federal de Lavras |
| DMU 26 | UFMG | MG | Universidade Federal de Minas Gerais |
| DMU 27 | UFOP | MG | Universidade Federal de Ouro Preto |
| DMU 28 | UFSJ | MG | Universidade Federal de São João Del Rei |
| DMU 29 | UFU | MG | Universidade Federal de Uberlândia |
| DMU 30 | UFV | MG | Universidade Federal de Viçosa |
| DMU 31 | UFES | ES | Universidade Federal do Espírito Santo |
| DMU 32 | UFF | RJ | Universidade Federal Fluminense |
| DMU 33 | UFRRJ | RJ | Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro |
| DMU 34 | UFRJ | RJ | Universidade Federal do Rio de Janeiro |
| DMU 35 | UFABC | SP | Fundação Universidade Federal do Abc |
| DMU 36 | UFSCAR | SP | Universidade Federal de São Carlos |
| DMU 37 | UNIFESP | SP | Universidade Federal de São Paulo |
| DMU 38 | UFPR | PR | Universidade Federal do Paraná |
| DMU 39 | UTFPR | PR | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |
| DMU 40 | UFSC | SC | Universidade Federal de Santa Catarina |
| DMU 41 | UFCSA | RS | Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre |
| DMU 42 | UFPEL | RS | Universidade Federal de Pelotas |
| DMU 43 | UFSM | RS | Universidade Federal de Santa Maria |
| DMU 44 | FURG | RS | Universidade Federal do Rio Grande |
| DMU 45 | UFRGS | RS | Universidade Federal do Rio Grande do Sul |

Dado o conjunto de universidades federais selecionado, é importante esclarecer que o sistema de ensino superior brasileiro é composto por instituições públicas e privadas. As instituições de ensino superior públicas são financiadas majoritariamente por recursos públicos e são mantidas pelo governo federal, estadual ou municipal, dependendo da sua natureza. Já as instituições de ensino superior privadas, por outro lado, são financiadas principalmente com o pagamento de mensalidades dos alunos e atualmente oferecem a maior parte das vagas no ensino superior brasileiro.

Em relação à organização acadêmica das IES, é possível categorizá-las em quatro grupos distintos: universidades, centros universitários, faculdades e centros de educação tecnológica (IF e CEFET). Especificamente, neste estudo, buscando avaliar um conjunto

homogêneo de instituições e considerando a disponibilidade de dados, a avaliação da eficiência tem como foco as universidades federais.

Nessas instituições, a alocação de recursos realizada pelo Ministério da Educação tem como principal critério o porte da universidade (aluno equivalente em tempo integral) com base no instrumento denominado Matriz Orçamentária (CCO).

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) é usado como um exame de admissão para inscrição em muitas universidades. No Brasil, todas as universidades federais utilizam os resultados do ENEM de alguma forma, seja como critério único de seleção de alunos, seja como uma das formas de admissão.

De acordo com os dados do Ministério da Educação referentes ao ano de 2016 (ano analisado), as universidades federais, eram responsáveis por cerca de 1.100.000 alunos matriculados nos cursos de graduação. (BRASIL, 2018c). O número de alunos de pós-graduação matriculados em programas de mestrado e doutorado no sistema federal de ensino superior também impressiona. Nas instituições federais esse número já ultrapassava os 200.000 estudantes, de um total de quase 350.000 em todo o sistema de ensino superior. Ressalta-se ainda que, as instituições públicas possuem mais de cinco vezes o número de alunos matriculados na pós-graduação que as instituições privadas (BRASIL, 2017b). Esse expressivo número de alunos matriculados em instituições federais reflete o potencial de pesquisa desenvolvido no país, que está altamente concentrado em instituições públicas.

6.2 COLETA DE DADOS E ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Em relação à coleta, tratamento e organização das informações necessárias para a aplicação da abordagem em rede para avaliar a eficiência das universidades federais, o processo demandou a consulta a diversos documentos, disponibilizados por diferentes órgãos em diversos sítios eletrônicos. Também foi necessária a comunicação, por meio da plataforma integrada de acesso à informação e ouvidoria do Poder Executivo Federal, Fala.BR. O Quadro 3 lista os principais locais de onde os dados referentes a cada variável foram extraídos. Em alguns casos, essas informações foram retiradas de mais de uma fonte de dados.

O referido quadro traz as principais fontes de coleta de dados para cada uma das variáveis utilizadas nesse estudo. Destaca-se que o tratamento das variáveis inerentes à pós-graduação demandou um maior esforço, uma vez que muitos dados encontram-se disponíveis em planilhas com detalhamento a nível individual, como as dissertações e teses defendidas em cada instituição.

Quadro 3 - Fontes de coleta de dados

| VARIÁVEIS | SIGLA | FONTE |
|---|-------------|--|
| Despesas executadas do orçamento das IES | (x_1) | Portal Transparência - Controladoria Geral da União |
| Total de alunos matriculados na graduação | (z_1^1) | Sinopse Estatística da Educação Superior 2016 |
| Número de docentes em exercício | (z_1^2) | Sinopse Estatística da Educação Superior 2016 |
| Servidores Técnico-administrativos | (z_1^3) | Sinopse Estatística da Educação Superior 2016 |
| Área construída | (z_1^4) | Relatórios de Gestão |
| | | Sites institucionais |
| | | Plataforma de acesso à informação (Fala.Br) |
| Alunos matriculados em programas de pós-graduação | (z_1^5) | Dados Abertos CAPES (Compilação) |
| Dissertações defendidas | (z_2^1) | Dados Abertos CAPES (Compilação) |
| Teses defendidas | (z_2^2) | Dados Abertos CAPES (Compilação) |
| Componente Agregado da Graduação | (y_1) | Sinopse Estatística da Educação Superior 2016 |
| | | Indicadores de Qualidade da Educação Superior - INEP |
| Patentes | (y_2) | Dados Abertos CAPES (Compilação) |
| Publicações em periódicos indexado à base Scopus | (y_3) | Base Científica Scopus |

No Quadro 3, em relação às variáveis área construída e componente agregado da graduação, as informações foram coletadas em mais de uma fonte. Ressalta-se que uma parte relevante das universidades não disponibiliza a evolução da área total construída em seus relatórios anuais de gestão, nem em seus *websites* institucionais. Assim, não foi possível obter essas informações para um total de seis universidades, sendo essas excluídas da análise.

O uso da plataforma de acesso à informação Fala.br possibilitou a comunicação com diversas universidades, retornando informações sobre a área construída de 14 instituições, contribuindo para que o número de DMUs avaliadas fosse maior. É necessário esclarecer ainda que, para 6 universidades, foram usados valores de anos próximos a 2016, para a variável área construída, uma vez que só esses valores estavam disponíveis. Considerando que o valor da área construída de uma universidade não é alterado significativamente de um ano para o outro, optou-se por não excluir essas DMUs.

Uma vez conhecidas as universidades submetidas ao processo de análise de eficiência e suas características, que as tornam um conjunto homogêneo e o processo de coleta de dados, descrito anteriormente, segue a Tabela 9, que apresenta as estatísticas descritivas para as variáveis de entrada, para as variáveis intermediárias e para as variáveis de saída consideradas para a aplicação da abordagem em rede e a respectiva descrição das unidades de medida. Ressalta-se ainda, que a Tabela B1, no apêndice B, apresenta os dados completos coletados,

dispostos de maneira normalizada, e que, posteriormente, são utilizados na aplicação da abordagem avaliativa.

Tabela 9 – Estatística descritiva

| | x_1 (bilhões BRL) | z_1^1 (número) | z_1^2 (número) | z_1^3 (número) | z_1^4 (m ²) | z_1^5 (número) | z_2^1 (número) | z_2^2 (número) | Y_1 (agregado) | Y_2 (número) | Y_3 (número) |
|----------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| Min | 0.10 | 2220.00 | 337 | 207.00 | 29165.00 | 236 | 52.00 | 6.00 | 834.15 | 2.00 | 94.00 |
| Max | 3.51 | 45572.00 | 4066.00 | 9445.00 | 946588.00 | 10829.00 | 1750.00 | 1004.00 | 17005.11 | 176.00 | 4943.00 |
| Média | 0.90 | 21127.87 | 1736.98 | 2167.11 | 286940.69 | 3045.80 | 634.47 | 232.98 | 7913.76 | 41.64 | 1174.22 |
| D. Pad. | 0.66 | 10423.17 | 921.63 | 1793.23 | 175604.94 | 2543.09 | 439.63 | 253.15 | 4351.40 | 39.71 | 1049.20 |

A principal contribuição da Tabela 9 são os valores mínimos e máximos apresentados para cada uma das variáveis que compõem a abordagem em rede, além da média e do desvio padrão para o conjunto de universidades federais avaliadas.

Percebe-se que existe uma diferença significativa entre os maiores e os menores valores apresentados para todas as variáveis. Esse fato é um reflexo das diferenças de porte entre as instituições federais, que estão espalhadas por todo território nacional, desde grandes metrópoles, como o caso da UFRJ e a UFMG, por exemplo, até em cidades localizadas em territórios rurais, no interior do país, como a UFRB, sediada em pequenas cidades no interior da Bahia.

É importante destacar que, após a exclusão das DMUs que apresentaram problemas de disponibilidade de dados, restaram 57 universidades com todos os dados coletados. Entretanto, para contornar problemas nas eficiências ao implementar matematicamente a abordagem proposta, após alguns testes, doze universidades federais foram excluídas da análise por apresentarem valor zero para alguma das variáveis. Em geral, essa exclusão de DMUs ocorreu em universidades de pequeno porte, ou inauguradas próximo do ano de análise e que não formaram estudantes de doutorado (z_2^2), não registraram nenhuma patente (y_2) ou não possuíam publicações indexadas na base Scopus no ano analisado (y_3).

7 RESULTADOS

7.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS E ESCORES DE EFICIÊNCIA

Nesta seção são apresentados os resultados referentes à aplicação da abordagem em rede proposta na seção 5, visando analisar o desempenho de um conjunto de universidades federais brasileiras. Essa análise contribuirá para verificar a aplicabilidade da estrutura representada por meio da Figura 11 e explorar as possibilidades de interpretações em relação aos resultados encontrados, que contribuirão com as diversas partes interessadas das IES, ao apontar quais instituições apresentam as melhores performances, em cada uma das atividades representadas pelos estágios que formam a rede, e ainda, ao identificar os pontos de melhorias possíveis para as universidades avaliadas.

Algumas questões devem ser previamente esclarecidas. Os resultados das eficiências dispostos nesta seção foram obtidos por meio do uso do pacote de software de otimização *CPLEX Optimization Studio*, que possibilitou a implementação do modelo matemático 8.

Alguns testes foram realizados, e, ao final, optou-se por implementar o modelo com os valores normalizados e com a atribuição de pesos mínimos no valor de um décimo de milésimo. Esses ajustes computacionais fizeram com que os resultados que apresentaram quaisquer tipos de problemas fossem solucionados e impediu que determinados *inputs* e *outputs* fossem descartadas durante o processo de avaliação.

Para definir a proporção referente à distribuição dos recursos compartilhados entre os diferentes processos, ou seja, os limites inferiores e superiores dos alfas definidos no Modelo 8, conforme as restrições 9 a 14, foi utilizada como parâmetro aproximado a proporção entre número de alunos matriculados em cursos de graduação e o número de alunos matriculados em programas de pós-graduação, vinculados às DMUs considerada no estudo de caso.

Dessa forma, optou-se por definir um limite para a distribuição dos alfas (α_1 , α_2 e α_3) entre 60% e 90% dos recursos z_1^2 , z_1^3 e z_1^4 para as atividades de graduação. O valor remanescente atribuído no processo de otimização (entre 10% e 40%) será distribuído para as atividades de pós-graduação. Ressalta-se que essa distribuição proposta considera um intervalo que permite calcular de forma benevolente a distribuição dos recursos entre as atividades de graduação e pós-graduação, uma vez que não há como quantificar precisamente o compartilhamento dos recursos entre essas atividades. Assim, a proposta desta tese considera uma margem de erro de forma a não prejudicar o desempenho das DMUs. Além disso, a definição dos limites inferior e superior pode ser facilmente ajustada de acordo com as características do ensino superior avaliado.

Cabe ressaltar ainda que a abordagem NDEA utilizada prevê retornos constantes de escala, uma vez que Chen et al. (2009 e 2013) apontam a impossibilidade de obtenção de escores de eficiência considerando a condição VRS no modelo em rede. Esse fato ocorre porque o modelo resultante não pode ser convertido em um programa linear.

Além disso, foi verificado pelos mesmos autores citados que as propriedades relacionadas aos retornos de escala no modelo DEA padrão não se aplicam ao modelo DEA em rede, já que para diversas DMUs os escores do CRS são superiores aos do VRS. Embora existam formas de enfrentar este último problema, entende-se que dadas as características das unidades selecionadas neste estudo e as variáveis utilizadas em cada etapa, a utilização do modelo CRS é coerente, visto que se espera que, com um aumento nos recursos utilizados há um aumento proporcional nos resultados oferecidos pelas IES.

Após a implementação dos modelos matemáticos no *CPLEX*, estão listadas, na Tabela 10, as eficiências referentes a cada um dos estágios definidos para cada universidade federal sob análise.

Tabela 10 - Eficiências das universidades federais

| UNIVERSIDADES | SIGLAS | ESTÁGIO I | ESTÁGIO II - A | ESTÁGIO II - B | ESTÁGIO III |
|---------------|--------|-----------|----------------|----------------|-------------|
| DMU01 | UFAC | 0,7139 | 0,6416 | 0,1695 | 0,3774 |
| DMU02 | UFAM | 0,6575 | 1 | 0,2918 | 0,4757 |
| DMU03 | UFPA | 0,5456 | 0,8891 | 0,5304 | 0,3242 |
| DMU04 | UNIFAP | 0,8269 | 0,7 | 0,1249 | 0,9248 |
| DMU05 | UFT | 0,8973 | 0,9223 | 0,3039 | 0,6022 |
| DMU06 | UFMA | 0,7602 | 0,469 | 0,1653 | 0,6427 |
| DMU07 | UFPI | 0,778 | 0,8448 | 0,2127 | 0,7746 |
| DMU08 | UFC | 0,4862 | 0,7031 | 0,8697 | 0,5136 |
| DMU09 | UFRN | 0,5901 | 0,7573 | 0,5211 | 0,4732 |
| DMU10 | UFPB | 0,507 | 0,707 | 0,4582 | 0,5343 |
| DMU11 | UFCE | 0,7119 | 0,5645 | 0,3841 | 0,5094 |
| DMU12 | UFRPE | 0,568 | 0,5245 | 0,8514 | 0,6045 |
| DMU13 | UFPE | 0,6299 | 0,607 | 0,8244 | 0,4821 |
| DMU14 | UFAL | 0,5934 | 0,6227 | 0,4508 | 1 |
| DMU15 | UFS | 0,7999 | 0,6375 | 0,6141 | 0,8118 |
| DMU16 | UFBA | 0,6572 | 0,4973 | 0,6151 | 0,5879 |
| DMU17 | UFRB | 0,8353 | 0,4496 | 0,2232 | 0,4264 |
| DMU18 | UFGD | 0,9237 | 0,5635 | 0,3991 | 0,4482 |
| DMU19 | UFMS | 0,7368 | 0,539 | 0,2952 | 0,4797 |
| DMU20 | UFMT | 0,7363 | 0,4415 | 0,2597 | 0,5115 |
| DMU21 | UNB | 0,6411 | 0,666 | 0,8374 | 0,3962 |
| DMU22 | UNIFAL | 0,9451 | 0,8332 | 0,2379 | 0,7089 |
| DMU23 | UNIFEI | 0,9059 | 0,5038 | 0,7524 | 0,6758 |
| DMU24 | UFJF | 0,5905 | 0,7248 | 0,4891 | 0,4701 |

| | | | | | |
|-------|---------|----------|----------|----------|----------|
| DMU25 | UFLA | 0,9227 | 0,757 | 1 | 0,5701 |
| DMU26 | UFMG | 0,6231 | 0,8392 | 0,9053 | 0,6303 |
| DMU27 | UFOP | 0,7904 | 1 | 0,3057 | 0,566 |
| DMU28 | UFSJ | 1 | 0,8895 | 0,3028 | 1 |
| DMU29 | UFU | 0,5277 | 0,4833 | 0,672 | 0,5615 |
| DMU30 | UFV | 0,626 | 0,6768 | 0,9197 | 0,6486 |
| DMU31 | UFES | 0,6114 | 0,5886 | 0,7239 | 0,4369 |
| DMU32 | UFF | 0,5019 | 0,6565 | 0,5306 | 0,4267 |
| DMU33 | UFRRJ | 0,6009 | 0,4657 | 0,7091 | 0,4825 |
| DMU34 | UFRJ | 0,4801 | 0,6841 | 0,7586 | 0,6321 |
| DMU35 | UFABC | 1 | 1 | 0,6221 | 1 |
| DMU36 | UFSCAR | 1 | 0,7097 | 0,896 | 0,5946 |
| DMU37 | UNIFESP | 0,5709 | 0,154 | 0,7472 | 0,9307 |
| DMU38 | UFPR | 0,5579 | 0,6931 | 0,902 | 0,5796 |
| DMU39 | UTFPR | 0,9802 | 0,3815 | 0,3577 | 0,9392 |
| DMU40 | UFSC | 0,7075 | 0,6713 | 0,7934 | 0,5126 |
| DMU41 | UFCSPA | 0,729 | 0,68 | 0,8894 | 0,8644 |
| DMU42 | UFPEL | 0,5865 | 0,6376 | 0,9046 | 1 |
| DMU43 | UFSM | 0,5641 | 0,5485 | 0,8264 | 0,4969 |
| DMU44 | FURG | 0,5964 | 0,3727 | 0,7737 | 0,5614 |
| DMU45 | UFRGS | 0,8437 | 0,5968 | 0,8319 | 0,5677 |

As subseções seguintes apresentarão breves comentários a respeito das eficiências para cada estágio, individualmente, em relação às DMUs que se destacaram positivamente e negativamente.

7.2 EFICIÊNCIA NO ESTÁGIO I

Por meio dos escores de eficiência apresentados na Tabela 10, é possível verificar, na terceira coluna, a performance das 45 universidades federais avaliadas em relação ao uso dos recursos financeiros disponibilizados, que segundo a rede proposta, financiarão os recursos humanos e materiais utilizados para a viabilização das atividades de graduação e pós-graduação nessas instituições.

Antes de tecer algumas possíveis interpretações a partir das eficiências obtidas, a Tabela 11, a fim de organizar as informações já dispostas, lista as DMUs que apresentaram os cinco maiores índices de eficiência nesse estágio e as cinco DMUs com maior potencial de melhoria em relação à aplicação dos recursos financeiros.

Tabela 11 - DMUs destacadas no Estágio I

| MAIORES EFICIÊNCIAS | | | MENORES EFICIÊNCIAS | | |
|---------------------|--------|-----------|---------------------|--------|-----------|
| UNIVERSIDADES | SIGLAS | ESTÁGIO I | UNIVERSIDADES | SIGLAS | ESTÁGIO I |
| DMU35 | UFABC | 1 | DMU29 | UFU | 0,5277 |
| DMU36 | UFSCAR | 1 | DMU10 | UFPB | 0,507 |
| DMU28 | UFSJ | 1 | DMU32 | UFF | 0,5019 |
| DMU39 | UTFPR | 0,9802 | DMU08 | UFC | 0,4862 |
| DMU22 | UNIFAL | 0,9451 | DMU34 | UFRJ | 0,4801 |

A partir da análise das Tabelas 10 e 11 é possível observar que, dentre as 45 DMUs, apenas três foram eficientes no estágio I, ou seja, essas universidades foram capazes de oferecer recursos para a realização de atividades de graduação e pós-graduação de forma otimizada, em relação aos recursos orçamentários executados no ano analisado.

As DMUs eficientes são universidades com recursos modestos, e estão situadas entre o trigésimo segundo e quadragésimo maior orçamento do conjunto avaliado. Entretanto, mesmo com recursos modestos, conseguem manter um número de estudantes ajustado em relação ao orçamento disponível, além de recursos humanos e infraestrutura de maneira otimizada.

Por exemplo, a UFABC, com o sexto menor valor para a variável referente a despesas executadas, destaca-se principalmente pelo número satisfatório de estudantes de graduação e pós-graduação. Enquanto a UFSCAR, com o trigésimo segundo orçamento é a IES com vigésima maior área construída e décima sexta universidade com o maior número de estudantes de pós-graduação. Em relação à UFSJ, seu principal feito em relação a esse estágio é a boa proporção entre o orçamento e o número de estudantes de graduação.

Do outro lado, verificam-se algumas DMUs que, com orçamentos expressivos, podem melhorar a aplicação dos mesmos para o desenvolvimento de suas principais atividades. Como exemplo, podemos comentar o caso da UFRJ. Trata-se de uma das universidades mais conceituadas do país, que apresenta o maior nível de despesas executadas. O montante de recursos despendidos pela referida universidade, no ano analisado, é 75% maior que a universidade com segundo maior nível de despesas executadas, no caso a UFMG e aproximadamente 35 vezes o montante executado pela universidade com menor nível de recursos (UFCSPA). Ainda que a UFRJ apresente o maior número de funcionários docentes e técnicos administrativos, a maior área construída e a maior pós-graduação (em número de estudantes) e um orçamento expressivo, a mesma não possui o maior número de estudantes de graduação, ficando em segundo lugar nesse quesito. Esse fato se atribui ao baixo número de estudantes de graduação em EAD no ano de 2016 e foi um dos fatores responsáveis para que a instituição figurasse entre as DMUs com menor eficiência.

7.3 EFICIÊNCIA NO ESTÁGIO II-A

No estágio II-A são consideradas as atividades de graduação das universidades federais. Entende-se que, por levar em consideração tanto a quantidade de estudantes concluintes como fatores inerentes a qualidade com que esses estudantes de graduação são formados, conforme explicado na subseção 5.2, as eficiências apresentadas pelas DMUs nesse estágio podem ser interpretadas como um *proxy* do desempenho relacionado ao ensino praticado por essas instituições, em nível de graduação. A Tabela 12 dispõe as DMUs com melhor desempenho nesse subprocesso específico do estágio II, e ainda, lista as universidades que tem maior potencial para melhorias nessas atividades.

Tabela 12 - DMUs destacadas no Estágio II-A

| MAIORES EFICIÊNCIAS | | | MENORES EFICIÊNCIAS | | |
|---------------------|--------|--------------|---------------------|---------|--------------|
| UNIVERSIDADES | SIGLAS | ESTÁGIO II-B | UNIVERSIDADES | SIGLAS | ESTÁGIO II-B |
| DMU35 | UFABC | 1 | DMU17 | UFRB | 0,4496 |
| DMU27 | UFOP | 1 | DMU20 | UFMT | 0,4415 |
| DMU2 | UFAM | 1 | DMU39 | UTFPR | 0,3815 |
| DMU5 | UFT | 0,9223 | DMU44 | FURG | 0,3727 |
| DMU28 | UFSJ | 0,8895 | DMU37 | UNIFESP | 0,1540 |

Assim como no estágio I, a Tabela 12 mostra que no estágio II-A, três universidades são eficientes. A UFAM, por exemplo, destaca-se por apresentar bons resultados mesmo com recursos limitados. A universidade representa apenas o vigésimo segundo maior corpo docente, o vigésimo segundo maior número de funcionários técnico-administrativos e apenas a vigésima oitava maior área construída. Mesmo assim, a universidade consegue apresentar o décimo segundo maior componente agregado da graduação. Esse bom desempenho em relação ao *output* y_1 deve-se especialmente pelo número de alunos concluintes, uma vez que a instituição é a décima que mais forma alunos de graduação.

Em relação às universidades com os menores índices de eficiência, verifica-se, por exemplo, que a UNIFESP encontra-se significativamente atrás das demais DMUs. Esse resultado justifica-se principalmente pelo desempenho da universidade em relação ao componente agregado da graduação. A universidade, ainda que tenha o vigésimo sétimo maior corpo docente e o oitavo maior número de funcionários técnico-administrativos, é apenas a trigésima segunda universidade em número de alunos de graduação formados. Ainda que a proporção entre alunos de graduação matriculados e concluintes seja equilibrada em relação às demais instituições, entende-se que por possuir um número expressivo de

servidores docentes e técnicos, o resultado do componente agregado da graduação poderia ser significativamente melhorado.

7.4 EFICIÊNCIA NO ESTÁGIO II-B

O estágio II-B é responsável por analisar o processo de formação dos estudantes da pós-graduação, tendo como *inputs* parte dos recursos da universidade que são compartilhados com as atividades da graduação, e o número de alunos matriculados em programas de pós-graduação *stricto sensu*. Como *outputs* considera-se a pesquisa elaborada pelos referidos estudantes, representada pelo número de dissertações e teses defendidas no ano analisado, podendo ser considerado um *proxy* do número de alunos formados. A Tabela 13 lista as DMUs com as maiores eficiências no estágio II-B e as universidades com maior potencial para melhorias em relação à pesquisa e formação na pós-graduação.

Tabela 13 - DMUs destacadas no Estágio II-B

| MAIORES EFICIÊNCIAS | | | MENORES EFICIÊNCIAS | | |
|---------------------|--------|--------------|---------------------|--------|--------------|
| UNIVERSIDADES | SIGLAS | ESTÁGIO II-B | UNIVERSIDADES | SIGLAS | ESTÁGIO II-B |
| DMU25 | UFLA | 1 | DMU17 | UFRB | 0,2232 |
| DMU30 | UFV | 0,920 | DMU7 | UFPI | 0,2127 |
| DMU26 | UFMG | 0,905 | DMU1 | UFAC | 0,1695 |
| DMU42 | UFPEL | 0,905 | DMU6 | UFMA | 0,1653 |
| DMU38 | UFPR | 0,902 | DMU4 | UNIFAP | 0,1249 |

Apenas uma universidade (UFLA) foi eficiente no estágio II-B, conforme verificado na Tabela 13. O bom desempenho dessa DMU pode ser motivado pelo alto número de teses de doutorado defendidas, principalmente considerando os recursos utilizados para desempenhar as atividades desse estágio. A UFLA apresenta-se como o sétimo menor corpo docente e o sexto menor número de técnicos-administrativos.

Outro exemplo de universidade com bom desempenho é a UFMG, umas das maiores universidades do país, considerando tanto o número de alunos como os recursos executados. A UFMG nesse estágio destaca-se por apresentar o segundo maior número de dissertações defendidas e o terceiro maior número de teses.

Em relação aos escores de eficiências mais baixos, é possível destacar a UNIFAP. Essa DMU, no ano de 2016, apresentou os menores valores, tanto para o número de dissertações, quanto para o número de teses defendidas, dentro do conjunto de universidades

considerados. Ainda que os recursos também tenham se mostrado escassos, a proporção entre recursos utilizados e resultados obtidos pode ser melhorada.

7.5 EFICIÊNCIA NO ESTÁGIO III

No estágio III analisa-se o nível de produção científica e inovação desenvolvidos pelas universidades federais. A Tabela 14 destaca os melhores desempenhos do conjunto de universidades avaliadas (maiores escores de eficiência encontrados), e aquelas que demandam maiores ajustes para tornarem-se eficientes (menores escores de eficiência encontrados).

Tabela 14 - DMUs destacadas no Estágio III

| MAIORES EFICIÊNCIAS | | | MENORES EFICIÊNCIAS | | |
|---------------------|--------|-------------|---------------------|--------|-------------|
| UNIVERSIDADES | SIGLAS | ESTÁGIO III | UNIVERSIDADES | SIGLAS | ESTÁGIO III |
| DMU42 | UFPEL | 1 | DMU32 | UFF | 0,4267 |
| DMU35 | UFABC | 1 | DMU17 | UFRB | 0,4264 |
| DMU28 | UFSJ | 1 | DMU21 | UNB | 0,3962 |
| DMU14 | UFAL | 1 | DMU1 | UFAC | 0,3774 |
| DMU39 | UTFPR | 0,939 | DMU3 | UFPA | 0,3242 |

Nesse estágio quatro DMUs apresentaram escore de eficiência máximo. A UFPEL destaca-se por ser a quarta universidade com maior número de patentes, ainda que o número de dissertações e teses seja inferior à média apresentada por todo o conjunto. O mesmo ocorre com a UFAL, que apresenta o décimo maior número de patentes e é apenas a trigésima universidade em número de dissertações e a trigésima segunda em número de teses.

Em relação às DMUs com os menores índices de eficiência, podemos verificar que a UFF encontra-se nesse grupo. A universidade apresenta um nível de produção de dissertações e teses bastante superior à média do grupo, e deixa a desejar em relação ao número de patentes registradas. Outra instituição conceituada com um baixo desempenho nesse estágio é a UNB. Nesse caso, a universidade conta com o quarto maior número de dissertações defendidas e o quinto maior número de teses, e é apenas a décima primeira em relação ao número de patentes e a sétima em relação ao número de publicações. Entende-se que a DMU poderia aproveitar melhor os recursos de pesquisa para a produção de artigos e registros de patentes.

7.6 PANORAMA GERAL

Nessa sessão, pretende-se expandir a visão sobre os mesmos resultados considerando o desempenho geral de cada DMU. Dessa forma, propõe-se a análise da Tabela 15 que apresenta as eficiências médias obtidas por todas as 45 DMUs avaliadas.

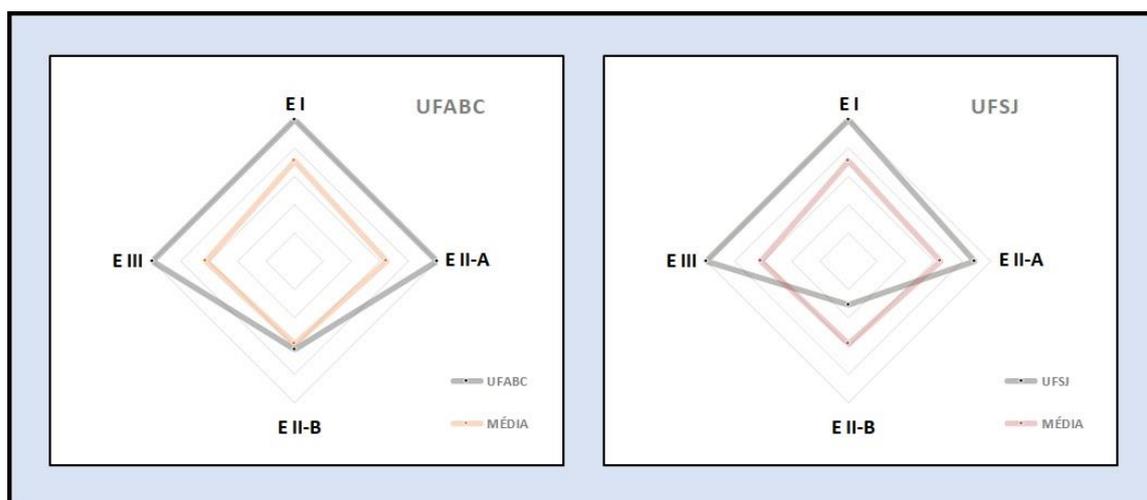
Tabela 15 – Eficiência Média considerando todos os estágios anteriores

| UNIVERSIDADES | SIGLAS | EFF MÉDIA | UNIVERSIDADES | SIGLAS | EFF MÉDIA |
|---------------|--------|-----------|---------------|---------|-----------|
| DMU35 | UFABC | 0,9055 | DMU13 | UFPE | 0,6359 |
| DMU25 | UFLA | 0,8124 | DMU21 | UNB | 0,6352 |
| DMU36 | UFSCAR | 0,8001 | DMU43 | UFMS | 0,6090 |
| DMU28 | UFSJ | 0,7981 | DMU02 | UFAM | 0,6062 |
| DMU41 | UFCSPA | 0,7907 | DMU37 | UNIFESP | 0,6007 |
| DMU42 | UFPEL | 0,7822 | DMU31 | UFES | 0,5902 |
| DMU26 | UFMG | 0,7495 | DMU16 | UFBA | 0,5894 |
| DMU30 | UFV | 0,7178 | DMU09 | UFRN | 0,5855 |
| DMU15 | UFS | 0,7158 | DMU18 | UFGD | 0,5836 |
| DMU45 | UFRGS | 0,7100 | DMU44 | FURG | 0,5760 |
| DMU23 | UNIFEI | 0,7095 | DMU03 | UFPA | 0,5723 |
| DMU38 | UFPR | 0,6832 | DMU24 | UFJF | 0,5686 |
| DMU05 | UFT | 0,6814 | DMU33 | UFRRJ | 0,5645 |
| DMU22 | UNIFAL | 0,6813 | DMU29 | UFU | 0,5611 |
| DMU40 | UFSC | 0,6712 | DMU10 | UFPB | 0,5516 |
| DMU14 | UFAL | 0,6667 | DMU11 | UFCG | 0,5425 |
| DMU27 | UFOP | 0,6655 | DMU32 | UFF | 0,5289 |
| DMU39 | UTFPR | 0,6646 | DMU19 | UFMS | 0,5127 |
| DMU07 | UFPI | 0,6525 | DMU06 | UFMA | 0,5093 |
| DMU04 | UNIFAP | 0,6442 | DMU20 | UFMT | 0,4873 |
| DMU08 | UFC | 0,6432 | DMU17 | UFRB | 0,4836 |
| DMU34 | UFRJ | 0,6387 | DMU01 | UFAC | 0,4756 |
| DMU12 | UFRPE | 0,6371 | | | |

Destaca-se, que apesar da função objetivo do modelo matemático utilizado ser composta pela divisão ponderada entre os outputs exógenos e inputs exógenos, a Tabela 15 considera o desempenho geral a partir da eficiência média de todos os estágios, incluindo os dois subprocessos do estágio II. Dessa forma é possível levar em conta todos os estágios da rede, sem ignorar o desempenho das universidades nos estágios internos.

Ressalta-se que apenas duas universidades foram eficientes em mais de um estágio, a UFABC e a UFSJ. Conforme é possível verificar na Tabela 15, a UFABC é a universidade com maior índice de eficiência médio, sendo eficiente em três dos quatro estágios considerados. Já a UFSJ apresenta o quarto maior índice de eficiência médio, prejudicada pelo baixo índice de eficiência obtido no estágio II-B referente ao aspecto formativo da pós-graduação.

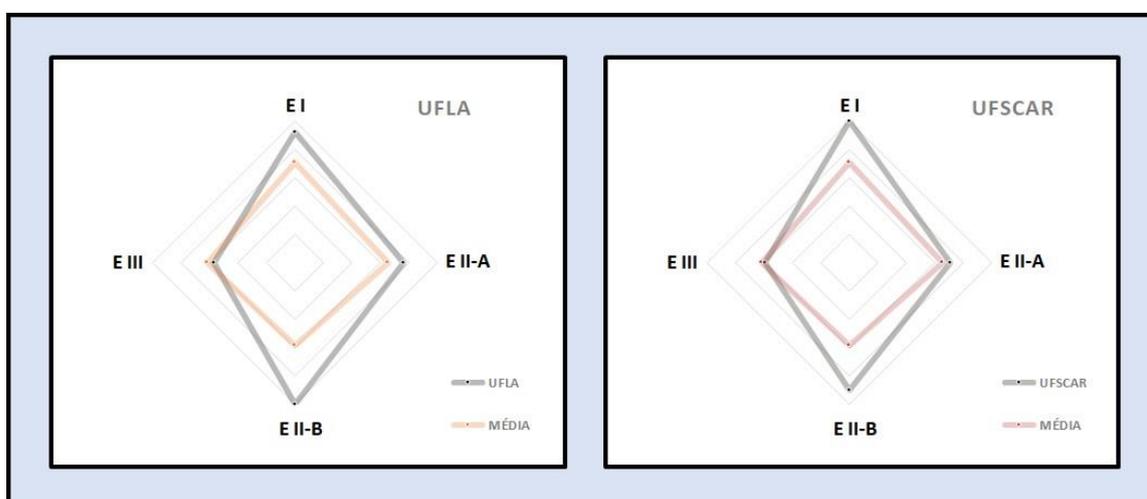
Figura 13 – Eficiências das DMUs UFABC e UFSJ x Eficiência Média dos estágios



A Figura 13 ilustra o desempenho das duas universidades em cada um dos estágios da estrutura em rede. É possível verificar que ao contrário da UFSJ, a UFABC performa acima da média de eficiência em todos os estágios, ainda que no estágio II-B haja potencial para melhorias. Nesse caso, a DMU em questão, ainda que opere com poucos recursos humanos e materiais, poderia aumentar o número de teses de doutorado defendidas. O mesmo ocorre com a UFSJ que com o trigésimo sexto maior corpo docente, consegue apresentar apenas o terceiro menor número de teses de todo o conjunto de universidades no ano analisado. Essa baixa produção de teses na pós-graduação acaba contribuindo para que nesse estágio a universidade tenha resultados abaixo da média de eficiência do grupo.

A UFLA e a UFSCAR, ainda que não se apresentem como eficientes em mais de um estágio, conseguem obter uma média de eficiência alta, conforme verificado na Tabela 15. A Figura 14 analisa o desempenho dessas universidades em cada um dos estágios da rede.

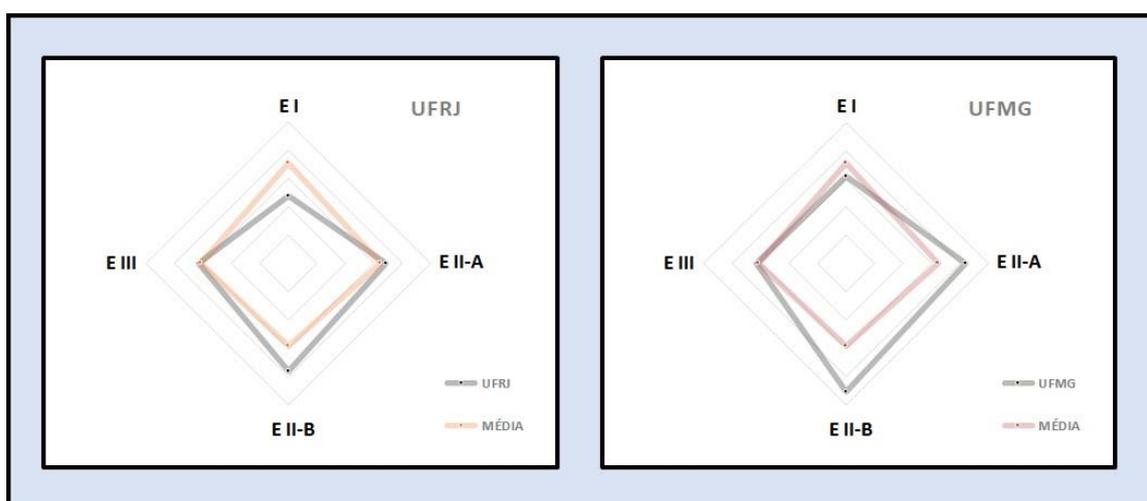
Figura 14 – Eficiências das DMUs UFLA e UFSCAR x Eficiência Média dos estágios



As DMUs verificadas na Figura 14 apresentam um padrão de eficiência semelhante. Ambas demonstraram um bom desempenho nos estágios I e II-B, um desempenho pouco acima da média no estágio II-A e um escore de eficiência ligeiramente abaixo da média no estágio III. Nesse estágio especificamente a UFLA tem um desempenho um pouco abaixo do esperado em relação à produção científica, considerando o número de dissertações e teses defendidas na universidade. No caso da UFSCAR, ainda que a quantidade de artigos publicados seja um ponto forte da universidade (nono maior número do conjunto avaliado), o número de patentes ainda está bem abaixo do esperado (apenas a trigésima universidade com maior número de patentes), principalmente considerando o elevado número de dissertações e teses defendidas, bem superior ao apresentado pela UFLA.

Por meio das Figuras 15 e 16 propõe-se uma análise das universidades com maior nível de despesas executadas no ano analisado.

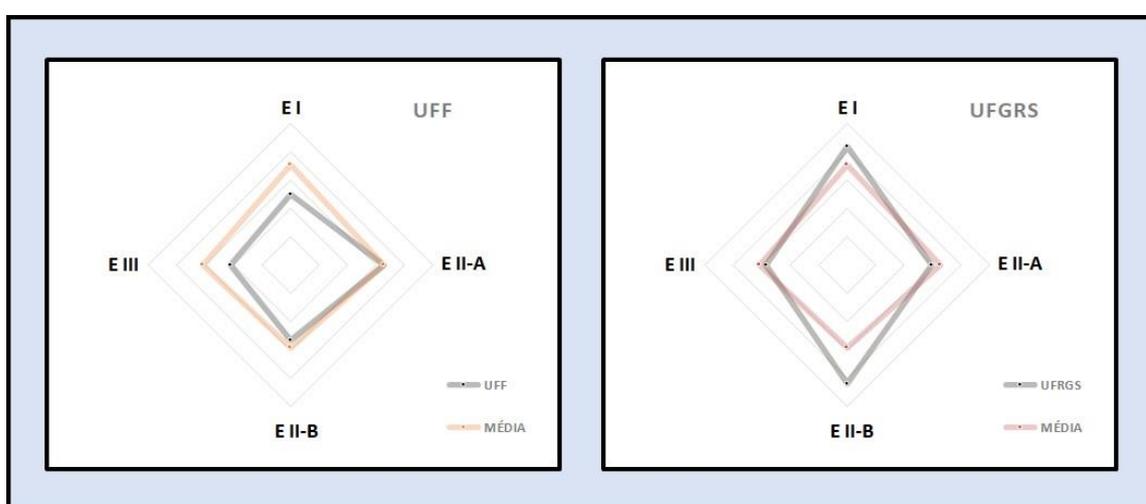
Figura 15 – Eficiências das DMUs UFRJ e UFMG x Eficiência Média dos estágios



As duas maiores universidades em nível de recursos financeiros executados no ano analisado apresentam índices de eficiência modestos, como mostrado na Tabela 15, principalmente pelo baixo desempenho de ambas as universidades no estágio I. Com um nível de recursos despendidos bem acima da média do grupo, esperava-se que as universidades conseguissem apresentar mais resultados do que as demais. A UFMG, ainda que apresente um desempenho ruim no primeiro estágio, é capaz de manter a oitava maior eficiência média do grupo, diferente da UFRJ que fica apenas na vigésima segunda posição. A UFMG tem um bom desempenho em relação as atividades de graduação, alcançando o valor mais alto para a variável componente agregado da graduação (y_1). Esse bom resultado é alcançado pelo equilíbrio entre o número de alunos concluintes na graduação e o desempenho da

universidade no IGC (graduação) e contando com apenas o terceiro maior corpo docente e o sétimo maior número de alunos matriculados em curso de graduação. Também verifica-se que a UFMG apresenta um índice elevado de eficiência no estágio II-B referente ao aspecto formativo da pós graduação. Esse resultado deve-se em parte por ser o segundo maior número de dissertações do grupo e o terceiro em número de teses. Também são analisados os desempenhos da UFF e UFRS (a terceira e a quarta maior universidade em relação ao volume de despesas executadas em 2016, respectivamente).

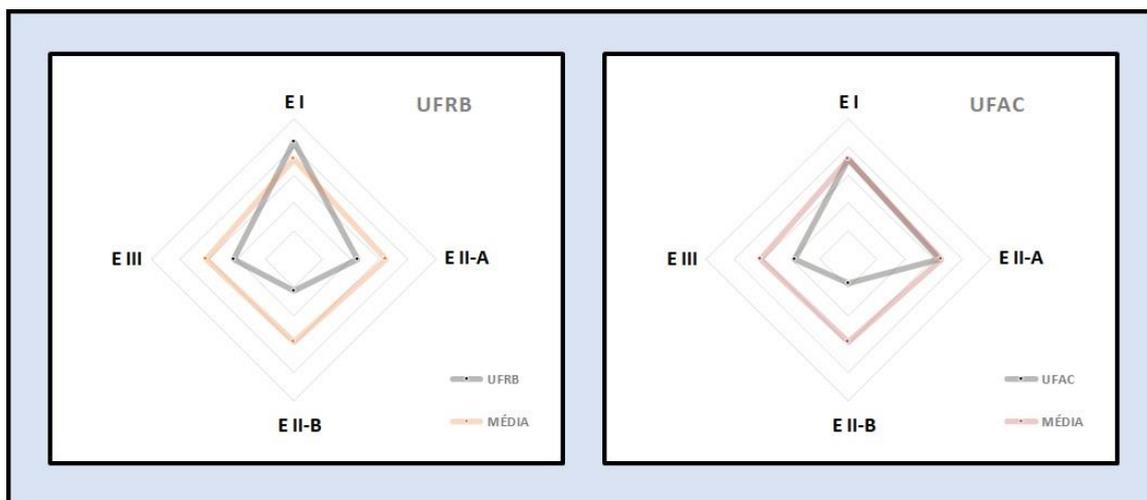
Figura 16 - Eficiências das DMUs UFF e UFRGS x Eficiência Média dos estágios



Ainda que a UFF tenha executado um maior nível de recursos financeiros em relação a UFRGS, ela obteve apenas a sexta menor eficiência média do grupo. Já a UFRGS está entre as dez maiores eficiências média do grupo. A UFF apresenta um grande potencial de melhorias, principalmente em relação aos estágios I e III. Em especial, no estágio III alguns comentários já foram tecidos na subseção 7.5. Nesse mesmo estágio, a UFRGS apresenta uma eficiência abaixo do esperado, principalmente pelo baixo número de patentes (décimo terceiro do grupo) em relação ao número de pesquisas desenvolvido na pós-graduação (segundo maior número de teses do grupo, e o terceiro maior de dissertações, além de possuir o segundo maior nível de publicação de artigos do grupo). A referida DMU ainda performa muito bem no estágio II-B, impulsionado pelo elevado número de alunos de pós-graduação concluintes, como já mencionado.

Por fim, cabem alguns comentários sobre as universidades que apresentaram baixos índices médios de eficiência. A figura 17 mostra o desempenho geral das DMUs UFRB e UFAC.

Figura 17 - Eficiências das DMUs UFRB e UFAC x Eficiência Média dos estágios



As universidades dispostas na Figura 17 foram aquelas que apresentaram os escores de eficiência mais baixos do grupo, portanto, demandam melhorias significativas em quase todos os estágios considerados na abordagem em rede proposta.

As duas universidades (UFRB e UFAC) estão localizadas em regiões brasileiras menos desenvolvidas economicamente e fazem parte do grupo das dez instituições com menor nível de despesas executadas e menor corpo docente.

Percebe-se que a UFAC consegue um desempenho próximo à média do grupo nos estágios I e II-A, enquanto a UFRB apresenta um desempenho acima da média apenas no estágio I. Ambas as universidades apresentam escores de eficiência significativamente baixos para os estágios II-B e III.

No estágio II-B a UFRB é penalizada por apresentar o quinto menor número de dissertações e de teses defendidas, principalmente considerando a relação com o tamanho do corpo docente mantido pela universidade. O mesmo problema ocorre com a DMU UFAC. Nesta, o cenário é ainda agravado, uma vez que o corpo docente da instituição é ligeiramente maior em relação à UFRB e o número de dissertações e teses é inferior.

Em relação ao estágio III, tanto a UFRB quanto a UFAC estão entre as três universidades com o menor número de patentes e de produção de artigos. Ressalta-se que o desempenho da DMU UFAC nessas variáveis é ligeiramente inferior a UFRB, apresentando o menor nível de patentes do grupo considerado e o segundo menor número de artigos. Nesse ponto é importante lembrar que algumas universidades que apresentaram valores nulos para essas duas variáveis foram excluídas da análise. Assim, todos os resultados apresentados nessa seção referem-se exclusivamente ao grupo de 45 DMUs analisado. A seguir, será

proposta uma análise das eficiências em relação à região do Brasil a qual as DMUs pertencem.

7.7 EFICIÊNCIA MÉDIA POR REGIÃO

Nessa seção propõem-se organizar os escores de eficiência encontrados, conforme a região do país e verificar, de acordo com a eficiência média das instituições que as compõem, se existe uma grande diferença entre as mesmas. A Figura 18 dispõe o mapa do Brasil dividido em cinco diferentes complexos regionais e a eficiência média em cada um deles.

Figura 18 - Eficiência média por região brasileira



Inicialmente, a Figura 18 mostra que as regiões brasileiras com maiores escores de eficiência são as regiões sul e sudeste. Usando dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) referentes ao ano de 2016, é possível verificar que essas regiões são aquelas que apresentaram maior Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) para as macrorregiões brasileiras, referente à perspectiva Educação (53 para a região sul e 43 para a região sudeste) (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2016).

Ressalta-se ainda que estão inseridas nessas regiões as universidades federais mais tradicionais e antigas do Brasil, como a UFRJ (1920), a UFMG (1949) e a UFRGS (1949) (BRASIL, c2018). Essas instituições mais que universidades tradicionais, são as que possuem

maior orçamento dentre as universidades consideradas nesse estudo. Considerando os recursos executados em 2016, seis universidades que possuem os maiores valores para essa variável (x_1) estão localizadas nas regiões sul e sudeste, sendo que quatro delas são as primeiras colocadas (UFRJ, UFMG, UFF e UFRGS).

Além de contar com alguns dos maiores orçamentos dentre as universidades observadas, as universidades federais das regiões sul e sudeste também apresentam os resultados mais destacados em relação às publicações científicas, em especial quando observada a variável número de artigos publicados indexados a base Scopus (y_3). Além disso, em relação ao componente agregado da graduação (y_1), os desempenhos das universidades localizadas nessas regiões também são bastante positivos. As universidades UFMG e UFRJ apresentam as melhores performances nessa variável.

Em relação à região sul, especificamente, representada no conjunto avaliado por oito universidades federais, possui três dessas oito instituições inseridas no grupo das dez DMUs com maiores eficiências médias (média dos estágios considerados). São elas: UFCSPA, UFPEL e UFRGS. No caso das duas primeiras instituições mencionadas, o bom desempenho nos estágios II-B e III torna possível esses níveis elevados de eficiência média. Nesse caso, a UFPEL, inclusive é eficiente no estágio III. A UFRGS apresenta seus melhores desempenhos nos estágios I e II-B.

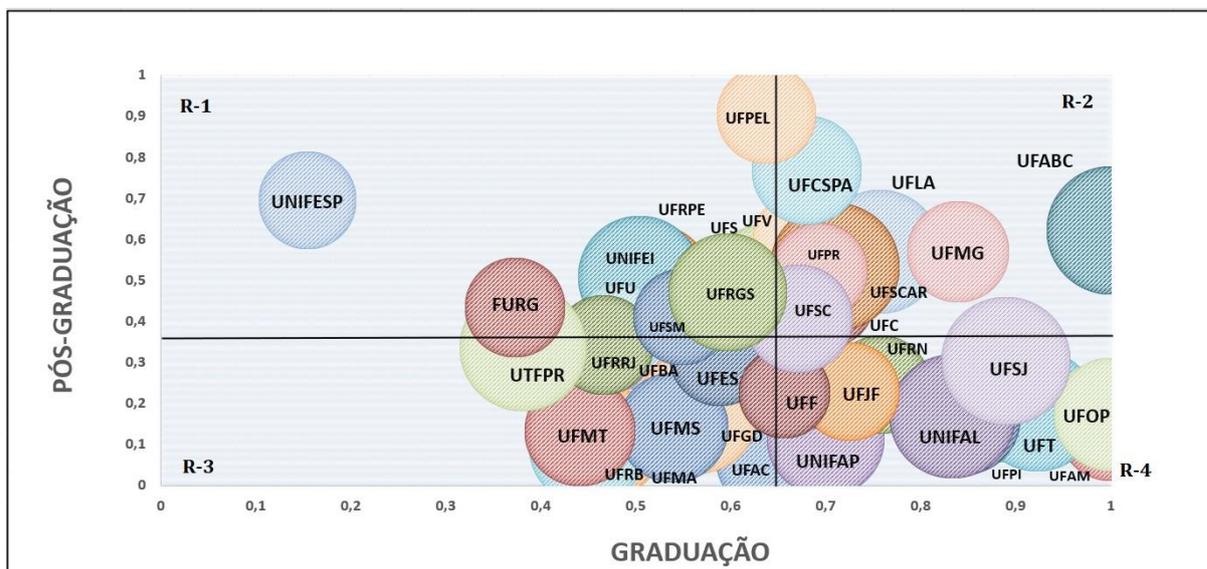
Já no caso das universidades localizadas na região sudeste do país, as instituições mineiras aparecem como destaques em relação a eficiência média, considerando os quatro estágios da abordagem em rede. Quatro das nove universidades do estado de Minas Gerais consideradas na análise figuram entre as dez maiores eficiências médias do grupo, são elas: UFPA, UFSJ, UFMG e UFV. Ressalta-se ainda, que nesse grupo, as universidades federais de São Paulo também estão representadas, ocupando a primeira e a terceira posição, com a UFABC e a UFSCAR, respectivamente. Por fim, em relação às DMUs da região sudeste, o estágio com melhor desempenho geral é o estágio I, impulsionado pelo fato de as três únicas DMUs eficientes estarem localizadas nessa região do país.

7.8 ESPECIALIZAÇÃO DAS UNIVERSIDADES FEDERAIS

Nessa subseção, pretende-se identificar quais são os pontos mais fortes e as maiores vulnerabilidades das universidades avaliadas. O termo especialização, usado nessa subseção, refere-se à capacidade de determinada universidade alcançar índices de eficiência satisfatórios (acima da média do grupo), em relação aos estágios relacionados às atividades de graduação e/ou pós-graduação. Assim, por meio da Figura 19, dispõe-se graficamente os desempenhos

de cada instituição nos estágios: financeiro (estágio I), atividades de graduação (estágio II-A) e atividade de pós-graduação (produto dos estágios II-B e III).

Figura 19 - Especialização das DMUs



Na Figura 19, as linhas que dividem a imagem em quatro regiões distintas representam a eficiência média para o grupo de universidades avaliadas, relativa aos estágios referentes às atividades de graduação (eficiência média = 0,651) e pós-graduação (eficiência média = 0,3599). O tamanho de cada DMU representa o desempenho da universidade em relação ao estágio financeiro (estágio I). Considerando ainda que a eficiência das atividades de pós-graduação é formada a partir do produto das eficiências dos estágios II-B e III, é possível verificar, quatro tipos de universidades: as especializadas em atividades mais comuns a graduação (formação de estudantes de graduação e ensino), as instituições especializadas em atividades mais características da pós-graduação (formação de alunos de pós-graduação e produção científica), aquelas que possuem bom desempenho em ambas as atividades, e as que não apresentaram, no ano em questão, um bom desempenho em nenhuma das atividades.

Em relação às universidades especializadas em atividades da graduação (R-4), destacam-se a UFOP e a UFAM, universidades que conseguiram altos escores de eficiência em relação às referidas atividades, e que, entretanto, apresentaram baixos níveis de eficiência em relação a pós-graduação, afetadas principalmente pelo desempenho no estágio II-B.

Na região R-1 estão as universidades especializadas nas atividades relacionadas à pós-graduação. Verifica-se que a UNIFESP possui um bom desempenho nessa perspectiva. Em contrapartida, a instituição apresenta menor eficiência relacionada ao estágio II-A

(graduação). Por apresentar escores de eficiência elevados tanto para o estágio II-B, quanto para o estágio III, a UFPEL obteve o melhor desempenho para as atividades de pós-graduação e encontra-se um pouco abaixo da média em relação às atividades de graduação.

Com bons desempenhos em ambas as atividades e localizadas em pontos distintos da região R-2, destacam-se as universidades UFABC e UFCSPA. A primeira, inclusive, além de apresentar elevados escores de eficiência em ambas as perspectivas, é a DMU com melhor desempenho no estágio financeiro (maior circunferência), juntamente com a UFSCAR e UFSJ.

Por fim, na região R-3 estão representadas as DMUs que precisam melhorar seu desempenho em ambas as perspectivas para evoluir até a região R-2. Dentre essas, as universidades UFMS e UFMT, localizadas na região centro-oeste e que contribuíram com o baixo escore de eficiência da região, conforme verificado na seção anterior.

7.9 IMPLICAÇÕES GERENCIAIS

Conforme afirmam Nguyen e Yu (2020), uma medição de eficiência bem-sucedida pode auxiliar na tomada de decisão gerencial ao abordar os pontos mais fortes e as vulnerabilidades das unidades avaliadas, trazendo algumas implicações para a busca do desempenho desejável. Essa afirmação vai ao encontro do objetivo perseguido nesta tese, ao aplicar a abordagem avaliativa em rede desenvolvida à realidade das universidades federais brasileiras.

Nesse sentido, os escores de eficiência obtidos auxiliarão no processo decisório de gestores e planejadores inseridos nesse contexto, tanto a nível institucional, ao analisar individualmente a performance de cada uma das universidades, de maneira isolada, quanto a nível nacional, ao verificar o desempenho médio de um conjunto de universidades agrupadas, de acordo com aspectos regionais, como proposto na subseção 7.7. Em ambos os casos, há uma contribuição para a identificação de problemas e oportunidades de melhoria, buscando-se um equilíbrio entre o desempenho financeiro e as atividades de ensino, pesquisa e inovação, munindo os gestores com subsídios para estabelecer políticas públicas relacionadas à otimização da relação entre os recursos consumidos e os resultados a serem alcançados, com base no desempenho de instituições similares.

As Instituições de Ensino Superior caracterizam-se pela sua complexidade e pelos desafios que se colocam neste contexto. Isto obriga-nos a implementar novas abordagens para avaliar o seu desempenho, considerando os múltiplos recursos consumidos, e a diversidade de

produtos desenvolvidos, nas diferentes atividades por elas desempenhadas. Assim, o presente estudo oferece um panorama geral do desempenho das IES federais brasileiras, abordando as questões complexas e reais subjacentes em relação ao uso de recursos financeiros e no desenvolvimento das atividades de graduação e pós-graduação dessas instituições, por meio de um modelo multiestágio integrado, que possibilita retratar a realidade multifacetada das instituições de ensino superior e contribui com a aproximação dos modelos já existentes, levando em consideração o compartilhamento de recursos entre as referidas atividades e o desenvolvimento de ensino e pesquisa nessas instituições, satisfazendo a demanda por estudos que levem em consideração a forte ligação entre o ensino e a pesquisa, a partir de uma perspectiva conectada, como lembrado por Qin, Zhang e Zhu (2018).

Ressalta-se ainda que os gráficos dispostos na subseção 7.6 facilitam a compreensão a respeito do desempenho das instituições de ensino superior, em cada um dos estágios definidos na abordagem avaliativa proposta e quando organizados em pares, ou em pequenos grupos, é possível ainda propor uma análise comparativa em relação aos pontos fortes e fracos das instituições em questão.

Por fim, cabe destacar que a avaliação quantitativa proposta contribui com os tomadores de decisão em relação a identificação de possíveis melhorias institucionais, otimização de processos e do uso de recursos, que em geral são escassos, e ainda, no apontamento de quais processos precisam ser aperfeiçoados. Entretanto, espera-se que nesse processo avaliativo, a função social da universidade não seja ignorada e que os gestores estejam conscientes da necessidade de complementar a análise dos resultados obtidos, levando em consideração outros aspectos qualitativos, como o perfil institucional, o local onde a universidade está inserida, as demandas locais da sociedade, dentro outros fatores.

Dessa forma, sugere-se, o uso dos métodos quantitativos deve estar integrado com um conjunto de ações avaliativas, internas e externas, que considerem a complexidade dessas instituições, discussões permanentes a respeito dos seus projetos, razão de existir, metas e objetivos e o impacto de sua função social no meio no qual estão inseridas.

8 CONCLUSÕES

O presente estudo propôs uma abordagem avaliativa em rede para determinar a eficiência de instituições de ensino superior, visando abranger as principais atividades por elas desenvolvidas e a complexidade inerente ao cenário considerado. Para isso, foi utilizada uma abordagem Network DEA, com três estágios, sendo o segundo estágio composto por dois diferentes subprocessos.

No primeiro estágio, examina-se como as IES utilizam os recursos financeiros para a manutenção dos recursos humanos e materiais que possibilitam o desempenho das atividades de graduação e pós-graduação desenvolvidas. O segundo estágio da rede, subdivide-se em dois subprocessos distintos. O primeiro subprocesso do segundo estágio refere-se ao uso de parte dos recursos humanos e materiais para a formação de estudantes em nível de graduação. Já o segundo subprocesso analisa o aspecto formativo da pós-graduação, dados os recursos humanos e materiais compartilhados com as atividades de graduação e o número de estudantes de pós-graduação. Por fim, o terceiro estágio trata da transformação das pesquisas realizadas pelos estudantes da pós-graduação em publicações e registros de patentes.

Essa estrutura multiestágio leva em consideração o compartilhamento de recursos (*shared inputs*) entre as atividades inerentes à graduação e as atividades ligadas à pós-graduação. Essas atividades utilizam alguns recursos em comum (humanos e materiais), para o desenvolvimento de atividades essenciais (ensino e pesquisa), como docentes, funcionários técnico-administrativos e área construída. Destaca-se, ainda, que o uso dos *inputs* compartilhados concede flexibilidade ao tomador de decisões, ao permitir que sejam atribuídos limites máximos e mínimos referentes à distribuição de recursos entre as diferentes atividades mencionadas, representadas em estágios distintos da rede.

As variáveis que compõem o modelo foram definidas com base na revisão sistemática da literatura, proposta em uma subseção específica desta tese, na qual foram considerados mais de 250 artigos científicos, que propuseram o uso de DEA para avaliações dentro do contexto do ensino superior. No melhor do nosso conhecimento, não há revisões de literatura recentes similares. Como resultado, foi possível identificar algumas características inerentes aos estudos considerados, dentre essas, as variáveis mais utilizadas nesse contexto. Acrescenta-se, que para a escolha das variáveis, também foram observados os principais *rankings* acadêmicos, que em geral atribuem um peso significativo aos indicadores de ensino e pesquisa. O *Ranking* Universitário Folha, por exemplo, atribui um peso de 74% para essas duas perspectivas, assim como, leva em consideração o desempenho dos estudantes no ENADE, o corpo docente, as publicações e as teses de cada IES.

Com base na estrutura em rede proposta, a formulação matemática para possibilitar a obtenção das eficiências de cada instituição de ensino superior foi construída, considerando-se o compartilhamento de recursos utilizados em diferentes atividades das IES. Algumas questões computacionais também foram levadas em consideração, para contornar possíveis erros e distorções nos resultados obtidos.

Para verificar a aplicabilidade da abordagem avaliativa em rede foi proposta a sua aplicação em um caso real. Para tanto, foi considerado um conjunto composto por 45 universidades federais brasileiras. Assim, foi possível analisar o desempenho dessas instituições em cada um dos estágios que compõem a estrutura em rede proposta.

Além dos breves comentários tecidos a respeito do desempenho das universidades que se destacaram em cada um dos estágios, procedeu-se a uma análise a respeito do desempenho geral de cada instituição, considerando a eficiência média obtida, e ainda, uma discussão a respeito das eficiências relacionadas ao aspecto regional e a especialização das universidades de acordo com seus desempenhos inerentes às atividades de graduação e pós-graduação.

Os resultados obtidos com a aplicação da abordagem em rede representam uma contribuição aos modelos oficiais de avaliação do ensino superior brasileiro vigentes, propondo avaliar a eficiência das instituições de ensino superior, de modo abrangente e integrado, considerando diversos aspectos, onde estão incluídas as atividades desenvolvidas em nível de graduação e pós-graduação, buscando aproximar aspectos isolados já considerados pelos modelos avaliativos existentes, a partir do desenvolvimento de uma estrutura em rede inédita, composta por onze variáveis.

Dessa forma, o estudo pode contribuir com o processo avaliativo no ensino superior, e consequentemente com o aperfeiçoamento das atividades desenvolvidas pelas IES, e com o enfrentamento dos desafios que incluem a demanda cada vez maior pela ampliação do acesso a essas instituições, a pressão cada vez maior por produtividade, especialmente ligada à produção de pesquisa científicas, simultaneamente ao cenário de cortes orçamentários e políticas de austeridade, uma vez que, a abordagem avaliava pode auxiliar gestores e autoridades no processo decisório. Com as informações obtidas com a aplicação da abordagem proposta nesta tese é possível estabelecer políticas públicas relacionadas à otimização da relação entre os recursos consumidos e os resultados a serem alcançados com base na comparação de um conjunto de instituições similares.

Em relação às limitações do trabalho, observa-se que a abordagem em rede foi construída buscando adequar-se às características do ensino superior brasileiro. Considera-se, por exemplo, o IGC como um dos componentes da única variável de saída referente ao

estágio relacionado às atividades de graduação. Trata-se de um índice característico da metodologia atual de avaliação do ensino superior nacional. Assim, para que a abordagem seja aplicada na avaliação de IES estrangeiras, é necessária uma adaptação em relação a determinadas variáveis e na estrutura da rede. Deve-se mencionar ainda que, dadas as características da rede e as variáveis consideradas, só é possível avaliar instituições que oferecem cursos de graduação e pós-graduação, e ainda, pode se mostrar mais adequada para a avaliação de instituições públicas.

Ressalta-se ainda que os resultados obtidos refletem o desempenho das DMUs apenas em relação a um período específico. No caso da aplicação proposta na seção 7, os resultados refletem a performance das universidades em relação ao ano de 2016.

Outro ponto que merece ser destacado é que não foram levadas em consideração nesse estudo, variáveis inerentes às atividades de extensão desenvolvidas pelas universidades. Optou-se principalmente por priorizar as atividades de ensino e pesquisa desenvolvidas em nível de graduação e pós-graduação. Mesmo com os resultados da revisão sistemática de literatura, existem dificuldades em definir quais variáveis poderiam medir o desempenho das universidades em relação a essa vertente, uma vez que o conceito de extensão no ensino superior brasileiro ainda é objeto de longa discussão entre os membros da comunidade acadêmica. Entretanto, é reconhecida a importância das atividades de extensão para as universidades brasileiras.

Dessa forma, como uma das propostas de trabalhos futuros, pretende-se identificar e analisar os indicadores de desempenho relacionados às atividades de extensão, utilizados pelas Pró-Reitorias de Extensão das universidades brasileiras, verificar quais desses indicadores refletem mais adequadamente a real contribuição da extensão para as universidades e, assim, verificar a viabilidade em incluir a extensão como um subprocesso da rede proposta nessa tese. Sugere-se ainda a adaptação da estrutura em rede e da formulação matemática, visando à transformação da estrutura atual, em uma estrutura NDEA dinâmica, capaz de determinar a eficiência geral das DMUs ao longo de todo um período, possibilitando que análises adicionais sejam realizadas, como a variação da eficiência ao longo do tempo. Finalmente, sugere-se que, ao considerar uma abordagem NDEA dinâmica, seja testada a viabilidade do uso do modelo SBM (*dynamic slacks-based measure model*), com o objetivo de facilitar a determinação de alvos para as DMUs ineficientes.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, M.; DOUCOULIAGOS, C. The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis. **Economics of Education Review**, v.22, n.1, p.89-97, 2003.
- ABDULLAH, D.; TULUS, T.; SUWILO, S.; EFENDI, S.; ZARLIS, M.; MAWENGGANG, H. A research framework for data envelopment analysis with upper bound on output to measure efficiency performance of higher learning institution in Aceh province. **International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology**, v.8, n.2, p. 336-341, 2018.
- ABING, S. L. N.; BARTON, M. G. L.; DUMDUM, M. G. M.; BONGO, M. F.; OCAMPO, L. A. Shapley value-based multi-objective data envelopment analysis application for assessing academic efficiency of university departments. **Journal of Industrial Engineering International**, v.14, p.733-746 2018.
- AGASISTI, T. Cost structure, productivity and efficiency of the Italian public higher education industry 2001–2011. **International Review of Applied Economics**, v.30, n.1, p.48-68, 2016.
- AGASISTI, T. Performances and spending efficiency in higher education: a European comparison through non- parametric approaches. **Education Economics**, v.19, n.2, p.199-224, 2011.
- AGASISTI, T.; DAL BIANCO, A. Measuring efficiency of Higher Education institutions. **International Journal of Management and Decision Making**, v.10, n.5/6, p.443-465, 2009b.
- AGASISTI, T.; DAL BIANCO, A. Reforming the university sector: effects on teaching efficiency - evidence from Italy. **Higher Education**, v.57, n.4, p. 477-498, 2009a.
- AGASISTI, T.; DAL BIANCO, A.; LANDONI, P.; SALA, A.; SALERNO, M. Evaluating the efficiency of research in academic departments: an empirical analysis in an Italian region. **Higher Education Quarterly**, v.65, n.3, p.267-289, 2011.
- AGASISTI, T.; EGOROV, A.; MAXIMOVA, M. Do merger policies increase universities' efficiency? Evidence from a fuzzy regression discontinuity design. **Applied Economics**, v.53, n.2, p. 185-204, 2020.
- AGASISTI, T.; EGOROV, A.; ZINCHENKO, D.; LESHUKOV, O. Efficiency of regional higher education systems and regional economic short-run growth: empirical evidence from Russia. **Industry and Innovation**, v.28, n.4, p.1-28, 2020.
- AGASISTI, T.; JOHNES, G. Beyond frontiers: comparing the efficiency of higher education decision- making units across more than one country. **Education Economics**, v.17, n.1, p.59-79, 2009.
- AGASISTI, T.; PÉREZ-ESPARRELLS, C. Comparing efficiency in a cross-country perspective: the case of Italian and Spanish state universities. **Higher Education**, v.59, n.1, p.85-103, 2010.

AGASISTI, T.; POHL, C. Comparing German and Italian Public Universities: Convergence or Divergence in the Higher Education Landscape? **Managerial and Decision Economics**, v.33, n.2, p. 71-85, 2012.

AGASISTI, T.; RICCA, L. Comparing the Efficiency of Italian Public and Private Universities (2007–2011): An Empirical Analysis. **Italian Economic Journal**, v.2, p.57-89, 2016.

AGASISTI, T.; SHIBANOVA, E.; PLATONOVA, D.; LISYUTKIN, M. The Russian Excellence Initiative for higher education: a nonparametric evaluation of short- term results. **International Transactions in Operational Research**, v.27, n.4, p.1911-1929, 2019.

AGASISTI, T.; WOLSZCZAK-DERLACZ, J. Exploring efficiency differentials between Italian and Polish universities, 2001–11. **Science and Public Policy**, v.43, n.1, p.128-142, 2015.

AGUILLO, I. F.; BAR-ILAN, J.; LEVENE, M.; ORTEGA, J. L. Comparing university rankings. **Scientometrics**, v.85, n.1, p.243-256, 2010.

AI, N.; KJERLAND, M.; KLEIN-BANAI, C.; THEIS, T. L. Sustainability assessment of universities as small-scale urban systems: A comparative analysis using Fisher Information and Data Envelopment Analysis. **Journal of Cleaner Production**, v.212, n.1, p.1357-1367, 2019.

ALABDULMENEM, F. M. Measuring the efficiency of public universities: Using Data Envelopment Analysis (DEA) to examine public universities in Saudi Arabi. **International Education Studies**, v.10, n.1, p.137-143, 2017.

ALEXANDRE NETTO, C. Princípios para um novo modelo de avaliação da pós-graduação. **Ciência e Cultura**, v.70, n.3, p.47-51, 2018.

AMARA, N.; RHAJEM, M.; HALILEM, N. 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 A. R.; SHAHROODI K.; SHAKER MAHMOODKIANI F. Network Data Envelopment Analysis: Application to Gas Companies in Iran. **International Journal of Applied Operational Research**, v.5, n.1, p.1-16, 2015.

ANDERSEN P.; PETERSEN, N. C. A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v.39, n.10, p.1261-1264, 1993.

ANGULO MEZA, L.; LINS, M. P. E. Review of Methods for Increasing Discrimination in Data Envelopment Analysis. **Annals of Operations Research**, v.116, p. 225-242, 2002.

ANGULO MEZA, L.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES JUNIOR, S. F.; MORENO, P. Evaluation of post-graduate programs using a network data envelopment analysis model. **DYNA**, v.85, n.204, p.83-90, 2018.

AVILÉS-SACOTO, S.; COOK, W. D.; IMANIRAD, R.; ZHU, J. Two-stage network DEA: when intermediate measures can be treated as outputs from the second stage. **Journal of the Operational Research Society**, v.66, n.11, p.1868-1877, 2015.

BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v.30, p.1078-1092, 1984.

BARRA, C.; LAGRAVINESE, R.; ZOTTI, R. Does econometric methodology matter to rank universities? An analysis of Italian higher education system. **Socio-Economic Planning Sciences**, v.62, p.104-120, 2018.

BARRA, C.; ZOTTI, R. A directional distance approach applied to higher education: an analysis of teaching-related output efficiency. **Annals of Public and Cooperative Economics**, v.87, n.2, p.145-173, 2016a.

BARRA, C.; ZOTTI, R. Managerial efficiency in Higher Education using individual versus aggregate level data. Does the choice of Decision-Making Units count? **Managerial and Decision Economics**, v.37, n.2, p.106-126, 2016b.

BARRA, C.; ZOTTI, R. Measuring efficiency in Higher Education: an empirical study using a Bootstrapped Data Envelopment Analysis. **International Advances in Economic Research**, v.22, n.1, p.11-33, 2016c.

BASSI, C. M. **Implicações dos novos regimes fiscais no financiamento da educação pública**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Ipea, 2018. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>>. Acesso em 19 fev. 2019.

BERBEGAL-MIRABENT, J. The influence of regulatory frameworks on research and knowledge transfer outputs: An efficiency analysis of Spanish public universities. **Journal of Engineering and Technology Management**, v.47, p.68-80, 2018.

BERBEGAL-MIRABENT, J.; LAFUENTE, E.; SOLÉ, F. The pursuit of knowledge transfer activities: An efficiency analysis of Spanish universities. **Journal of Business Research**, v.66, n.10, p.2051-2059, 2013.

BERBEGAL MIRABENT, J.; SOLÉ PARELLADA, F. What are we measuring when evaluating universities' efficiency? **Regional and Sectoral Economic Studies**, v.12, n.3, p.31-46, 2012.

BERNARDINO, P.; MARQUES, R. C. Academic rankings: an approach to rank Portuguese universities. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v.18, n.66, p.29-48, 2010.

BLANCO, M.; BARES, L.; HRYNEVYCH, O. University Brand as a Key Factor of Graduates Employment. **Marketing and Management of Innovations**, v.3, p.193-208, 2019.

BLECICH, A. A. Factors affecting relative efficiency of higher education institutions of economic orientation. **Management**, v.25, n.1, p.45-67, 2020.

BOTELHO, R. O.; SANTOS, A. B.; SOUZA P. L.; LIMA, M. A. Apreciação crítica ao sistema nacional de avaliação da educação superior - SINAES. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA, 14, 2014, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

BOUGNOL, M.-L.; DULÁ, J. H. Validating DEA as a ranking tool: An application of DEA to assess performance in higher education. **Annals of Operations Research**, v.145, n.1, p.339-365, 2006.

BOUZOUITA, A. Evaluating the efficiency of higher education institutions in Tunisia. **International Journal of Education Economics and Development**, v.10, n.2, p.212-233, 2019.

BRASIL. CAPES. Portaria nº 182, de 14 de agosto de 2018. Dispõe sobre processos avaliativos das propostas de cursos novos e dos programas de pós-graduação stricto sensu em funcionamento. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Seção 1, p. 11, Brasília, DF, 16 ago. 2018b.

_____. CAPES. **Capes, 60 anos: seis décadas de evolução da pós-graduação**. Revista Comemorativa. Brasília, DF: CAPES, 2011.

_____. CAPES. **Plano Nacional de Pós-Graduação - PNPG 2011-2020**. Brasília, DF: CAPES, 2010

_____. CAPES. Portaria nº 59, de 21 de março de 2017. Dispõe sobre o regulamento da avaliação quadrienal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Seção 1, p. 51 Brasília, DF, 27 mar. 2017a.

_____. CAPES. Portaria nº 122, de 5 de agosto de 2021. Consolida os parâmetros e os procedimentos gerais da Avaliação Quadrienal de Permanência da pós-graduação stricto sensu no Brasil. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Seção 1, p. 32 Brasília, DF, 09 ago. 2021.

_____. CAPES. **Sobre a avaliação**. CAPES, 2014. Disponível em: <<https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/sobre-a-avaliacao/avaliacao-o-que-e/sobre-a-avaliacao-conceitos-processos-e-normas/conceito-avaliacao>>. Acesso em: 08 jul. 2021.

_____. CAPES. **Sobre a avaliação**. CAPES, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/avaliacao-quadrienal-e-novo-modelo-sao-prioridades-em-2021>>. Acesso em: 05 jul. 2021.

_____. Decreto nº 29.741, de 11 de julho de 1951. Institui uma Comissão para promover a Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de pessoal de nível superior. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Seção 1, Brasília, DF, 13 jul. 1951.

_____. Lei nº.10.861, de 14 de abril de 2004. Institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior - SINAES. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção 1, 15 abr. 2004b.

_____. Lei nº. 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção 1, p. 1, 30 dez. 2008a.

_____. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo da Educação Superior 2016**: Divulgação. Brasília, 2017b.

_____. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Resumo técnico**: Censo da Educação Superior 2016. Brasília, 2018c.

_____. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Roteiro de Autoavaliação Institucional**: Orientações Gerais. Brasília, 2004c.

_____. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Portaria Normativa nº 12, de 5 de setembro de 2008. Institui o Índice Geral de Cursos da Instituição de Educação Superior (IGC). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Seção 1, p. 13, Brasília, DF, 08 set. 2008b.

_____. Ministério da Educação. Portaria Normativa nº 840, de 24 de agosto de 2018. Dispõe sobre os procedimentos de competência do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira referentes à avaliação de instituições de educação superior, de cursos de graduação e de desempenho acadêmico de estudantes. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 27 ago. 2018a.

_____. Ministério da Educação. Portaria nº 2.051, de 9 de julho de 2004. Regulamenta os procedimentos de avaliação do Sistema Nacional de Educação Superior - SINAES, instituído pela Lei 10.861, de 14 de abril de 2004. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Seção 1, p.12 Brasília, DF, 12 jul. 2004a.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Superior (SESu). **Criação de Universidades linha do tempo**. Brasília, c2018. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/linhatempo-ifes.pdf>> Acesso em: 23. mar. 2021.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Superior (SESu). **Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais Reuni 2008** - Relatório de Primeiro Ano. Brasília, 2009.

_____. Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia. Portaria nº. 816, de 17 de dezembro de 2002. Aprova o regimento interno do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Seção 1, p.28 Brasília, DF, 18 fev. 2002.

BREU, T. M.; RAAB, R. L. Efficiency and perceived quality of the nation's "top 25" National Universities and National Liberal Arts Colleges: An application of data envelopment analysis to higher education. **Socio-Economic Planning Sciences**, v.28, n.1, p.33-45, 1994.

BRZEZICKI, Ł.; PIETRZAK, P.; CIECIORA, M. The total efficiency of teaching activity of Polish Higher Education Institutions. **Foundations of Management**, v.12, n.1, p.19-30, 2020.

BRZEZICKI, Ł.; RUSIELIK, R. Measurement of efficiency of didactic activities of public universities of technology in Poland: directional distance function with undesirable output approach. **Business, Management and Economics Engineering**, v.18, n.1, p.73-87, 2020.

BURLAMAQUI, M. G. B. Avaliação e Qualidade na Educação Superior: tendências na literatura e algumas implicações para o sistema de avaliação brasileiro. **Estudos em Avaliação Educacional**, v.19, n.39, p.133-154, 2008.

CÁCERES, H.; KRISTJANPOLLER, W.; TABILO, J. Análisis de la eficiencia técnica y su relación con los resultados de la evaluación de desempeño en una Universidad chilena. **Innovar**, v.24, n.54, p.199-217, 2014.

CANAL, G. Y.; AMADO, A. P. G.; HURTADO, M. G. Research efficiency assessment of Colombian public universities 2003-2012: Data Envelopment Analysis. **INGE CUC**, v.11, n.2, p.97-108, 2015.

CANTO, M. B.; LOPEZ, L. B. Ranking of global efficiency of the best universities in Europe. **Marketing and Management of Innovations**, v.3, p.34-47, 2018.

CASTRO, L. R. Privatização, especialização e individualização: um outro mundo (acadêmico) é possível? **Psicologia & Sociedade**, v.22, n.3, p.622-627, 2010.

CASTRO, R. N. A.; COSTA, E. M. M. B.; SILVEIRA, E. W.; MARCÓRIO, A. A. Integração de processos avaliativos em uma instituição de ensino superior brasileira. **Avaliação (Campinas)**, v.23, n.1, p.58-74, 2018.

CELIK, O.; ECER, A. Efficiency in accounting education: evidence from Turkish Universities. **Critical Perspectives on Accounting**, v.20, n.5, p.614-634, 2009.

CENTRE FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY STUDIES. **CWTS Leiden Ranking**, c2018. Disponível em: <<http://www.leidenranking.com/information/indicators>> Acesso em: 25. fev. 2019.

CHANG, T.-Y.; CHUNG, P.-H.; HSU, S.-S. Two-stage performance model for evaluating the managerial efficiency of higher education: Application by the Taiwanese tourism and leisure department. **Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education**, v.11, n.2, p.168-177, 2012.

CHARNES, A.; CLARK, C. T.; COOPER, W. W.; GOLANY, B. A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the US air forces. **Annals of Operations Research**, v.2, p.95-112, 1985.

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision-Making Units. **European Journal of Operational Research**, v.2, p.429-444, 1978.

CHEN, J.-K.; CHEN, I.-S. Inno-Qual efficiency of higher education: empirical testing using data envelopment analysis. **Expert Systems with Applications**, v.38, n.3, p.1823-1834, 2011.

CHEN, Y.; COOK, W. D.; KAO, C.; ZHU, J. Network DEA pitfalls: Divisional efficiency and frontier projection under general network structures. **European Journal of Operational Research**, v.226, p.507-515, 2013.

CHEN, Y.; COOK, W. D.; LI, N.; ZHU, J. Additive efficiency decomposition in two-stage DEA. **European Journal of Operational Research**, v.96, p.1170-1176, 2009.

CHEN, Y.; COOK, W. D.; ZHU, J. Deriving the DEA frontier for two-stage processes. **European Journal of Operational Research**, v.202, p.138-142, 2010.

CHERIKH, M.; EYOB, E.; IKEM, F. Efficiency analysis and standardisation of input output measures: the case of public institutions of higher education in Virginia. **International Journal of Services and Standards**, v.1, n.2, p.125-136, 2004.

CHUANYI, W.; XIAOHONG, L.; SHIKUI, Z. The relative efficiencies of research universities of science and technology in China: based on the Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis. **EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v.12, n.10, p. 2753-2770, 2016.

COIMBRA, J. A. A. **Considerações sobre a interdisciplinaridade**. In: PHILIPPI, Jr. et al. *Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais*. São Paulo: Signus, 2000.

COLBERT, A.; LEVARY, R. R.; SHANER, M. C. Determining the relative efficiency of MBA programs using DEA. **European Journal of Operational Research**, v.125, n.3, p.656-669, 2000.

COOK, W. D.; HABABOU, M.; TUENTER, H. J. H. Multicomponent efficiency measurement and shared inputs in Data Envelopment Analysis: an application to sales and service performance in bank branches. **Journal of Productivity Analysis**, v.14, p.209-224, 2000.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**. Springer (USA), 2007.

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

CORTÉS-SÁNCHEZ, J. D. Eficiencia en el uso de bases de datos digitales para la producción científica en universidades de Colombia. **Revista Española de Documentación Científica**, v.39, n.2, 2016.

CURI, C.; DARAIO, C.; LLERENA, P. University technology transfer: how (in)efficient are French universities? **Cambridge Journal of Economics**, v.36, n.3, p.629-654, 2012.

CURI, M. A.; BENEDICTO, G. C.; CARVALHO, F. M.; NUINTIN, A. A.; NOGUEIRA, L. R. T. Eficiência da utilização dos recursos renováveis nas universidades federais. **Revista do Serviço Público**, v.70, n.4, p.658-692, 2019.

CURY, C. R. J. Da crítica à avaliação à avaliação crítica. In: BIANCHETTI, L.; SGUISSARDI, V. (Orgs.). **Dilemas da pós-graduação: gestão e avaliação**. Campinas: Autores Associados, 2009. p. 9-14.

DAI, Q.; LI, Y.; LIANG, L. Allocating fixed costs with considering the return to scale: A DEA approach. **Journal of Systems Science and Complexity**, v.29, n.5, p.1320-1341, 2016.

DE ALMEIDA, A. T. C.; DE, RAMALHO, H. M. DE B.; SOBRAL, E. F. M.; SILVA, A. F. Análise da Eficiência dos Departamentos de Economia de Instituições de Ensino Superior do Brasil. **Economia Aplicada**, v.22, n.1, p.109-140, 2018.

DE JORGE MORENO, J.; GONZÁLEZ ROBLES, A.; MARTINEZ, A.; CALVO, R. M.; MIRON, A. G. Assessing efficiency in the Spanish public universities through comparative non-radial and radial data envelopment analysis. **Tertiary Education and Management**, v.25, p.195-210, 2019.

DE LA TORRE, E. M.; AGASISTI, T.; PEREZ-ESPARRELLS, C. The relevance of knowledge transfer for universities' efficiency scores: an empirical approximation on the Spanish public higher education system. **Research Evaluation**, v.26, n.3, p.211-229, 2017.

DE LA TORRE, E. M.; CASANI, F.; SAGARRA, M. Defining typologies of universities through a DEA-MDS analysis: An institutional characterization for formative evaluation purposes. **Research Evaluation**, v.27, n.4, p.388-403, 2018.

DE LA TORRE, E. M.; GÓMEZ-SANCHO, J.-M.; PEREZ-ESPARRELLS, C. Comparing university performance by legal status: a Malmquist-type index approach for the case of the Spanish higher education system. **Tertiary Education and Management**, v.23, n.3, p.206-221, 2017.

DE WITTE, K.; ROGGE, N. To publish or not to publish? On the aggregation and drivers of research performance. **Scientometrics**, v.85, n.3, p.657-680, 2010.

DEHON, C.; MCCATHIE, A.; VERARDI, V. Uncovering excellence in academic rankings: A closer look at the Shanghai ranking. **Scientometrics**, v.83, n.2, p.515-524, 2010.

DELGADO-RAMÍREZ, M. B. Test on the Quality of Higher Education - SABER PRO - What do the results indicate? **Revista Colombiana de Anestesiología**, v.41, n.3, p.177-178, 2013.

DEPRINS, D.; SIMAR, L.; TULKENS, H., Measuring labour efficiency in post offices. In: MARCHAND, M.; PESTIEAU, P.; TULKENS, H. (Eds.), **The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurement**. Amsterdam: Springer, 1984, p.243-267.

DIP, J.; ARGUIBEL, F. C.; WITTIG, C. La eficiencia de las universidades públicas en Argentina mediante el análisis envolvente de datos con bootstrap. **Cuadernos del CIMBAGE**, v.1, n.21, p.1-26, 2019.

DO, Q. H.; CHEN, J.-F. A hybrid fuzzy AHP-DEA approach for assessing university performance. **WSEAS Transactions on Business and Economics**, v.11, n.1, p.386-397, 2014.

ERSOY, Y. Performance evaluation in distance education by using Data Envelopment Analysis (DEA) and TOPSIS methods. **Arabian Journal for Science and Engineering**, v.46, p.1803-1817, 2020.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S. Network DEA. **Socio-Economic Planning Sciences**, v.34, p.35-49, 2000.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; WHITTAKER, G. Network DEA. In: ZHU, J.; COOK, W.D. (Eds.). **Modeling data irregularities and structural complexities in Data Envelopment Analysis**. Springer US, 2007. p.209-240.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, p.253-290, 1957.

FELDMANN, T.; SOUZA, O. A. governamentalidade e o Exame Nacional de Desempenho de Estudantes - ENADE. **Avaliação (Campinas)**, v.21, n.3, p.1017-1032, 2016.

FELIX, G. T.; BERTOLIN, J. G.; POLIDORI, M. M. Avaliação da educação superior: um comparativo dos instrumentos de regulação entre Brasil e Portugal. **Avaliação (Campinas)**, v.22, n.1, p.35-54, 2017.

FIGUREK, A.; GONCHARUK, A.; SHYNKARENKO, L.; KOVALENKO, O. Measuring the efficiency of higher education: case of Bosnia and Herzegovina. **Problems and Perspectives in Management**, v.17, n.2, p.177-192, 2019.

FIRSOVA, A.A.; CHERNYSHOVA, G.Y. Mathematical Models for Evaluation of the Higher Education System Functions with DEA Approach. **Izvestiya of Saratov University. Mathematics. Mechanics. Informatics**, v.19, n.3, p.351-362, 2019.

FISHER, S.; CHI, R.; FISHER, D.; KIANG, M. Determining the value of undergraduate business programs from market vs academic perspectives. **International Journal of Educational Management**, v.31, n.2, p.236-251, 2017.

FLEGG, A. T.; ALLEN, D. O. Congestion in the new British universities : a further analysis. **Journal of the Operations Research Society of Japan**, v.52, n.2, p.186-203, 2009.

FLEGG, A. T.; ALLEN, D. O. Does Expansion Cause Congestion? The Case of the Older British Universities, 1994–2004. **Education Economics**, v.15, n.1, p.75-102, 2007.

FLÉGL, M.; TICHÁ, I.; KVASNIČKOVÁ STANISLAVSKÁ, L. Innovation of doctoral studies at the FEM CULS Prague. **Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science**, v.6, n.4, p.265-280, 2013.

FONSECA, C. Avaliação dos programas de Pós-Graduação: do ponto de vista de um nativo. **Horizontes Antropológicos**, v.7, n.16, p.261-275, 2001.

FRENKEN, K.; HEIMERIKS, G.; HOEKMAN, J. What drives university research performance? An analysis using the CWTS Leiden Ranking data. **Journal of Informetrics**, v.11, n.3, p.859-872, 2017.

FUENTES, R.; FUSTER, B.; LILLO-BAÑULS, A. A three-stage DEA model to evaluate learning-teaching technical efficiency: key performance indicators and contextual variables. **Expert Systems with Applications**, v.48, p.89-99, 2015.

FURTADO, H. L.; HOSTINS, R. C. L. Avaliação da pós-graduação no Brasil. **Revista de Educação PUC-Campinas**, v.19, n.1, p.15-23, 2014.

GANGA-CONTRERAS, F. A.; RODRÍGUEZ-PONCE, E. Los rankings de las instituciones de educación superior: perspectivas y riesgos. **Revista Interciencia**, v.43, n.9, p.601, 2018.

GARCIA, P. A. A.; DUIM, F. A grey relational analysis based approach to the evaluation of Brazilian postgraduate programs in master of business administration. **Systems & Management**, v.12, n.4, p.391-400, 2017.

GHASEMI, N.; NAJAFI, E.; HOSEINZADEH LOTFI, F.; MOVAHEDI SOBHANI, F. Assessing the performance of organizations with the hierarchical structure using data envelopment analysis: an efficiency analysis of Farhangian University. **Measurement**, v.156, 2020.

GLASS, J. C.; MCCALLION, G.; MCKILLOP, D. G.; RASARATNAM, S.; STRINGER, K. S. Implications of variant efficiency measures for policy evaluations in UK higher education. **Socio-Economic Planning Sciences**, v.40, n.2, p.119-142, 2006.

GONZÁLEZ-GARAY, A.; POZO, C.; GALÁN-MARTÍN, Á.; BRECHTELSBAUER, C.; CHACHUAT, B.; CHADHA, D.; HALE, C.; HELLGARDT, K.; KOGELBAUER, A.; MATAR, O. K.; MCDOWELL, N.; SHAH, N.; GUILLÉN-GOSÁLBEZ, G. Assessing the performance of UK universities in the field of chemical engineering using data envelopment analysis. **Education for Chemical Engineers**, v.29, p.29-41, 2019.

GRALKA, S.; WOHLRABE, K.; BORNMANN, L. How to measure research efficiency in higher education? Research grants vs. publication output. **Journal of Higher Education Policy and Management**, v.41, n.3, p.322-341, 2019.

GUCCIO, C.; MARTORANA, M. F.; MAZZA, I. Efficiency assessment and convergence in teaching and research in Italian public universities. **Scientometrics**, v.107, n.3, p.1063-1094, 2016.

GUCCIO, C.; MARTORANA, M.; MAZZA, I. The efficiency change of Italian public universities in the new millennium: a non-parametric analysis. **Tertiary Education and Management**, v.23, n.3, p.222-236, 2017.

GUCCIO, C.; MARTORANA, M. F.; MONACO, L. Evaluating the impact of the Bologna Process on the efficiency convergence of Italian universities: a non-parametric frontier approach. **Journal of Productivity Analysis**, v.45, n.3, p.275-298, 2015.

GUIRONNET, J. P; PEYPOCH, N. The geographical efficiency of education and research: The ranking of U.S. universities. **Socio-Economic Planning Sciences**, v.62, p.44-55, 2018.

GÜNAY, A; DULUPÇU, M. A. Measurement of financial efficiency and productivity of Turkish Public Universities by using non-parametric methods. **Journal of Applied Research in Higher Education**, v.11, n.4, p876-896, 2019.

HOCK-EAM, L.; TAIB, F. M.; ABDULLAH, N. A. H.; HWA, Y. S. How efficient are Malaysian public universities? A comparative analysis using data envelopment analysis. **Asian Academy of Management Journal**, v.21, n.2, p.75-97, 2016.

IKUTA, C. Y. S. Sobre o Conceito Preliminar de Curso: concepção, aplicação e mudanças metodológicas. **Estudos em Avaliação Educacional**, v.27, n.66, p.938-969, 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Desenvolvimento humano nas macrorregiões brasileiras**. Brasília, 2016, 55 p.

JABLONSKY, J. Analytic hierarchy process as a ranking tool for decision making units. **International Journal of Management and Decision Making**, v.14, n.3, p.251-263, 2015.

JABLONSKY, J. Efficiency analysis in multi-period systems: an application to performance evaluation in Czech higher education. **Central European Journal of Operations Research**, v.24, n.2, p.283-296, 2016.

JAUHAR, S. K.; PANT, M.; DUTT, R. Performance measurement of an Indian higher education institute: a sustainable educational supply chain management perspective. **International Journal of System Assurance Engineering and Management**, v.9, n.1, p.80-193, 2016.

JIANG, J.; LEE, S. K.; RAH, M.-J. Assessing the research efficiency of Chinese higher education institutions by data envelopment analysis. **Asia Pacific Education Review**, v.21, p.423-440 2020.

JOHNES, J. Efficiency and mergers in English Higher Education 1996/97 to 2008/9: parametric and non-parametric estimation of the multi-input multi-output distance function. **The Manchester School**, v.82, n.4, p.465-487, 2013.

JOHNES, J. Efficiency and productivity change in the English higher education sector from 1996/97 to 2004/5. **Manchester School**, v.76, n.6, p.653-674, 2008.

JOHNES, J. Measuring efficiency: a comparison of Multilevel Modelling and Data Envelopment Analysis in the context of Higher Education. **Bulletin of Economic Research**, v.58, n.2, p.75-104, 2006a.

JOHNES, J. Measuring teaching efficiency in higher education: An application of data envelopment analysis to economics graduates from UK Universities 1993. **European Journal of Operational Research**, 174(1), 443-456, 2006b.

JOHNES, G.; RUGGIERO, J. Revenue efficiency in higher education institutions under imperfect competition. **Public Policy and Administration**, v.32, n.4, p.282-295, 2016.

JOHNES, G.; TONE, K. The efficiency of higher education institutions in England revisited: comparing alternative measures. **Tertiary Education and Management**, v.23, n.3, p.191-205, 2017.

JOUMADY, O.; RIS, C. Performance in European higher education: A non- parametric production frontier approach. **Education Economics**, v.13, n.2, p.189-205, 2005.

JUÁREZ, J. A. Y.; SÁNCHEZ, M. A. M. Eficiencia y productividad en las unidades de transferencia de resultados de investigación científica en México. **Contaduría y Administración**, v.64, n.3, 2019.

KADILAR, G. Ö. Activities Analysis of Foundation University in Turkey. **Education and Science**, v.40, n.177, p.31-41, 2015.

KANTABUTRA, S.; TANG, J. C. S. Efficiency Analysis of Public Universities in Thailand. **Tertiary Education and Management**, v.16, n.1, p.15-33, 2010.

KATHARAKI, M.; KATHARAKIS, G. A comparative assessment of Greek universities' efficiency using quantitative analysis. **International journal of educational research**, v.49, p.115-128, 2010.

KAO, C. Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: A relational model. **European Journal of Operational Research**, v.192, p.949-962, 2009a.

KAO, C. Efficiency measurement for hierarchical network systems. **Omega**, v.51, p.121-127, 2015.

KAO, C. Efficiency measurement for parallel production systems. **European Journal of Operational Research**, v.196, n.3, p.1107-1112, 2009b.

KAO, C. Network data envelopment analysis: A review. **European Journal of Operational Research**, v.239, n.1, p.1-16, 2014.

KAO, C. **Network Data Envelopment Analysis: Foundation and Extension** (1st ed.). Springer, 2017.

KAO, C.; HWANG, S. N. Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. **European Journal of Operational Research**, v.185, n.1, p.418-429, 2008.

KAO, H.-Y.; CHEN, B.-S. Efficiency classification by hybrid Bayesian networks - The dynamic multidimensional models. **Applied Soft Computing**, v.24, p.842-850, 2014.

KARAGIANNIS, G.; PASCHALIDOU, G. Assessing research effectiveness: a comparison of alternative nonparametric models. **Journal of the Operational Research Society**, v.68, n.4, p.456-468, 2017.

KASHIM, R.; KASIM, M. M.; RAHMAN, A. R. Measuring efficiency of a university faculty using a hierarchical network data envelopment analysis model. **Journal of Information and Communication Technology**, v.17, n.4, p.569-585, 2018.

KEMPKES, G.; POHL, C. The efficiency of German universities - some evidence from nonparametric and parametric methods. **Applied Economics**, v.42, n.16, 2063-2079, 2010.

KENDAL, S.; MACKINTOSH, E. Management problems of polydisciplinary environmental research in the university setting. Canada: University of Guelph, 1979.

KLUMPP, M. The index number problem with DEA: insights from European university efficiency data. **Education Sciences**, v.8, n.2, 79, 2018.

KLUMPP, M. Sisyphus revisited: efficiency developments in European universities 2011–2016 according to ranking and budget data. **The Review of Higher Education**, v.43, n.1, 169-219, 2019.

KONGAR, E.; SOBH, T. M.; BARAL, M. Two-step Data Envelopment Analysis approach for efficient engineering enrollment management. **International Journal of Engineering Education**, v.25, p.391-402, 2009.

KOSOR, M.; PEROVIC, L.; GOLEM, S. Efficiency of public spending on higher education: A data envelopment analysis for EU-28. **Problems of Education in the 21st Century**, v.77, n.3, p.396-409, 2019.

KOUNETAS, K.; ANASTASIOU, A.; MITROPOULOS, P.; MITROPOULOS, I. Departmental efficiency differences within a Greek university: an application of a DEA and Tobit analysis. **International Transactions in Operational Research**, v.18, n.5, 545-559, 2011.

KUAH, C. T.; WONG, K. Y. Efficiency assessment of universities through data envelopment analysis. **Procedia Computer Science**, v.3, p.499-506, 2011.

KUBAK, M.; GAVUROVA, B.; BACIK, R. On the science and research efficiency of Czech Universities: A data envelopment analysis. **Journal of Applied Economic Sciences**, v.12, n.47, p.286-301, 2017.

LEHMANN, E. E.; MEOLI, M.; PALEARI, S.; STOCKINGER, S. A. E. Approaching effects of the economic crisis on university efficiency: a comparative study of Germany and Italy. **Eurasian Business Review**, v.8, n.1, p.37-54, 2017.

LEAL, F. G.; STALLIVIERI, L.; MORAES, M. C. B. Indicadores de internacionalização: o que os rankings acadêmicos medem? **Revista Internacional de Educação Superior**, v.4, n.1, p.1-16, 2017.

LEE, B. L.; WORTHINGTON, A. C. A network DEA quantity and quality-orientated production model: An application to Australian university research services, **Omega**, v.60, p.26-33, 2016.

LEE, D.; KIM, S.; CHA, S.-H. Evaluating the effectiveness of research centers and institutes in universities: Disciplines and life cycle stages. **KEDI Journal of Educational Policy**; v.11, n.1, 2014.

LEŠKOVÁ, A.; ŠIPIKAL, M. Higher Education Institutions performance in convergence regions after the EU enlargement - Case of Slovakia. **Ekonomicky Casopis**, v.67, n.7, p.743-760, 2019.

LETTI, A.; BITTENCOURT, M.; VILA, L. A comparative analysis of federal university efficiency across Brazilian regions (2010-2016). **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v.16, n.1, p.369-381, 2020.

LI, L.; DAI, Q.; HUANG, H.; WANG, S. Efficiency decomposition with shared inputs and outputs in two-stage DEA. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v.25, n.1, p.23-38, 2016.

LIEVORE, C.; PICININ, C. T.; PILATTI, L. A. As áreas do conhecimento na pós-graduação stricto sensu brasileira: crescimento longitudinal entre 1995 e 2014. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v.25, n.94, p.207-237, 2017.

LIMA, M. A. M.; MAIA, J. L.; CIASCA, M. I. F. L.; DE SOUZA, J. R. M. A. Avaliação da educação superior no Brasil: análise do índice geral dos cursos (IGC) numa perspectiva quali/quantitativa. **Avaliação: Revista da avaliação da educação superior**, v.25, n.3, p.622-639, 2020.

LITA, I. Data Envelopment Analysis techniques - DEA and Malmquist indicators, in CRS mode, for measuring the efficiency of Romanian public Higher Education Institutions. **Economic computation and economic cybernetics studies and research**, v.52, n.3, p.249-264, 2018.

LIU, J. S.; LU, L. Y.; LU, W.-M.; LIN, B. J. A survey of DEA applications. **Omega**, v.41, n.5, p.893-902, 2013.

LIU, W. Accuracy of funding information in Scopus: a comparative case study. **Scientometrics**, v.124, p.803-811, 2020.

LOBO, M. S. C.; RODRIGUES, H. C.; ANDRÉ, E. C. G.; AZEREDO, J. A.; LINS, M. P. E. Análise envoltória de dados dinâmica em redes na avaliação de hospitais universitários. **Revista de Saúde Pública**, v.50, p.22, 2016.

MAHMOUDI, R.; EMROUZNEJAD, A.; RASTI-BARZOKI, M. A bargaining game model for performance assessment in network DEA considering sub-networks: a real case study in banking. **Neural Computing and Applications**, v.31, p.6429-6447, 2019.

MAINARDES, E.; ALVES, H.; RAPOSO, M. Using expectations and satisfaction to measure the frontiers of efficiency in public universities. **Tertiary Education and Management**, v.20, n.4, p.339-353, 2014.

MAMMADOV, R.; AYPAY, A. Efficiency analysis of research universities in Turkey. **International Journal of Educational Development**, v.75, 2020.

MARASCHIN, C.; SATO, L. Recuperando leituras críticas sobre a avaliação na pós-graduação - dando continuidade à discussão e ao debate. **Psicologia & Sociedade**, v.25, n.1, p.2-9, 2013.

MARTÍNEZ-CAMPILLO, A.; FERNÁNDEZ-SANTOS, Y. The impact of the economic crisis on the (in)efficiency of public Higher Education institutions in Southern Europe: The case of Spanish universities. **Socio-Economic Planning Sciences**, v.71, 2020.

MIKHAYLOV A. S.; MIKHAYLOVA A. A. University rankings in the quality assessment of higher education institutions. **Quality - Access to Success**, v.19, n.163, p.111-117, 2018.

MIKUŠOVÁ, P. The Efficiency of Public Higher Education Institutions: A Meta-Analysis. **Ekonomický časopis**, v.68, n.9, p.963-977, 2020.

MIRANDA, R.; GRAMANI, M. C.; ANDRADE, E. Technical efficiency of business administration courses: a simultaneous analysis using DEA and SFA. **International Transactions in Operational Research**, v.19, p.847-862, 2012.

MONFARED M. A. S.; SAFI M. Efficiency analysis of public universities in Iran using DEA approach: Importance of stakeholder's perspective. **Journal of Industrial and Systems Engineering**, v.5, n.4, p.185-197, 2011.

MONFARED, M. A. S.; SAFI, M. Network DEA: an application to analysis of academic performance. **Journal of Industrial Engineering International**, v.9, 2013.

MORENO, P.; ANDRADE, G. N.; ANGULO MEZA, L.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Evaluation of Brazilian electricity distributors using a Network DEA model with shared inputs. **IEEE Latin America Transactions**, v.13, n.7, p.2209-2216, 2015.

MORENO, P.; LOZANO, S. A network DEA assessment of team efficiency in the NBA. **Annals of Operations Research**, v.214, n.1, p.99-124, 2014.

MOUSA, W.; GHULAM, Y. Exploring efficiency differentials between Saudi higher education institutions. **Managerial and Decision Economics**, v.40, n.2, p.180-199, 2019.

MUNOZ, D. A. Assessing the research efficiency of higher education institutions in Chile: A data envelopment analysis approach. **International Journal of Educational Management**, v.30 n.6, p.809-825, 2016.

NAVAS, L. P.; MONTES, F.; ABOLGHASEM, S.; SALAS, R. J.; TOLOO, M.; ZARAMA, R. Colombian higher education institutions evaluation. **Socio-Economic Planning Sciences**, v.71, 2020.

NAZARKO, J.; ŠAPARAUSKAS, J. Application of DEA method in efficiency evaluation of public higher education institutions. **Technological and Economic Development of Economy**, v.20, n.1, 25-44, 2014.

NEMATİ, M.; KAZEMI MATIN, R.; TOLOO, M. A two-stage DEA model with partial impacts between inputs and outputs: application in refinery industries. **Annals of Operations Research**, v.295, p.285-312, 2020.

NG, Y. C.; LI, S. K. Measuring the Research Performance of Chinese Higher Education Institutions: An Application of Data Envelopment Analysis. **Education Economics**, v.8, n.2, p.139-156, 2000.

NGUYEN, M. A. T.; YU, M. M. Decomposing the operational efficiency of major cruise lines: A network data envelopment analysis approach in the presence of shared input and quasi- fixed input. **Managerial and Decision Economics**, v.41, n.8, p.1-16, 2020.

NUNES, E. O. **Educação superior no Brasil**: Estudos, debates, controvérsias. Rio de Janeiro: Garamond, 2018.

NUÑEZ, N. A.; CORNEJO MEZA, N. Haciendo mucho con poco: eficiencia de la investigación científica en el Perú. **Revista Espacios**, v.39, n.26, p.7, 2018.

O'HARA, M. E.; SIRIANNI, P. Carbon efficiency of US colleges and universities: a nonparametric assessment. **Applied Economics**, v.49, n.11, p.1083-1097, 2016.

OLCAY, G. A.; BULU, M. Is measuring the knowledge creation of universities possible? A review of university rankings. **Technological Forecasting and Social Change**, v.123, p.153-160, 2017.

OLIVEIRA, J. F. A. Pós-Graduação e a pesquisa no Brasil: processos de regulação e de reconfiguração da formação e da produção de trabalho acadêmico. **Práxis Educativa**, v.10, n.2, p.343-63, 2015.

PALOCSAY, S. W.; WOOD, W. C. An investigation of U.S. undergraduate business school rankings using Data Envelopment Analysis with value-added performance indicators. **Journal of Education for Business**, v.89, n.6, p.277-284, 2014.

PALOMARES-MONTERO, D.; GARCÍA-ARACIL, A. What are the key indicators for evaluating the activities of universities? **Research Evaluation**, v.20, n.5, p.353-363, 2011.

PAPADIMITRIOU, M.; JOHNES, J. Does merging improve efficiency? A study of English universities. **Studies in Higher Education**, v.44, n.8, p.1454-1474, 2018.

PARÉ, G.; TRUDEL, M.-C.; JAANA, M.; KITSIOU, S. Synthesizing information systems knowledge: a typology of literature reviews. **Information & Management**, v.52, n.2, p.183-199, 2015.

PAULA, J. A. A extensão universitária: história, conceito e propostas. **Interfaces - Revista de Extensão da UFMG**, v. 1, n. 1, p. 5-23, 2013.

PAVEL, A. P. Global university rankings - a comparative analysis. **Procedia Economics and Finance**, v.26, n.15, p.54-63, 2015.

PEÑATE, Y.; RIVERO, J; LOZADA, D. Análisis envolvente de datos (DEA): Un enfoque viable para la evaluación de la eficiencia docente e investigativa en las universidades ecuatorianas. **Revista Espacios**. v.38, n.30, p.13, 2017.

PEREIRA, C.; ARAUJO, J. F. F. E.; MACHADO-TAYLOR, M. L. Acreditação do ensino superior na Europa e Brasil: mecanismos de garantia da qualidade. **Revista de Políticas Públicas**, v.19, n.1, p.61-75, 2015.

PEREIRA, C. A.; ARAUJO, J. F. F. E.; MACHADO-TAYLOR, M. L. The Brazilian higher education evaluation model: “SINAES” sui generis? **International Journal of Educational Development**, v.61, p.5-15, 2018.

PEROVIĆ, L. M.; KOSOR, M, M. The Efficiency of Universities in Achieving Sustainable Development Goals. *Amfiteatru Economic*, v.22, n.54, p.516-532, 2020.

PIETRZAK, M.; PIETRZAK, P.; BARAN, J. Efficiency assessment of public higher education with the application of Data Envelopment Analysis: The evidence from Poland. **Online Journal of Applied Knowledge Management**, v.4, n.2, p.59-73, 2016.

PILATTI, L. A.; CECHIN, M. R. Perfil das universidades brasileiras de e com potencial de classe mundial. **Avaliação (Campinas)**, v.23, n.1, p.75-103, 2018.

PODINOVSKI, V. V.; WAN HUSAIN, W. R. The hybrid returns-to-scale model and its extension by production trade-offs: an application to the efficiency assessment of public universities in Malaysia. **Annals of Operations Research**, v.250, n.1, p.65-84, 2015.

POLIDORI, M. M. Políticas de Avaliação da Educação Superior Brasileira: Provão, SINAES, IDD, CPC, IGC e Outros Índices. **Avaliação (Campinas)**, v.14, n.2, p.439-452, 2009.

PUERTAS, R.; MARTI, L. Sustainability in Universities: DEA-Green Metric. **Sustainability**, v.11, n.14, p.1-17, 2019.

QIN, C.L.; ZHANG, W.; ZHU, Y. C. Study on the Contribution Rate Variation of Teaching and Research of University Teachers Based on the Joint Benefit Assessment Method. **Educational Sciences: Theory & Practice**, v.18, n.5, p.1887-1906, 2018.

RANJAN, P.; SINGH, S. System efficiency evaluation of homogeneous parallel production systems: An aggregation approach. **Journal of the Operational Research Society**, v.71, n.2, p.1-16, 2020.

REICHMANN, G; SOMMERSGUTER-REICHMANN, M. Efficiency measures and productivity indexes in the context of university library benchmarking. **Applied Economics**, v.42, n.3, p.311-323, 2009.

RISTOFF, D.; GIOLO, J. O SINAES como sistema. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v.3, n.6, p.193-213, 2006.

RODRIGUES, A. C.; GONTIJO, T. S. Incorporando julgamentos de especialistas em educação na avaliação da eficiência de cursos de graduação: uma abordagem por data envelopment analysis. **Revista Gestão & Tecnologia**, v.19, n.1, p.113-139, 2019.

RUIZ, J. L.; SEGURA, J. V.; SIRVENT, I. 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.

RZĄDZIŃSKI, L.; SWOROWSKA, A. Parametric and non-Parametric methods for efficiency assessment of state higher vocational schools in 2009-2011. **Entrepreneurial Business and Economics Review**, v.4, n.1, p.95-112, 2016.

SÁ BARRETO, F. C.; DOMINGUES, I.; BORGES, M. N. The Brazilian national graduate program, past, present and future: a short review. **Policy Futures in Education**, v.12, n.5, p.695-706, 2014.

SAATY, T. L. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. **Management Science**, v.32, n.7, p.841-855, 1986.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v.48, p.9-26, 1990.

SAATY, T. L. **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAGARRA, M.; MAR-MOLINERO, C.; AGASISTI, T. Exploring the efficiency of Mexican universities: Integrating Data Envelopment Analysis and Multidimensional Scaling. **Omega**, v.67, p.123-133, 2017.

SAHNEY S.; THAKKAR J. A comparative assessment of the performance of select higher education institutes in India. **Quality Assurance in Education**, v.24, p.278-302, 2016.

SALAS-VELASCO, M. The technical efficiency performance of the higher education systems based on data envelopment analysis with an illustration for the Spanish case. **Educational Research for Policy and Practice**, v.19, p.159–180, 2020.

SALJOOGHI, F. H.; RAYENI, M. M. Distinguishing Congestion and Technical Inefficiency in Presence Undesirable Output. **American Journal of Applied Sciences**, v.8, n.9, p.903-909, 2011.

SANTOS, S.M. **O desempenho das universidades brasileiras nos rankings internacionais: áreas de destaque da produção científica brasileira**. 2015. 344 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SARRICO, C.; DYSON, R. Using DEA for planning in UK universities - an institutional perspective. **Journal of the Operational Research Society**, v.51, p.789-800, 2000.

SARRICO, C. S.; HOGAN, S. M.; DYSON, R. G.; ATHANASSOPOULOS, A. D. Data envelopment analysis and university selection. **Journal of the Operational Research Society**, v.48, n.12, p.1163-1177, 1997.

SAVIANI, D. O dilema produtividade-qualidade na Pós-Graduação. **Nuances: estudos sobre educação**, v.17, p.35-50, 2010.

SCAGLIONE, V. L.; COSTA, M. Avaliação da educação superior e a gestão universitária: padrões de qualidade definidos pelas instituições de ensino superior, pelo MEC e pela sociedade, incluindo Enade, IDD, CPG e IGC. In: CONGRESSO DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA, 11, 2011, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2011.

SELVA, M. L. M.; MEDINA, R. P.; MARZAL, C. C. Calidad y eficiencia de las Universidades Públicas Españolas. **Revista de Estudios Regionales**, v.99, p.135-154, 2014.

SGUISSARDI, V. A avaliação defensiva no “modelo CAPES de avaliação”: É possível conciliar avaliação educativa com processos de regulação e controle do Estado? **Perspectiva**, v.24, n.1, p.49-88, 2006.

SHAMOHAMMADI, M.; OH, D. Measuring the efficiency changes of private universities of Korea: a two-stage network data envelopment analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, v.148, 2019.

SHIM, W.; KANTOR, P.B. A novel economic approach to the evaluation of academic research libraries. **Proceedings of the ASIS Annual Meeting**, v.35, p.400-410, 1998.

SILVA, A. C. M.; LOBO, M. S.; LINS, M. P. E.; FISZMAN, R. Impacto da reforma de financiamento de hospitais de ensino no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v.43, p.437-445, 2009.

SIMAR L.; WILSON P. W. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. **Journal of Econometrics**, v.136, n.1, p.31-64, 2007.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; ANGULO MEZA, L.; SOARES DE MELLO, M. H. C.; SOARES DE MELLO, A. J. R. Engineering post-graduate programs: a quality and productivity analysis. **Studies in Educational Evaluation**, v.32, n.2, p.136-152, 2006.

SOLTANZADEH, E.; OMRANI, H. Dynamic network data envelopment analysis model with fuzzy inputs and outputs: an application for Iranian Airlines. **Applied Soft Computing**, v.63, p.268-288, 2018.

STACK, M. **Global University Rankings and the Mediatization of Higher Education**. Vancouver: Palgrave Studies in Global Higher Education, 2016.

SU, W.; WANG, D.; XU, L.; ZENG, S.; ZHANG, C. A non-radial super efficiency DEA framework using a MCDM to measure the research efficiency of disciplines at Chinese universities. **IEEE Access**, v.8, p.86388–86399, 2020.

SUESCÚN, O. Y. B.; CUBILLOS, A. A. E.; CÁRDENAS, D. L. Technical efficiency measurement of the teaching function in the undergraduate attendance programs at Universidad Militar Nueva Granada, **TECCIENCIA**, v.7, n.18, p.25-35, 2015.

SZUWARZYŃSKI, A. Benefit of the doubt approach to assessing the research performance of Australian universities. **Higher Education Quarterly**, v.73, n.2, p.235-250, 2018.

TALEB, M.; KHALID, R.; RAMLI, R. Estimating the return to scale of an integer-valued data envelopment analysis model: efficiency assessment of a higher education institution. **Arab Journal of Basic and Applied Sciences**, v.26, n.1, p.144-152, 2019.

TALEB, M.; RAMLI, R.; KHALID, R. Measuring the efficiency of community colleges using super efficiency approach for the case of non-discretionary factors in data envelopment

analysis with sensitivity analysis. **International Journal of Process Management and Benchmarking**, v.9, n.2, p.149-172, 2019.

TAVARES, R. S.; ANGULO MEZA, L. Uso da análise envoltória de dados para a avaliação da eficiência em cursos de graduação: um estudo de caso em uma Instituição de Ensino Superior brasileira. **Revista Espacios**, v.38, n.20, p.16, 2017.

TAYLOR, B.; HARRIS, G. Relative efficiency among South African universities: a data envelopment analysis. **Higher Education**, v.47, p.73-89, 2004.

THANASSOULIS, E.; DEY, P. K.; PETRIDIS, K.; GONIADIS, I.; GEORGIU, A. C. Evaluating higher education teaching performance using combined analytic hierarchy process and data envelopment analysis. **Journal of the Operational Research Society**, v.68, n.4, p.431-445, 2017.

THANASSOULIS, E.; KORTELAJINEN, M.; JOHNES, G.; JOHNES, J. Costs and efficiency of higher education institutions in England: a DEA analysis. **Journal of the Operational Research Society**, v.62, p.1282-1297, 2011.

THANASSOULIS, E.; SILVA, M. C. A. Measuring efficiency through Data Envelopment Analysis. **Impact**, v.1, p.37-41, 2018.

TOLOO, M.; EMROUZNEJAD, A.; MORENO, P. A linear relational DEA model to evaluate two-stage processes with shared inputs. **Computational and Applied Mathematics**, v.36, n.1, p.1-17, 2015.

TONE, K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v.130, n.3, p.498-509, 2001.

TONE, K.; TSUTSUI, M. Dynamic DEA with network structure: a slacks-based measure approach. **Omega**, v.42, n.1, p.124-131, 2014.

TORREJÓN, L. N.; PÉREZ-CÁRCELES, M. C. Productividad y eficiencia de los sistemas universitarios regionales de España en el periodo 2009-2013. **Revista de Estudios Regionales**, n.117, p.45-69, 2020.

TRAN, C-D. T. T.; VILLANO, R. A. An empirical analysis of the performance of Vietnamese higher education institutions. **Journal of Further and Higher Education**, v.41, n.4, p.530-544, 2016.

TRAN, C-D.T.T.; VILLANO, R.A. Environmentally-adjusted efficiencies of Vietnamese higher education institutions: a multi-stage bootstrap DEA method, **International Journal of Operational Research**, v.36, n.3, p.413-439, 2019.

TRAN, C.-D. T. T.; VILLANO, R. A. Input rigidities and performance of Vietnamese universities. **Asian Economic Journal**, v.31, n.3, p.253-273, 2017.

TRAN, C.-D. T. T.; VILLANO, R. A. Measuring efficiency of Vietnamese public colleges: an application of the DEA-based dynamic network approach. **International Transactions in Operational Research**, v.25, n.2, p.683-703, 2015.

TRAN, P. P.; KUO, K.-C.; LU, W.-M.; KWEH, Q. L. Benchmarking in Vietnam universities: teaching and research and revenue efficiencies. **Asia Pacific Education Review**, v.21, p.197-209, 2020.

TURNER D. A. World class universities and international rankings. **Ethics in science and environmental politics**, v.13, p.167-176, 2013.

VERHINE, R. E. Avaliação e regulação da educação superior: uma análise a partir dos primeiros 10 anos do SINAES. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, v.20, n.3, p.603-619, 2015.

VERNON M. M; BALAS E. A.; MOMANI S. Are university rankings useful to improve research? A systematic review. **PLOS ONE**, v.13, n.3, 2018.

VILLANO, R. A.; TRAN, C.-D. T. T. Technical efficiency heterogeneity of tertiary institutions in Vietnam: a meta frontier directional technology approach. **Technological and Economic Development of Economy**, v.25, n.6, p.1058-1080, 2019.

VISBAL-CADAVID, D.; MARTÍNEZ-GÓMEZ, M.; GUIJARRO, F. Assessing the efficiency of public universities through DEA. A Case Study. **Sustainability**, v.9, n.8, p.1-19, 2017.

VISBAL-CADAVID, D.; MENDOZA, A. M.; HOYOS, I. Q. Prediction of efficiency in Colombian Higher Education institutions with Data Envelopment Analysis and Neural Networks. **Pesquisa Operacional**, v.39, n.2, p.261-275, 2019.

VOGEL, M. J. **Avaliação da Pós-Graduação Brasileira: análise dos quesitos utilizados pela CAPES e das críticas da comunidade acadêmica**. 2015. 184 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

WALTMAN, L.; CALERO-MEDINA, C.; KOSTEN, J.; NOYONS, E. C. M.; TIJSSEN, R. J. W.; VAN ECK, N. J.; VAN LEEUWEN, T. N.; ANTHONY F.J. VAN RAAN, A. F. J.; VISSER, M. S.; WOUTERS, P. The Leiden Ranking 2011/2012: Data collection, indicators, and interpretation. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v.63, n.12, p.2419-2432, 2012.

WANG, D.D. Performance-based resource allocation for higher education institutions in China. **Socio-Economic Planning Sciences**, v.65, p.66-75, 2018.

WOLSZCZAK-DERLACZ, J. An evaluation and explanation of (in)efficiency in higher education institutions in Europe and the U.S. with the application of two-stage semi-parametric DEA. **Research Policy**, v.46, n.9, p.1595-1605, 2017.

WOLSZCZAK-DERLACZ J. Assessment of TFP in European and American higher education institutions - application of Malmquist Indices. **Technological and economic development of economy**. v.24, n.2, p.467-488, 2018.

WOLSZCZAK-DERLACZ, J.; PARTEKA, A. Efficiency of European public higher education institutions: a two-stage multicountry approach. **Scientometrics**, v.89, n.3, p.887-917, 2011.

WU, J.; ZHANG, G.; ZHU, Q.; ZHOU, Z. An efficiency analysis of higher education institutions in China from a regional perspective considering the external environmental impact. **Scientometrics**, v.122, p.57-70, 2019.

WU, J.; ZHU, Q.; JI, X.; CHU, J.; LIANG, L. Two-stage network processes with shared resources and resources recovered from undesirable outputs. **European Journal of Operational Research**, v.251, n.1, p.182-197, 2016.

XIAO, Y.; WATSON, M. Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. **Journal of Planning Education and Research**, v.39, n.1, p.93-112, 2017.

YANG, G-L; FUKUYAMA, H.; SONG, Y-Y. 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.

YU, M.-M.; FAN, C.-K. Measuring the performance of multimode bus transit: a mixed structure network DEA model. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v.45, n.3, p.501-515, 2009.

ZEGORDI, S.; OMID, A. Efficiency assessment of Iranian Handmade Carpet Company by network DEA. **Scientia Iranica**, v.25, n.1, p. 83-491, 2018.

ZHA, Y.; LIANG, L. Two-stage cooperation model with input freely distributed among the stages. **European Journal of Operational Research**, v.205, n.2, p.332-338, 2010.

ZHANG, D.; BANKER, R. D.; LI, X.; LIU, W. Performance impact of research policy at the Chinese Academy of Sciences. **Research Policy**, v.40, n.6, p.875-885, 2011.

ZHANG, G.; WU, J.; ZHU, Q. Performance evaluation and enrollment quota allocation for higher education institutions in China. **Evaluation and Program Planning**, v.81, 2020.

ZHU, W.; WAN, M.; ZHOU, Y.; PAN, W. Fuzzy computation of teaching performance based on data envelopment analysis method. **Cognitive Systems Research**, v.52, p.351-358, 2018.

ZINKOVSKY, K. V.; DERKACHEV, P. V. Restructuring the System of Higher Education. **Russian Education & Society**, v.60, n.5, p.402-421, 2018.

APÊNDICE A - ESTUDOS CONSIDERADOS NA REVISÃO DE LITERATURA

Segue abaixo a Tabela A1, que contém algumas informações a respeito dos estudos que compõem a revisão sistemática de literatura, como o nome do autor ou dos autores do estudo, o ano em que o artigo foi publicado, o título e a identificação numérica atribuída aos artigos (*Digital Object Identifier - DOI*)

Tabela A1 - Detalhamento dos estudos abrangidos pela revisão de literatura.

| AUTORES | ANO | TÍTULO | DOI |
|------------------------------------|------|---|---|
| Abankina, I et al. | 2016 | From equality to diversity: Classifying Russian universities in a performance oriented system | http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2015.10.007 |
| Abbott M.; Doucouliagos C. | 2003 | The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis | https://doi.org/10.1016/S0272-7757(01)00068-1 |
| Abdullah D. et al. | 2017 | A Slack-Based Measures for Improving the Efficiency Performance of Departments in Universitas Malikussaleh | https://doi.org/10.1051/mateconf/201819716005 |
| Abdullah D. et al. | 2018 | A Research Framework for Data Envelopment Analysis with Upper Bound on Output to Measure Efficiency Performance of Higher Learning Institution in Aceh Province | http://dx.doi.org/10.18517/ijaseit.8.2.3625 |
| Abing, S. L. N. et al. | 2018 | Shapley value-based multi-objective data envelopment analysis application for assessing academic efficiency of university departments | https://doi.org/10.1007/s40092-018-0258-6 |
| Agasisti, T.; Salerno, C. | 2007 | Assessing the Cost Efficiency of Italian Universities | https://doi.org/10.1080/09645290701273491 |
| Agasisti, T.; Johnes, G. | 2009 | Beyond frontiers: comparing the efficiency of higher education decision-making units across more than one country | https://doi.org/10.1080/09645290701523291 |
| Agasisti, T.; Dal Bianco, A. | 2009 | Measuring efficiency of Higher Education institutions | https://doi.org/10.1504/IJMDM.2009.026687 |
| Agasisti, T.; Dal Bianco, A. | 2009 | Reforming the university sector: effects on teaching efficiency - evidence from Italy | https://doi.org/10.1007/s10734-008-9157-x |
| Agasisti, T.; Pérez-Esparrells, C. | 2010 | Comparing efficiency in a cross-country perspective: the case of Italian and Spanish state universities | https://doi.org/10.1007/s10734-009-9235-8 |
| Agasisti, T. et al. | 2011 | Evaluating the efficiency of research in academic departments: an empirical analysis in an Italian region | https://doi.org/10.1111/j.1468-2273.2011.00489.x |
| Agasisti, T. | 2011 | Performances and spending efficiency in higher education: a European comparison through non-parametric approaches | https://doi.org/10.1080/09645290903094174 |

| | | | |
|--|------|---|---|
| Agasisti, T.; Pohl, C. | 2012 | Comparing German and Italian public universities: convergence or divergence in the higher education landscape? | https://doi.org/10.1002/mde.1561 |
| Agasisti, T.; Ricca, L. | 2016 | Comparing the Efficiency of Italian Public and Private Universities (2007–2011): An Empirical Analysis | https://doi.org/10.1007/s40797-015-0022-7 |
| Agasisti, T.; Wolszczak-Derlacz, J. | 2016 | Exploring efficiency differentials between Italian and Polish universities, 2001–11 | https://doi.org/10.1093/scipol/scv026 |
| Agasisti, T.; Egorov, A.; Maximova, M. | 2020 | Do merger policies increase universities' efficiency? Evidence from a fuzzy regression discontinuity design | https://doi.org/10.1080/00036846.2020.1803488 |
| Agasisti, T. et al. | 2020 | Efficiency of regional higher education systems and regional economic short-run growth: empirical evidence from Russia | https://doi.org/10.1080/13662716.2020.1738914 |
| Agasisti, T. et al. | 2020 | The Russian Excellence Initiative for higher education: a nonparametric evaluation of short-term results | https://doi.org/10.1111/itor.12742 |
| Agha, S. R. et al. | 2011 | Assessment of academic departments efficiency using data envelopment analysis | https://doi.org/10.3926/jiem.2011.v4n2.p301-325 |
| Ai, N. et al. | 2019 | Sustainability assessment of universities as small-scale urban systems: A comparative analysis using Fisher Information and Data Envelopment Analysis | https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.205 |
| Al Kahtani, N. S.; Malik, S. A. | 2014 | An Investigation of Technical and Scale Efficiency of Public Universities in Saudi Arabia | http://dx.doi.org/10.19026/rjaset.7.647 |
| Alam, T. | 2017 | Efficiency of Colleges at Prince Sattam Bin Abdulaziz University, Al Kharj (A Comparative Study using Data Envelopment Analysis) | http://dx.doi.org/10.36478/jeasci.2017.3899.3904 |
| Alam, T. | 2017 | The efficiency of colleges: using DEA - a non-parametric approach | -- |
| Altamirano-Corro, A.; Peniche-Vera, R. | 2014 | Measuring the Institutional Efficiency Using DEA and AHP: the Case of a Mexican University | https://doi.org/10.1016/S1665-6423(14)71606-2 |
| Amara, N.; Rhaïem, M.; Halilem, N. | 2020 | Assessing the research efficiency of Canadian scholars in the management field: Evidence from the DEA and fsQCA | https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.10.059 |
| Andersson, C. et al. | 2017 | Technical efficiency and productivity for higher education institutions in Sweden | http://dx.doi.org/10.1080/00313831.2015.1120230 |
| Arcelus, F. J.; Coleman, D. F. | 1997 | An efficiency review of university departments | http://dx.doi.org/10.1080/00207729708929431 |
| Avilés Sacoto, S. et al. | 2015 | Time-staged outputs in DEA | http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2015.01.019 |
| Barra, C.; Zotti, R. | 2016 | A Directional Distance Approach Applied To Higher Education: An Analysis Of Teaching-Related Output Efficiency | https://doi.org/10.1111/apce.12091 |

| | | | |
|---|------|---|---|
| Barra, C.; Zotti, R. | 2016 | Managerial efficiency in higher education using individual versus aggregate level data. Does the choice of decision-making units count? | https://doi.org/10.1002/mde.2697 |
| Barra, C.; Zotti, R. | 2016 | Measuring efficiency in higher education: an empirical study using a bootstrapped data envelopment analysis | https://doi.org/10.1007/s11294-015-9558-4 |
| Barra, C.; Lagravinese, R.; Zotti, R. | 2018 | Does econometric methodology matter to rank universities? An analysis of Italian higher education system | http://dx.doi.org/10.1016/j.seps.2017.09.002 |
| Bayraktar, E.; Tatoglu, E.; Zaim, S. | 2013 | Measuring the relative efficiency of quality management practices in Turkish public and private universities | https://doi.org/10.1057/jors.2013.2 |
| Berbegal-Mirabent, J.; Lafuente, E.; Solé, F. | 2013 | The pursuit of knowledge transfer activities: An efficiency analysis of Spanish universities | http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.02.031 |
| Berbegal-Mirabent, J. | 2018 | The influence of regulatory frameworks on research and knowledge transfer outputs: An efficiency analysis of Spanish public universities | https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2018.01.003 |
| Blanco, M.; Bares, L.; Hrynevych, O. | 2019 | University brand as a key factor of graduates employment | http://doi.org/10.21272/mmi.2019.3-15 |
| Blechich, A. A. | 2020 | Factors affecting relative efficiency of higher education institutions of economic orientation | https://doi.org/10.30924/mjcmi.25.1.3 |
| Blidisel, R. G. | 2013 | Data envelopment analysis and the efficiency of Romanian public higher education | -- |
| Bornmann, I.; Wohlrabe, K.; Gralka, S. | 2019 | The graduation shift of German universities of applied sciences | https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210160 |
| Bougnol, M-L.; Dulá, J. H. | 2006 | Validating DEA as a ranking tool: an application of DEA to assess performance in higher education | https://doi.org/10.1007/s10479-006-0039-2 |
| Bouzouita, A. | 2019 | Evaluating the efficiency of higher education institutions in Tunisia | https://doi.org/10.1504/IJED.2019.098687 |
| Breu, T. M.; Raab, R. L. | 1994 | Efficiency and perceived quality of the nation's top 25 national universities and national liberal arts colleges: an application of data envelopment analysis to higher education | https://doi.org/10.1016/0038-0121(94)90023-X |
| Brzezicki, L.; Rusielik, R. | 2020 | Measurement of efficiency of didactic activities of public universities of technology in Poland: Directional Distance Function with undesirable output approach | https://doi.org/10.3846/bme.2020.11982 |
| Brzezicki, L.; Pietrzak P.; Cieciora, M. | 2020 | The Total Efficiency of Teaching Activity of Polish Higher Education Institutions | https://doi.org/10.2478/fman-2020-0002 |
| Bueno, P.V. et al. | 2015 | Pós-Graduação <i>Strictu Sensu</i> no Brasil: Análise de uma Universidade Privada | -- |
| Cáceres, H.; Kristjanpoller, W.; Tabilo, J. | 2014 | Análisis de la eficiencia técnica y su relación con los resultados de la evaluación de desempeño en una Universidad chilena | http://dx.doi.org/10.15446/innovar.v24n54.46720 |

| | | | |
|---|------|--|---|
| Canal, G. Y.; Amado, A. P. G.; Hurtado, M. G. | 2015 | Research Efficiency Assessment of Colombian Public Universities 2003-2012: Data Envelopment Analysis | http://dx.doi.org/10.17981/ingecuc.11.2.2015.10 |
| Canto, M. B.; Lopez, L. B. | 2018 | Ranking of global efficiency of the best universities in Europe | http://doi.org/10.21272/mmi.2018.3-03 |
| Carrington, R.; Coelli, T.; Prasada Rao D. S. | 2005 | The performance of Australian universities: conceptual issues and preliminary results | https://doi.org/10.1111/j.1759-3441.2005.tb01001.x |
| Casu, B.; Thanassoulis, E. | 2006 | Evaluating cost efficiency in central administrative services in UK universities | https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.07.020 |
| Celik, O.; Ecer, A. | 2009 | Efficiency in accounting education: evidence from Turkish Universities | https://doi.org/10.1016/j.cpa.2008.01.007 |
| Chang, D-F.; Tsai, P-Y. | 2013 | The effect of industry-academy cooperation explained by Data Envelopment Analysis | -- |
| Chang, T-Y.; Chung, P-H.; Hsu, S-S. | 2012 | Two-stage performance model for evaluating the managerial efficiency of higher education: Application by the Taiwanese tourism and leisure department | http://dx.doi.org/10.1016/j.jhlste.2012.04.003 |
| Chang, T-Y. | 2013 | Enhancing e-learning management systems to promoting the management efficiency of tourism and hospitality education | https://doi.org/10.1080/09720073.2013.11891373 |
| Chen, J-K.; Chen, I-S. | 2011 | Inno-Qual efficiency of higher education: empirical testing using data envelopment analysis | https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.111 |
| Cherikh, M.; Eyob E.; Ikem, F. | 2004 | Efficiency analysis and standardisation of input output measures: the case of public institutions of higher education in Virginia | https://doi.org/10.1504/IJSS.2004.005693 |
| Clermont, M. | 2016 | Effectiveness and efficiency of research in Germany over time: an analysis of German business schools between 2001 and 2009 | https://doi.org/10.1007/s11192-016-2013-3 |
| Chuanyi, W.; Xiaohong, L.; Zhao Shikui | 2016 | The relative efficiencies of research universities of science and technology in China: based on the Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis | https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.02302a |
| Çokgezen, M. | 2009 | Technical efficiencies of faculties of economics in Turkey | https://doi.org/10.1080/09645290701761354 |
| Colbert, A.; Levary, R. R.; Shaner, M. C. | 2000 | Determining the relative efficiency of MBA programs using DEA | https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00275-1 |
| Cortes-Sanchez, J. D. | 2016 | Eficiencia en el uso de bases de datos digitales para la producción científica en universidades de Colombia | https://doi.org/10.3989/redc.2016.2.1320 |
| Costa, E. M. et al. | 2012 | Eficiência e desempenho no ensino superior: uma análise da fronteira de produção educacional das IFES brasileiras | https://doi.org/10.1590/S1415-98482012000300003 |
| Cruz, S. R.; Soares de Mello, J. C. C. B.; Rama, C. | 2019 | A eficiência do financiamento nas Instituições Federais de Ensino Superior brasileiras nos períodos 1995-2009 | http://dx.doi.org/10.22347/2175-2753v11i33.1952 |

| | | | |
|---|------|--|---|
| Curi, C.; Daraio, C.; Llerena, P. | 2012 | University technology transfer: how (in)efficient are French universities? | http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1984043 |
| Curi, M. A. et al. | 2019 | Eficiência da utilização dos recursos renováveis nas universidades federais | https://doi.org/10.21874/rsp.v70i4.3221 |
| de Almeida, A. T. C. et al. | 2018 | Análise da Eficiência dos Departamentos de Economia de Instituições de Ensino Superior do Brasil | https://doi.org/10.11606/1980-5330/ea122240 |
| de Jorge Moreno, J. et al. | 2019 | Assessing efficiency in the Spanish public universities through comparative non-radial and radial data envelopment analysis | https://doi.org/10.1007/s11233-018-09017-6 |
| de la Torre, E.; Gómez-Sancho, J-M.; Perez-Esparrells, C. | 2017 | Comparing university performance by legal status: a Malmquist-type index approach for the case of the Spanish higher education system | https://doi.org/10.1080/13583883.2017.1296966 |
| de la Torre, E.; Agasisti, T.; Perez-Esparrells, C. | 2017 | The relevance of knowledge transfer for universities' efficiency scores: an empirical approximation on the Spanish public higher education system | https://doi.org/10.1093/reseval/rvx022 |
| de la Torre, E. M.; Casani, F.; Sagarra, M. | 2018 | Defining typologies of universities through a DEA-MDS analysis: An institutional characterization for formative evaluation purposes | https://doi.org/10.1093/reseval/rvy024 |
| de Witte, K.; Rogge, N. | 2010 | To publish or not to publish? On the aggregation and drivers of research performance | https://doi.org/10.1007/s11192-010-0286-5 |
| Dip, J. A. et al. | 2019 | La eficiencia de las universidades públicas en Argentina mediante el análisis envolvente de datos con bootstrap | -- |
| Do, Q. H.; Chen, J-F. | 2014 | A Hybrid Fuzzy AHP-DEA Approach for Assessing University Performance | -- |
| Duan, S. X. | 2019 | Measuring university efficiency: an application of data envelopment analysis and strategic group analysis to Australian universities | https://doi.org/10.1108/BIJ-10-2017-0274 |
| Duenhas, R. A.; França, M. T. A.; Rolim, C. F. C. | 2015 | A expansão do número de matrículas no ensino superior é possível? Uma análise estática e dinâmica da eficiência na gestão das universidades públicas brasileiras | -- |
| Dumitrescu, D. et al. | 2020 | DEA Approach Towards Exploring the Sustainability of Funding in Higher Education. Empirical Evidence from Romanian Public Universities | https://doi.org/10.24818/EA/2020/54/593 |
| Eckles, J. E. | 2010 | Evaluating the efficiency of Top Liberal Arts Colleges | https://doi.org/10.1007/s11162-009-9157-4 |
| Eff, E. A.; Klein, C. C.; Kyle, R. | 2012 | Identifying the best buys in U.S. higher education | https://doi.org/10.1007/s11162-012-9259-2 |
| El-Mahgary, S. et al. | 2014 | Evaluating the performance of university course units using data envelopment analysis | http://dx.doi.org/10.1080/23322039.2014.918856 |
| Ersoy, Y. | 2020 | Performance Evaluation in Distance Education by Using Data Envelopment Analysis (DEA) and TOPSIS Methods | https://doi.org/10.1007/s13369-020-05087-0 |

| | | | |
|---|------|---|---|
| Fernández-Santos, Y.; Martínez-Campillo, A.; Fernández-Fernández, J. M. | 2013 | Evaluación de la eficiencia y el cambio de productividad en el sistema universitario público español tras la implantación de la LOU | -- |
| Fernando, B. I. S.; Cabanda, E. C. | 2007 | Measuring efficiency and productive performance of colleges at the university of Santo Tomas: a nonparametric approach | https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2007.00582.x |
| Figurek, A. et al. | 2019 | Measuring the efficiency of higher education: case of Bosnia and Herzegovina | http://dx.doi.org/10.21511/ppm.17(2).2019.13 |
| Firsova, A. A.; Chernyshova, G. Y. | 2019 | Mathematical Models for Evaluation of the Higher Education System Functions with DEA Approach | https://doi.org/10.18500/1816-9791-2019-19-3-351-362 |
| Fisher, S. et al. | 2017 | Determining the value of undergraduate business programs from market vs academic perspectives | https://doi.org/10.1108/IJEM-01-2016-0014 |
| Flegg, A. T.; Allen, D. O. | 2007 | Does Expansion Cause Congestion? The Case of the Older British Universities, 1994–2004 | https://doi.org/10.1080/09645290601133928 |
| Flegg, A. T.; Allen, D. O. | 2009 | Congestion in the new British universities: A further analysis | https://doi.org/10.15807/jorsj.52.186 |
| Flégl, M.; Vltavská, K. | 2013 | Efficiency at faculties of economics in the Czech public higher education institutions: two different approaches | http://dx.doi.org/10.5539/ies.v6n10p1 |
| Flégl, M.; Tichá, I.; Stanislavská, L. K. | 2013 | Innovation of doctoral studies at the FEM CULS Prague | https://doi.org/10.7160/eriesj.2013.060405 |
| Fuentes, R.; Fuster, B.; Lillo-Bañuls, A. | 2016 | A three-stage DEA model to evaluate learning-teaching technical efficiency: key performance indicators and contextual variables | http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2015.11.022 |
| Galbraith, C. S.; Merrill, G. B. | 2015 | Academic performance and burnout: an efficient frontier analysis of resource use efficiency among employed university students | https://doi.org/10.1080/0309877X.2013.858673 |
| García, P. A. A.; Duim, F. A. C | 2017 | A grey relational analysis based approach to the evaluation of Brazilian postgraduate programs in master of business administration | https://doi.org/10.20985/1980-5160.2017.v12n4.806 |
| Ghasemi, N. et al. | 2020 | Assessing the performance of organizations with the hierarchical structure using data envelopment analysis: An efficiency analysis of Farhangian University | https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107609 |
| Giménez, V. M.; Martínez, J. L. | 2006 | Cost efficiency in the university: A departmental evaluation model | https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2005.05.006 |
| Glass, J. C. et al. | 2006 | Implications of variant efficiency measures for policy evaluations in UK higher education | https://doi.org/10.1016/j.seps.2004.10.004 |
| González-Garay, A. et al. | 2019 | Assessing the performance of UK universities in the field of chemical engineering using data envelopment analysis | https://doi.org/10.1016/j.ece.2019.06.003 |
| Gralka, S.; Wohlrabe, K.; Lutz Bornmann, L. | 2019 | How to measure research efficiency in higher education? Research grants vs. publication output | https://doi.org/10.1080/1360080X.2019.1588492 |

| | | | |
|---|------|---|---|
| Guccio, C.; Martorana, M.F.; Mazza, I. | 2016 | Efficiency assessment and convergence in teaching and research in Italian public universities | https://doi.org/10.1007/s11192-016-1903-8 |
| Guccio, C.; Martorana, M.F.; Monaco, L. | 2015 | Evaluating the impact of the Bologna Process on the efficiency convergence of Italian universities: a non-parametric frontier approach | https://doi.org/10.1007/s11123-015-0459-6 |
| Guccio, C.; Martorana, M.F.; Mazza, I. | 2017 | The efficiency change of Italian public universities in the new millennium: a non-parametric analysis | https://doi.org/10.1080/13583883.2017.1329451 |
| Guironnet, J-P.; Peypoch, N. | 2018 | The geographical efficiency of education and research: the ranking of U.S. universities | http://dx.doi.org/10.1016/j.seps.2017.07.003 |
| Günay, A.; Dulupçu, M. A. | 2019 | Measurement of financial efficiency and productivity of Turkish Public Universities by using non-parametric methods | https://doi.org/10.1108/JARHE-07-2018-0116 |
| Hirao, Y. | 2012 | Efficiency of the top 50 business schools in the United States | https://doi.org/10.1080/13504851.2011.568380 |
| Ho, H-F. | 2015 | Are universities in Taiwan less efficient than top universities in the world? | http://dx.doi.org/10.5539/res.v7n3p202 |
| Hock-Eam, L. et al. | 2016 | How efficient are Malaysian public universities? a comparative analysis using Data Envelopment Analysis | http://dx.doi.org/10.21315/aamj2016.21.2.4 |
| Jablonsky, J. | 2015 | Analytic hierarchy process as a ranking tool for decision making units | http://dx.doi.org/10.1504/IJMDM.2015.070758 |
| Jablonsky, J. | 2016 | Efficiency analysis in multi-period systems: an application to performance evaluation in Czech higher education | http://dx.doi.org/10.1007/s10100-015-0401-z |
| Jauhar, S. K.; Pant, M.; Dutt, R. | 2018 | Performance measurement of an Indian higher education institute: a sustainable educational supply chain management perspective | http://dx.doi.org/10.1007/s13198-016-0505-4 |
| Jiang, J.; Lee, S. K.; Rah, M-J. | 2020 | Assessing the research efficiency of Chinese higher education institutions by data envelopment analysis | https://doi.org/10.1007/s12564-020-09634-0 |
| Johnes, J.; Johnes G. | 1995 | Research funding and performance in U.K. University Departments of Economics: A frontier analysis | https://doi.org/10.1016/0272-7757(95)00008-8 |
| Johnes, J. | 2006 | Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education | https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2005.02.005 |
| Johnes, J. | 2006 | Measuring efficiency: a comparison of multilevel modelling and Data Envelopment Analysis in the context of higher education | https://doi.org/10.1111/j.0307-3378.2006.00238.x |
| Johnes, J. | 2006 | Measuring teaching efficiency in higher education: An application of data envelopment analysis to economics graduates from UK Universities 1993 | https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.02.044 |
| Johnes, J. | 2008 | Efficiency and productivity change in the English higher education sector from 1996/97 to 2004/5 | https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.2008.01087.x |

| | | | |
|---|------|--|---|
| Johnes, J.; Yu, L. | 2008 | Measuring the research performance of Chinese higher education institutions using data envelopment analysis | https://doi.org/10.1016/j.chieco.2008.08.004 |
| Johnes, J. | 2013 | Efficiency and mergers in English higher education 1996/97 to 2008/9: parametric and non-parametric estimation of the multi-input multi-output distance function | https://doi.org/10.1111/manc.12030 |
| Johnes, J.; Virmani, S. | 2020 | Chief executive pay in UK higher education: the role of university performance | https://doi.org/10.1007/s10479-019-03275-2 |
| Johnes, G. | 1995 | Scale and technical efficiency in the production of economic research | https://doi.org/10.1080/135048595357717 |
| Johnes, G. | 2013 | Efficiency in English higher education institutions revisited: A network approach | -- |
| Johnes, G.; Ruggiero, R. | 2016 | Revenue efficiency in higher education institutions under imperfect competition | https://doi.org/10.1177/0952076716652935 |
| Johnes, G.; Tone, K. | 2016 | The efficiency of higher education institutions in England revisited: comparing alternative measures | http://dx.doi.org/10.1080/13583883.2016.1203457 |
| Joumady, O.; Ris, C. | 2005 | Performance in European higher education: a non-parametric production frontier approach | https://doi.org/10.1080/09645290500031215 |
| Juárez, J. A. Y.; Sánchez, M. A. M. | 2019 | Efficiency and productivity in transfer units of scientific research results in Mexico | http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.1421 |
| Kadilar, G. O. | 2015 | Efficiency analysis of foundation universities in Turkey | http://dx.doi.org/10.15390/EB.2015.1813 |
| Kantabutra, S.; Tang, C. S. | 2010 | Efficiency analysis of public universities in Thailand | https://doi.org/10.1080/13583881003629798 |
| Kao, C.; Hung, H-T. | 2008 | Efficiency analysis of university departments: an empirical study | https://doi.org/10.1016/j.omega.2006.02.003 |
| Kao, H-Y.; Chen, B-S. | 2014 | Efficiency classification by hybrid Bayesian networks - The dynamic multidimensional models | http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2014.08.061 |
| Karagiannis, G.; Paschalidou, G. | 2017 | Assessing research effectiveness: a comparison of alternative nonparametric models | https://doi.org/10.1057/s41274-016-0168-1 |
| Kashim, R.; Kasim, M. M.; Rosshairy, A. R. | 2018 | Measuring efficiency of a university faculty using a hierarchical network data envelopment analysis model | https://doi.org/10.32890/jict2018.17.43 |
| Kasim, M. M.; Kashim, R.; Khan, S. A. M. N. | 2017 | A linear programming-based model to measure efficiency and effectiveness of undergraduate programs | https://doi.org/10.32890/jict2017.16.210 |
| Katharaki, M.; Katharakis, G. | 2010 | A comparative assessment of Greek universities' efficiency using quantitative analysis | http://dx.doi.org/10.1016/j.ijer.2010.11.001 |

| | | | |
|--|------|---|---|
| Kaur, H.; Bhalla, G. S. | 2018 | Evaluating the Resource Use Efficiency of Government Colleges in Punjab (India): Data Envelopment Analysis (DEA) Approach | http://dx.doi.org/10.1108/IJLMA-03-2017-0074 |
| Kempkes, G.; Pohl, C. | 2010 | The efficiency of German universities - some evidence from nonparametric and parametric methods | http://dx.doi.org/10.1080/00036840701765361 |
| Klumpp, M. | 2018 | The index number problem with DEA: insights from European university efficiency data | http://dx.doi.org/10.3390/educsci8020079 |
| Klumpp, M. | 2019 | Sisyphus revisited: efficiency developments in European universities 2011–2016 according to ranking and budget data | http://dx.doi.org/10.1353/rhe.2019.0094 |
| Kong, W-H.; Fu, T-T. | 2012 | Assessing the performance of business colleges in Taiwan using data envelopment analysis and student based value-added performance indicators | https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.10.004 |
| Kongar, E.; Sobh, T. M.; Baral, M. | 2009 | Two-step data envelopment analysis approach for efficient engineering enrollment management | -- |
| Kosor, M. M.; Perovic, L. M.; Golem, S. | 2019 | Efficiency of public spending on higher education: a data envelopment analysis for EU-28 | https://doi.org/10.33225/pec/19.77.396 |
| Kounetas, K. et al. | 2011 | Departmental efficiency differences within a Greek university: An application of a DEA and Tobit analysis | https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2011.00813.x |
| Kubak, M.; Bacik, R.; Gavurová, B. | 2017 | On the science and research efficiency of Czech universities: a data envelopment analysis | -- |
| Kudła, J.; Stachowiak-Kudła, M.; Figurski, A. | 2016 | Quality of teaching and research in public higher education in Poland: relationship with financial indicators and efficiency | https://doi.org/10.7206/jmba.ce.2450-7814.184 |
| Kumar, A.; Thakur, R. R. | 2019 | Objectivity in performance ranking of higher education institutions using dynamic data envelopment analysis | https://doi.org/10.1108/IJPPM-03-2018-0089 |
| Kumar, S. | 2019 | Artificial intelligence divulges effective tactics of top management institutes of India | https://doi.org/10.1108/BIJ-08-2018-0251 |
| Larrán-Jorge, M.; García-Correas, A. | 2015 | ¿Influyen los modelos de financiación autonómicos en la eficiencia de las universidades públicas españolas? | http://dx.doi.org/10.1016/j.rcsar.2014.06.001 |
| Lee, D.; Kim, S.; Cha, S-H. | 2014 | Evaluating the effectiveness of research centers and institutes in universities: Disciplines and life cycle stages | -- |
| Lee, B. L.; Worthington, A. | 2015 | A network DEA quantity and quality-orientated production model: An application to Australian university research services | http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.014 |
| Lehmann, E. E. et al. | 2018 | Approaching effects of the economic crisis on university efficiency: a comparative study of Germany and Italy | http://dx.doi.org/10.1007/s40821-017-0091-7 |
| Leshukov, O. V.; Platonova, D. P.; Semyonov, D. S. | 2016 | The Efficiency of Regional Higher Education Systems and Competition in Russia | http://dx.doi.org/10.17059/2016-2-8 |

| | | | |
|--|------|--|---|
| Lesková, A.; Šipikal, M. | 2019 | Higher education institutions performance in convergence regions after the eu enlargement - case of Slovakia | -- |
| Letti, A. G.; Bittencourt, M. V. L.; Vila, L. E. | 2020 | A comparative analysis of federal university efficiency across Brazilian regions (2010-2016) | -- |
| Lita, I. | 2018 | Data envelopment analysis techniques - DEA and Malmquist indicators, in CRS mode, for measuring the efficiency of Romanian public higher education institutions | http://dx.doi.org/10.24818/18423264/52.3.18.17 |
| Lobo, M. S. C. et al. | 2016 | Dynamic network data envelopment analysis for university hospitals evaluation | http://dx.doi.org/10.1590/S1518-8787.2016050006022 |
| Lu, W-M. | 2012 | Intellectual capital and university performance in Taiwan | http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2012.03.021 |
| Mainardes, E.; Alves, H.; Raposo, M. | 2014 | Using expectations and satisfaction to measure the frontiers of efficiency in public universities | http://dx.doi.org/10.1080/13583883.2014.978358 |
| Mammadova, R.; Aypay, A. | 2020 | Efficiency analysis of research universities in Turkey | https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2020.102176 |
| Martín, E. | 2006 | Efficiency and quality in the current higher education context in Europe: an application of the data envelopment analysis methodology to performance assessment of departments within the University of Zaragoza | https://doi.org/10.1080/13538320600685172 |
| Martínez-Campillo, A.; Fernandez-Santos, Y. | 2020 | The impact of the economic crisis on the (in)efficiency of public Higher Education institutions in Southern Europe: The case of Spanish universities | https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.10.0771 |
| McMillan, M. L.; Datta, D. | 1998 | The relative efficiencies of Canadian universities: a DEA perspective | https://doi.org/10.2307/3552021 |
| Medin, E. et al. | 2011 | Cost efficiency of university hospitals in the Nordic countries: a cross-country analysis | https://doi.org/10.1007/s10198-010-0263-1 |
| Angulo Meza, L. et al. | 2018 | Evaluation of post-graduate programs using a network data envelopment analysis model | http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v85n204.60207 |
| Mikušová P. | 2017 | Measuring The Efficiency of The Czech Public Higher Education Institutions: An Application of DEA | https://doi.org/10.7160/eriesj.2017.10.0204 |
| Miranda, R.; Gramani, M. C.; Andrade, E. | 2012 | Technical efficiency of business administration courses: a simultaneous analysis using DEA and SFA | https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2012.00857.x |
| Moncayo-Martínez, L. A. et al. | 2020 | Evaluation of public HEI on teaching, research, and knowledge dissemination by Data Envelopment Analysis | https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.06.003 |
| Moore, K.; Coates, H.; Croucher, G. | 2019 | Investigating applications of university productivity measurement models using Australian data | https://doi.org/10.1080/03075079.2018.1479846 |
| Moreira, N. P.; de Benedicto, G. C.; Carvalho, F. M. | 2019 | Discussão de alguns condicionantes da eficiência em universidades federais brasileiras a partir do Reuni | https://doi.org/10.21874/rsp.v70i3.3314 |

| | | | |
|--|------|---|---|
| Moreno-Gómez, J.; Calleja-Blanco, J.; Moreno-Gómez, G. | 2020 | Measuring the efficiency of the Colombian higher education system: a two-stage approach | https://doi.org/10.1108/IJEM-07-2019-0236 |
| Mousa, W.; Ghulam, Y. | 2019 | Exploring efficiency differentials between Saudi higher education institutions | https://doi.org/10.1002/mde.2995 |
| Munoz, D. A. | 2016 | Assessing the research efficiency of higher education institutions in Chile | https://doi.org/10.1108/IJEM-03-2015-0022 |
| Myeki, L. W.; Temoso, O. | 2019 | Efficiency assessment of public universities in South Africa, 2009-2013: Panel data evidence | https://doi.org/10.20853/33-5-3582 |
| Nadoveza Jelić, O.; Kedžo, M. G. | 2018 | Efficiency vs effectiveness: an analysis of tertiary education across Europe | https://doi.org/10.3326.pse.42.4.2 |
| Navarro-Chávez, C. L.; Delfín-Ortega, O. V. | 2020 | La eficiencia de la educación superior en México, 2008-2016: Un modelo DEA dinámico-network | http://doi.org/10.18504/pl2856-011-2020 |
| Navas, L. P. et al. | 2020 | Colombian higher education institutions evaluation | https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100801 |
| Nazarko, J.; Šaparauskas, J. | 2014 | Application of DEA method in efficiency evaluation of public higher education institutions | https://doi.org/10.3846/20294913.2014.837116 |
| Ng, Y. C.; Li, S. K. | 2000 | Measuring the research performance of Chinese higher education institutions: an application of Data Envelopment Analysis | https://doi.org/10.1080/096452900410712 |
| Nkonki, V.; Ntlabathi, S.; Ncanywa, T. | 2014 | Efficiency in foundation provisioning in a selected university | https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n11p57 |
| Nunez, N. A.; Cornejo Meza, G. | 2018 | Haciendo mucho con poco: eficiencia de la investigación científica en el Perú | -- |
| Obadić, A.; Aristovnik, A. | 2011 | Relative Efficiency of Higher Education in Croatia and Slovenia: An International Comparison | -- |
| O'Hara, M. E.; Sirianni, P. | 2017 | Carbon efficiency of US colleges and universities: a nonparametric assessment | http://dx.doi.org/10.1080/00036846.2016.1210780 |
| Pai, P.; Khan, B. M.; Mukherjee, P. N. | 2019 | Data Envelopment Analysis (DEA) - Application at NMIMS – SBM, a Leading AACSB Accredited Indian Higher Education Business School | -- |
| Palocsay, S. W.; Wood, W. C. | 2014 | An investigation of U.S. undergraduate business school rankings using Data Envelopment Analysis with value-added performance indicators | http://dx.doi.org/10.1080/08832323.2013.876379 |
| Papadimitriou, M.; Johnes, J. | 2018 | Does merging improve efficiency? A study of English universities | https://doi.org/10.1080/03075079.2018.1450851 |
| Perovic, V.; Bojanic, R.; Nerandzic, B. | 2017 | Measuring efficiency of teaching process and faculty in transition states using DEA analysis | https://doi.org/10.17559/TV-20151228131035 |

| | | | |
|---|------|--|---|
| Perović, L. M.; Kosor, M. M. | 2020 | The Efficiency of Universities in Achieving Sustainable Development Goals | https://doi.org/10.24818/EA/2020/54/516 |
| Podinovski, V. V.; Husain, W. R. W. | 2017 | The hybrid returns-to-scale model and its extension by production trade-offs: an application to the efficiency assessment of public universities in Malaysia | https://doi.org/10.1007/s10479-015-1854-0 |
| Ponnuswamy, I.; Manohar, H. L. | 2014 | Learning organisation culture and knowledge performance in social work academic departments | -- |
| Popović, M. et al. | 2020 | Using Data Envelopment Analysis and Multi-Criteria Decision-Making Methods to evaluate teacher performance in higher education | https://doi.org/10.3390/sym12040563 |
| Puertas, R.; Marti, L. | 2019 | Sustainability in universities: DEA-GreenMetric | https://doi.org/10.3390/su11143766 |
| Qin, C.; Zhang, W.; Zhu, Y. | 2018 | Study on the contribution rate variation of teaching and research of university teachers based on the joint benefit assessment method | https://doi.org/10.12738/estp.2018.5.089 |
| Quiroga-Martínez, F.; Fernández-Vázquez, E.; Alberto, C. L. | 2018 | Efficiency in public higher education on Argentina 2004–2013: institutional decisions and university-specific effects | https://doi.org/10.1186/s40503-018-0062-0 |
| Quispe Fernández, G. M.; Jordán Minaya, W. R. | 2017 | Medición de la Eficiencia Técnica en las Universidades Autónomas del Sistema Universitario Boliviano: Aplicación del Análisis Envolvente de Datos (DEA) | -- |
| Ramírez-Gutiérrez, Z.; Barrachina-Palanca, M.; Ripoll-Feliu, V. | 2020 | Eficiencia en la educación superior. Estudio empírico en universidades públicas de Colombia y España | http://dx.doi.org/10.1590/0034-761220190232 |
| Ranjan, P.; Singh, S. | 2020 | System efficiency evaluation of homogeneous parallel production systems: an aggregation approach | https://doi.org/10.1080/01605682.2018.1535770 |
| Ray, S. C.; Jeon, Y. | 2008 | Reputation and efficiency: A non-parametric assessment of America's top-rated MBA programs | https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.03.045 |
| Reichmann, G.; Sommersguter-Reichmann, M. | 2010 | Efficiency measures and productivity indexes in the context of university library benchmarking | https://doi.org/10.1080/00036840701604511 |
| Rhaim, M.; Amara, N. | 2020 | Determinants of research efficiency in Canadian business schools: evidence from scholar-level data | https://doi.org/10.1007/s11192-020-03633-z |
| Rodrigues, A. C.; Gontijo, T. S. | 2019 | Incorporando julgamentos de especialistas em educação na avaliação da eficiência de cursos de graduação: uma abordagem por data envelopment analysis | https://doi.org/10.20397/2177-6652/2019.v19i1.1380 |
| Ruiz, J. L.; Segura, J. V.; Sirvent, I. | 2014 | Benchmarking and target setting with expert preferences: An application to the evaluation of educational performance of Spanish universities | http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2014.10.014 |
| Rządziński, L.; Sworowska, A. | 2016 | Parametric and Non-Parametric Methods for Efficiency Assessment of State Higher Vocational Schools in 2009-2011 | http://dx.doi.org/10.15678/EBER.2016.040107 |
| Sagarra, M.; Mar-Molinero, C.; Agasisti, T. | 2017 | Exploring the efficiency of Mexican universities: Integrating Data Envelopment Analysis and Multidimensional Scaling | http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2016.04.006 |

| | | | |
|---|------|--|---|
| Sahney, S.; Thakkar, J. | 2016 | A comparative assessment of the performance of select higher education institutes in India | https://doi.org/10.1108/QAE-02-2015-0006 |
| Salas-Velasco, M. | 2020 | Measuring and explaining the production efficiency of Spanish universities using a non-parametric approach and a bootstrapped-truncated regression | https://doi.org/10.1007/s11192-019-03324-4 |
| Salas-Velasco, M. | 2020 | The technical efficiency performance of the higher education systems based on data envelopment analysis with an illustration for the Spanish case | https://doi.org/10.1007/s10671-019-09254-5 |
| Saljooghi, F. H.; Rayeni, M. M. | 2011 | Distinguishing congestion and technical inefficiency in presence undesirable output | https://doi.org/10.3844/ajassp.2011.903.909 |
| Sarafoglou, N.; Haynes, K. E. | 1990 | Regional efficiencies of building sector research in Sweden: an introduction | -- |
| Sarrico, C. S. et al. | 1997 | Data envelopment analysis and university selection | https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600475 |
| Sarrico, C. S.; Dyson, R. G. | 2000 | Using DEA for planning in UK universities - an institutional perspective | https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600949 |
| Sav, G. T. | 2020 | Productivity catches up game on: can public research universities catch private non-profit counterparts? | https://doi.org/10.1080/13504851.2019.1613487 |
| Selva, M. L. M.; Medina, R. P.; Marzal, P. P. | 2014 | Calidad y eficiencia de las Universidades Públicas Españolas | -- |
| Sexton, T. R.; Comunale, C. L.; Gara, S. C. | 2012 | Efficiency-based funding for public four-year colleges and universities | https://doi.org/10.1162/EDFP_a_00070 |
| Shamohammadi, M.; Oh, D-h | 2019 | Measuring the efficiency changes of private universities of Korea: A twostage network data envelopment analysis | https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119730 |
| Shim W.; Kantor, P. B. | 1998 | A novel economic approach to the evaluation of academic research libraries | -- |
| Shimshak, D. G.; Wagner, J. M. | 2012 | Efficiency in public higher education systems: a statewide comparison using Data Envelopment Analysis | https://doi.org/10.1108/S0276-8976(2012)0000015005 |
| Singh, S.; Ranjan, P. | 2018 | Efficiency analysis of non-homogeneous parallel sub-unit systems for the performance measurement of higher education | https://doi.org/10.1007/s10479-017-2586-0 |
| Soares de Mello, J. C. C. B. et al. | 2006 | Engineering post-graduate programmes: a quality and productivity analysis | https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2006.04.005 |
| Song, X. | 2018 | Analysis for capital investment efficiency in higher education of northeast China based on DEA model | https://doi.org/10.12738/estp.2018.6.223 |
| Song, Y. et al. | 2019 | Measuring scientific productivity in China using Malmquist Productivity Index | https://doi.org/10.2478/jdis-2019-0003 |

| | | | |
|-------------------------------------|------|---|---|
| Su, W. et al. | 2020 | A nonradial super efficiency dea framework using a MCDM to measure the research efficiency of disciplines at Chinese universities | https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2993108 |
| Suescún, O. Y. B. | 2015 | Technical efficiency measurement of the teaching function in the undergraduate attendance programs at Universidad Militar Nueva Granada | http://dx.doi.org/10.18180/tecciencia.2015.18.5 |
| Szuwarzyński, A. | 2018 | Benefit of the doubt approach to assessing the research performance of Australian universities | http://dx.doi.org/10.1111/hequ.12184 |
| Taleb, M.; Khalid, R.; Ramli, R. | 2019 | Estimating the return to scale of an integer-valued data envelopment analysis model: efficiency assessment of a higher education institution | https://doi.org/10.1080/25765299.2019.1583158 |
| Taleb, M.; Ramli, R.; Khalid, R. | 2019 | Measuring the efficiency of community colleges using super efficiency approach for the case of non-discretionary factors in data envelopment analysis with sensitivity analysis | https://doi.org/10.1504/IJPMB.2019.099326 |
| Tavares, R. S.; Angulo Meza, L. | 2017 | Uso da análise envoltória de dados para a avaliação da eficiência em cursos de graduação: Um estudo de caso em uma Instituição de Ensino Superior brasileira | -- |
| Taylor, B.; Harris, G. | 2004 | Relative efficiency among South African universities: A data envelopment analysis | https://doi.org/10.1023/B:HIGH.0000009805.98400.4d |
| Thanassoulis, E. et al. | 2011 | Costs and efficiency of higher education institutions in England: a DEA analysis | https://doi.org/10.1057/jors.2010.68 |
| Thanassoulis, E. et al. | 2017 | Evaluating higher education teaching performance using combined analytic hierarchy process and data envelopment analysis | https://doi.org/10.1057/s41274-016-0165-4 |
| Thanassoulis, E. et al. | 2018 | Assessing the cost-effectiveness of university academic recruitment and promotion policies | http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2017.06.046 |
| Torrejón, L. N.; Cárceles, M. C. P. | 2020 | Productividad y eficiencia de los sistemas universitarios regionales de España en el periodo 2009-2013 | -- |
| Tran, C-D. T. T.; Villano, R. A. | 2018 | Measuring efficiency of Vietnamese public colleges: an application of the DEA-based dynamic network approach | http://dx.doi.org/10.1111/itor.12212 |
| Tran, C-D. T. T.; Villano, R. A. | 2016 | An empirical analysis of the performance of Vietnamese higher education institutions | http://dx.doi.org/10.1080/0309877X.2015.1135886 |
| Tran, C-D. T. T.; Villano, R. A. | 2017 | Input rigidities and performance of Vietnamese universities | http://dx.doi.org/10.1111/asej.12124 |
| Tran, C-D. T. T. | 2019 | Environmentally-adjusted efficiencies of Vietnamese higher education institutions: a multi-stage bootstrap DEA method | http://dx.doi.org/10.1504/IJOR.2019.103126 |
| Tran, C-D. T. T. | 2020 | Is there a productivity growth in private universities in Vietnam? Revisiting the 2005 Higher Education Reform Agenda | https://doi.org/10.1504/IJED.2020.108319 |
| Tran, P. P. et al. | 2020 | Benchmarking in Vietnam universities: teaching and research and revenue efficiencies | https://doi.org/10.1007/s12564-019-09622-z |

| | | | |
|---|------|--|---|
| Türkan, S.; Özel, G. | 2017 | Efficiency of state universities in Turkey during the 2014–2015 academic year and determination of factors affecting efficiency | https://doi.org/10.15390/EB.2017.6980 |
| Turner, D. A. | 2013 | World class universities and international rankings | http://dx.doi.org/10.15390/EB.2017.6980 |
| Ulucan, A.; Atici, K. B.; Ozkan, A. | 2018 | Benchmarking in higher education using Data Envelopment Analysis and the Bologna process data | http://dx.doi.org/10.17535/crorr.2018.0024 |
| Veiderpass, A.; McKelvey, M. | 2016 | Evaluating the performance of higher education institutions in Europe: a nonparametric efficiency analysis of 944 institutions | http://dx.doi.org/10.1080/00036846.2015.1102844 |
| Villano, R. A.; Tran, C-D. T. T | 2018 | Performance of private higher education institutions in Vietnam: evidence using DEA-based bootstrap directional distance approach with quasi-fixed inputs | https://doi.org/10.1080/00036846.2018.1488077 |
| Villano, R. A.; Tran, C-D. T. T | 2019 | Technical efficiency heterogeneity of tertiary institutions in Viet Nam: a metafrontier directional technology approach | https://doi.org/10.3846/tede.2019.7452 |
| Villarreal, F.; Tohmé, F. | 2017 | Análisis envolvente de datos. Un caso de estudio para una universidad argentina | http://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2017.06.004 |
| Visbal-Cadavid, D.; Martínez-Gómez, M.; Guijarro F. | 2017 | Assessing the efficiency of public universities through DEA. A case study | http://dx.doi.org/10.3390/su9081416 |
| Visbal-Cadavid, D.; Mendoza, A. M.; Hoyos, I. Q. | 2019 | Prediction of efficiency in Colombian higher education institutions with Data Envelopment Analysis and neural networks | http://dx.doi.org/10.1590/0101-7438.2019.039.02.0261 |
| Wang, C-N. et al. | 2020 | Effects of the performance-based research fund and other factors on the efficiency of New Zealand Universities: a Malmquist Productivity approach | http://dx.doi.org/10.3390/su12155939 |
| Wang, D. D. | 2018 | Performance-based resource allocation for higher education institutions in China | https://doi.org/10.1016/j.seps.2018.01.004 |
| Wang, X.; Hu, H. | 2017 | Sustainable evaluation of social science research in higher education institutions based on Data Envelopment Analysis | https://doi.org/10.3390/su9040644 |
| Wang, X.; Hu, H. | 2017 | Sustainability in Chinese higher educational institutions' social science research: a performance interface toward efficiency | https://doi.org/10.3390/su9111952 |
| Wohlrabe, K.; Anegon, F. M.; Bornmann, L. | 2019 | How efficiently do elite us universities produce highly cited papers? | https://doi.org/10.3390/publications7010004 |
| Wolszczak-Derlacz, J.; Parteka, A. | 2011 | Efficiency of European public higher education institutions: a two-stage multicountry approach | https://doi.org/10.1007/s11192-011-0484-9 |
| Wolszczak-Derlacz, J. | 2017 | An evaluation and explanation of (in)efficiency in higher education institutions in Europe and the U.S. with the application of two-stage semiparametric DEA | http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2017.07.010 |
| Wolszczak-Derlacz, J. | 2018 | Assessment of TFP in European and American higher education institutions – application of Malmquist indices | http://dx.doi.org/10.3846/20294913.2016.1213197 |

| | | | |
|--|------|--|---|
| Wu, J. et al. | 2020 | An efficiency analysis of higher education institutions in China from a regional perspective considering the external environmental impact | https://doi.org/10.1007/s11192-019-03296-5 |
| Yaisawarng, S.; Ng, Y. C. | 2014 | The impact of higher education reform on research performance of Chinese universities | http://dx.doi.org/10.1016/j.chieco.2014.08.006 |
| Yang, G-l.; Fukuyama, H.; Song, Y-y. | 2018 | Measuring the inefficiency of Chinese research universities based on a two-stage network DEA model | https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.11.002 |
| Zhang, D. et al. | 2011 | Performance impact of research policy at the Chinese Academy of Sciences | https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.03.010 |
| Zhang, G.; Wu, J.; Zhu, Q. | 2020 | Performance evaluation and enrollment quota allocation for higher education institutions in China | https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2020.101821 |
| Zhu, W. et al. | 2018 | Fuzzy computation of teaching performance based on data envelopment analysis method | https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.07.018 |
| Zhu, T-T.; Zhang, Y-J.; b and Wang, K. | 2018 | The allocation of PhD enrolment quotas in China's research-oriented universities based on equity and efficiency principles | https://doi.org/10.1080/00036846.2018.1438585 |
| Zinkovsky, K. V.; Derkachev, P.V. | 2018 | Restructuring the System of Higher Education | https://doi.org/10.1080/10609393.2018.1495019 |

APÊNDICE B - DADOS COLETADOS PARA O ESTUDO DE CASO

A Tabela B1 apresenta os dados coletados e posteriormente normalizados, que foram utilizados para a obtenção dos escores de eficiência das universidades federais brasileiras.

Tabela B1 - Dados coletados e utilizados no estudo de caso.

| SIGLA | IES | x1 | z11 | z12 | z13 | z14 | z15 | y1 | z21 | z22 | y2 | y3 |
|-------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| DMU1 | UFAC | 0.0792 | 0.2039 | 0.182 | 0.08 | 0.108 | 0.0404 | 0.1835 | 0.0714 | 0.008 | 0.0114 | 0.0237 |
| DMU2 | UFAM | 0.1841 | 0.6654 | 0.4085 | 0.1817 | 0.2192 | 0.1735 | 0.6123 | 0.2189 | 0.0737 | 0.142 | 0.0894 |
| DMU3 | UFPA | 0.3533 | 0.8489 | 0.5962 | 0.2966 | 0.3814 | 0.4535 | 0.8669 | 0.5691 | 0.2779 | 0.1932 | 0.2023 |
| DMU4 | UNIFAP | 0.0417 | 0.2317 | 0.1296 | 0.0513 | 0.0545 | 0.0218 | 0.1221 | 0.0297 | 0.006 | 0.0398 | 0.019 |
| DMU5 | UFT | 0.0814 | 0.3697 | 0.256 | 0.0903 | 0.1277 | 0.0815 | 0.3408 | 0.152 | 0.0319 | 0.1534 | 0.0388 |
| DMU6 | UFMA | 0.2012 | 0.6798 | 0.4299 | 0.1817 | 0.3318 | 0.1129 | 0.3629 | 0.1526 | 0.0568 | 0.1307 | 0.0884 |
| DMU7 | UFPI | 0.1975 | 0.629 | 0.455 | 0.1297 | 0.3225 | 0.1573 | 0.6566 | 0.2189 | 0.0518 | 0.267 | 0.1109 |
| DMU8 | UFC | 0.4074 | 0.6005 | 0.4461 | 0.3675 | 0.3672 | 0.4526 | 0.5877 | 0.5457 | 0.4492 | 0.5682 | 0.3142 |
| DMU9 | UFRN | 0.4217 | 0.6235 | 0.6604 | 0.5002 | 0.4533 | 0.4115 | 0.9566 | 0.5954 | 0.3526 | 0.4659 | 0.2857 |
| DMU10 | UFPB | 0.433 | 0.6562 | 0.6419 | 0.5251 | 0.2792 | 0.3859 | 0.7877 | 0.4674 | 0.2679 | 0.4375 | 0.2414 |
| DMU11 | UFCG | 0.1864 | 0.3392 | 0.3874 | 0.1491 | 0.2484 | 0.1605 | 0.3802 | 0.2034 | 0.1693 | 0.1364 | 0.139 |
| DMU12 | UFRPE | 0.159 | 0.2683 | 0.2951 | 0.184 | 0.1985 | 0.1625 | 0.2176 | 0.212 | 0.1534 | 0.2045 | 0.1481 |
| DMU13 | UFPE | 0.4359 | 0.7153 | 0.7435 | 0.5612 | 0.4047 | 0.6086 | 0.716 | 0.7502 | 0.5269 | 0.8011 | 0.3138 |
| DMU14 | UFAL | 0.2243 | 0.4817 | 0.4075 | 0.1781 | 0.2174 | 0.1654 | 0.4222 | 0.2108 | 0.0558 | 0.3693 | 0.1086 |
| DMU15 | UFS | 0.1759 | 0.6103 | 0.4356 | 0.1558 | 0.2156 | 0.2077 | 0.4518 | 0.3149 | 0.0896 | 0.4545 | 0.1362 |
| DMU16 | UFBA | 0.4131 | 0.7768 | 0.6567 | 0.3355 | 0.358 | 0.5582 | 0.5904 | 0.5177 | 0.3845 | 0.6818 | 0.2761 |
| DMU17 | UFRB | 0.0668 | 0.2178 | 0.2056 | 0.0759 | 0.0911 | 0.0361 | 0.1269 | 0.0863 | 0.0169 | 0.017 | 0.0348 |
| DMU18 | UFGD | 0.0589 | 0.161 | 0.1562 | 0.0977 | 0.0883 | 0.0722 | 0.1556 | 0.1269 | 0.0319 | 0.0455 | 0.0538 |
| DMU19 | UFMS | 0.1967 | 0.3644 | 0.4046 | 0.2145 | 0.2725 | 0.1444 | 0.3965 | 0.2411 | 0.0717 | 0.0795 | 0.1183 |
| DMU20 | UFMT | 0.2457 | 0.4344 | 0.5509 | 0.1697 | 0.3232 | 0.1497 | 0.4054 | 0.2857 | 0.0578 | 0.0568 | 0.139 |
| DMU21 | UNB | 0.453 | 0.7686 | 0.7068 | 0.3462 | 0.684 | 0.6226 | 0.9451 | 0.8297 | 0.5558 | 0.3352 | 0.4196 |
| DMU22 | UNIFAL | 0.0542 | 0.1438 | 0.1284 | 0.0358 | 0.122 | 0.047 | 0.2159 | 0.0851 | 0.0159 | 0.0455 | 0.0542 |
| DMU23 | UNIFEI | 0.0518 | 0.1516 | 0.1173 | 0.0411 | 0.1156 | 0.0697 | 0.1206 | 0.1091 | 0.0398 | 0.1193 | 0.0593 |
| DMU24 | UFJF | 0.2304 | 0.4496 | 0.4056 | 0.131 | 0.2533 | 0.2046 | 0.5005 | 0.36 | 0.1265 | 0.125 | 0.1792 |
| DMU25 | UFLA | 0.0872 | 0.2236 | 0.1788 | 0.0597 | 0.2025 | 0.1628 | 0.2688 | 0.2103 | 0.2191 | 0.0682 | 0.1936 |
| DMU26 | UFMG | 0.5698 | 0.7053 | 0.8522 | 0.4623 | 0.7353 | 0.7286 | 1 | 0.8829 | 0.8317 | 1 | 0.7247 |
| DMU27 | UFOP | 0.105 | 0.2884 | 0.2191 | 0.0845 | 0.1894 | 0.1128 | 0.4198 | 0.1634 | 0.0468 | 0.0852 | 0.0872 |
| DMU28 | UFSJ | 0.0742 | 0.2879 | 0.2071 | 0.0584 | 0.1636 | 0.0674 | 0.335 | 0.1543 | 0.01 | 0.1932 | 0.0979 |
| DMU29 | UFU | 0.3362 | 0.4739 | 0.484 | 0.1924 | 0.3788 | 0.2713 | 0.4301 | 0.3926 | 0.1773 | 0.3068 | 0.2114 |
| DMU30 | UFV | 0.2271 | 0.2924 | 0.306 | 0.2493 | 0.4977 | 0.2536 | 0.4066 | 0.352 | 0.2918 | 0.1989 | 0.3302 |
| DMU31 | UFES | 0.2631 | 0.5252 | 0.4336 | 0.277 | 0.3196 | 0.2712 | 0.472 | 0.4829 | 0.1185 | 0.1193 | 0.2078 |
| DMU32 | UFF | 0.5385 | 1 | 0.8851 | 0.4975 | 0.2834 | 0.5533 | 0.9006 | 0.6977 | 0.3506 | 0.1591 | 0.354 |
| DMU33 | UFRRJ | 0.163 | 0.4234 | 0.2226 | 0.1296 | 0.2665 | 0.1566 | 0.2282 | 0.2286 | 0.1076 | 0.0284 | 0.1283 |
| DMU34 | UFRJ | 1 | 0.8606 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.9797 | 1 | 1 | 0.2898 | 1 |
| DMU35 | UFABC | 0.065 | 0.2655 | 0.166 | 0.08011 | 0.1509 | 0.1019 | 0.3257 | 0.1611 | 0.0349 | 0.1023 | 0.155 |
| DMU36 | UFSCAR | 0.1523 | 0.2838 | 0.3534 | 0.1074 | 0.3016 | 0.3205 | 0.3205 | 0.4217 | 0.3277 | 0.108 | 0.3524 |
| DMU37 | UNIFESP | 0.3191 | 0.241 | 0.3871 | 0.4301 | 0.2032 | 0.3511 | 0.302 | 0.3823 | 0.3337 | 0.0739 | 0.527 |
| DMU38 | UFPR | 0.433 | 0.6073 | 0.593 | 0.2079 | 0.5121 | 0.4684 | 0.6605 | 0.636 | 0.4701 | 0.4773 | 0.4645 |
| DMU39 | UTFPR | 0.2307 | 0.6073 | 0.6852 | 0.1233 | 0.4382 | 0.1655 | 0.4506 | 0.2594 | 0.0488 | 0.2045 | 0.213 |
| DMU40 | UFSC | 0.4217 | 0.6494 | 0.6053 | 0.2097 | 0.4453 | 0.6332 | 0.6424 | 0.6611 | 0.6185 | 0.2273 | 0.5187 |
| DMU41 | UFCSPA | 0.0288 | 0.0487 | 0.0829 | 0.0219 | 0.0308 | 0.0426 | 0.0491 | 0.0657 | 0.0329 | 0.0114 | 0.0674 |
| DMU42 | UFPEL | 0.1945 | 0.3808 | 0.3428 | 0.1454 | 0.223 | 0.1994 | 0.3539 | 0.2891 | 0.1892 | 0.6591 | 0.2185 |
| DMU43 | UFSM | 0.3362 | 0.4486 | 0.4988 | 0.2929 | 0.4207 | 0.3317 | 0.5153 | 0.4949 | 0.2998 | 0.0739 | 0.3124 |
| DMU44 | FURG | 0.1353 | 0.2076 | 0.2201 | 0.1262 | 0.218 | 0.113 | 0.1566 | 0.1611 | 0.0926 | 0.0852 | 0.1094 |
| DMU45 | UFRGS | 0.4615 | 0.6503 | 0.694 | 0.4896 | 0.4226 | 0.8515 | 0.6027 | 0.8634 | 0.9691 | 0.2955 | 0.8228 |