



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS/TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GOVERNANÇA E
TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

JULIANA PASCUALOTE LEMOS DE ALMEIDA

AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA TÉCNICA E MUDANÇA DE FRONTEIRA DE
PRODUÇÃO EM HOSPITAIS DE ENSINO: UMA ANÁLISE MULTIDIMENSIONAL
PRÉ E PÓS-PANDEMIA

Palmas, TO
2024

Juliana Pascualote Lemos de Almeida

Avaliação de Eficiência Técnica e Mudança de Fronteira de Produção em Hospitais de Ensino: Uma Análise Multidimensional Pré e Pós-Pandemia

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Governança e Transformação Digital da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito à obtenção do grau de Doutora.

Orientadora: Dra. Marina Figueiredo Moreira
Coorientador: Dr. David Nadler Prata

**Palmas, TO
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- A447a Almeida, Juliana Pascualote Lemos de.
Avaliação de Eficiência Técnica e Mudança de Fronteira de Produção em Hospitais de Ensino: Uma Análise Multidimensional Pré e Pós-Pandemia. / Juliana Pascualote Lemos de Almeida. – Palmas, TO, 2024.
152 f.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Doutorado Profissional) em Governança e Transformação Digital - PPGTD, 2024.
Orientadora : Marina Figueiredo Moreira
Coorientador: David Nadler Prata
1. Eficiência. 2. Modelo Multidimensional. 3. Análise Envoltória de Dados. 4. Hospitais de Ensino. I. Título

CDD 004

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Juliana Pascualote Lemos de Almeida

Avaliação de Eficiência Técnica e Mudança de Fronteira de Produção em Hospitais de Ensino: Uma Análise Multidimensional Pré e Pós-Pandemia

Tese apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas-TO, Curso de Doutorado em Governança e Transformação Digital em 16/12/2024. Foi avaliado para a obtenção do título de Doutora em e aprovada em sua forma final pela Orientadora e Coorientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 16/12/2024

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Marina Figueiredo Moreira, UFT

Prof. Dr. David Nadler Prata, UFT

Prof. Dr. Gentil Veloso Barbosa, UFT

Prof. Dr. Carlos Denner dos Santos, Université de Sherbrooke

Prof. Dr. Antonio Isidro da Silva Filho, UnB

Prof. Dr. Marcelo Lisboa Rocha, UFT – Suplente

Dedico este trabalho ao meu pai, Ernani Lemos
(*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, em especial, gostaria de agradecer ao meu pai (*in memoriam*) a quem dedico esta tese. Durante essa jornada de quatro anos, perdemos você. Foi tempo de sentir muito por sua partida e recompor as forças para poder continuar dando orgulho para quem tanto me amou e rezou por mim a cada batalha. Tenho a certeza de que continua intercedendo por mim!

Agradeço à minha mãe, que me ensinou a ser perseverante, por sua escuta paciente, atenciosa e pelo exemplo de dedicação à família.

Ao meu esposo, agradeço por seu empenho em buscar todos os dias o meu sorriso, pela família que formamos, e por todas as experiências que, por mais desafiantes que parecessem, convidou-me a viver.

À minha filha por fazer os momentos mais pesados, leves como pluma.

Expresso minha gratidão aos meus amigos, àqueles que me incentivaram nos estudos, àqueles que me deram momentos de descontração e me fizeram dar boas risadas, e àqueles que foram verdadeiros anjos na minha jornada.

Em especial, agradeço à Prof.^a Marina, que não foi apenas minha orientadora, mas uma parceira de pesquisa, sempre atenta, ouvinte e serena.

Ao Prof. David, meu coorientador, agradeço o acolhimento da pesquisa, suas pacientes explicações e contribuições para aprimoramento do modelo da pesquisa.

Agradeço à Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares e a todos os seus gestores que apoiaram minha pesquisa e projetos pessoais. Ao longo de 10 anos de carreira na instituição, pude brindá-la com uma pesquisa dedicada aos Hospitais Universitários Federais, sua razão de existir.

Aos Professores Doutores que participaram das bancas examinadoras do projeto e da defesa desta tese, pelas valiosas observações e sugestões.

Aos professores do curso pelos ensinamentos e apoio durante minha jornada no doutorado.

"O pai morre e é como se não morresse, pois deixa depois de si um seu semelhante. Durante a sua vida viu o seu filho e nele se alegrou; quando morrer não ficará aflito. Não tem do que se envergonhar" (Eclesiástico, 30, 5-6).

RESUMO

Diferentes critérios podem estar envolvidos na avaliação de eficiência de hospitais de ensino, instituições que ofertam estágios, experiência prática e oportunidades de pesquisa para estudantes e residentes. Porém, no contexto público, essas instituições, historicamente, enfrentam restrições orçamentárias e baixos investimentos e, mais recentemente, a pandemia da Covid-19 tensionou ainda mais o setor público de saúde tornando-o central no debate político mundial. O estado da arte da literatura demonstra a existência de diversos modelos de avaliação de eficiência técnica de hospitais, sendo menos frequentes os modelos especializados na avaliação de desempenho de hospitais de ensino, além da necessidade de incorporação de aspectos econômico-financeiros e de qualidade nos modelos de avaliação de eficiência hospitalar. Uma avaliação de eficiência pautada em modelos mais calibrados à realidade dessas instituições pode proporcionar soluções mais práticas e adequadas para sua gestão e para as políticas públicas. Assim, este estudo tem como objetivo validar um modelo multidimensional para avaliar a fronteira de eficiência técnica nos Hospitais Universitários Federais da Rede Ebserh nos anos pré e pós-Pandemia da Covid-19. Para tanto, avaliou-se como a eficiência de 37 Hospitais Universitários Federais da Rede Ebserh mudou entre 2019 e 2022 e como se comportou a fronteira de produção nesse período. Após uma revisão integrativa da literatura que culminou na proposição de um *framework* de variáveis de entrada e saída utilizadas para avaliar a eficiência de hospitais de ensino, este estudo utilizou-se de técnica de estatística de análise multivariada para determinar as variáveis incorporadas ao modelo multidimensional, testado por meio da Análise Envoltória de Dados e do Índice de *Malmquist*, o qual concretizou a abordagem longitudinal desta tese. O estudo revelou que 81% e 72% dos hospitais avaliados operaram abaixo do nível ótimo em 2019 e 2022, respectivamente. A maioria dos HUFs eficientes opera com níveis extremos de complexidade e três hospitais na região Nordeste do Brasil tornaram-se eficientes em 2022, após a pandemia. Ademais, verificou-se uma diminuição inesperada na produtividade total dos fatores, revelando que a mudança técnica positiva ao longo do tempo para os hospitais analisados foi insuficiente para sustentar um aumento na função de produção dessas unidades, considerando as mudanças e restrições enfrentadas no período de pandemia. Além da proposição de agendas de pesquisa, verificou-se que é possível expandir a capacidade de produção dos hospitais universitários analisados, fornecendo uma reflexão que pode gerar implicações gerenciais e técnicas com impacto para a política pública brasileira, considerando o tamanho da Rede de Hospitais Universitários Federais gerenciada pela Ebserh.

Palavras-chaves: Eficiência. Modelo Multidimensional. Análise Envoltória de Dados. Hospitais de Ensino.

ABSTRACT

Different criteria may be involved in evaluating the efficiency of teaching hospitals, institutions that offer internships, practical experience, and research opportunities for students and residents. However, in the public context, these institutions have historically faced budget constraints and low investment, and more recently, the Covid-19 pandemic has further strained the public health sector, making it central to global political debate. The state of the art in the literature demonstrates the existence of various models for evaluating the technical efficiency of hospitals, with fewer models specialized in assessing the performance of teaching hospitals. Additionally, there is a need to incorporate economic-financial and quality aspects into hospital efficiency assessment models. An efficiency evaluation based on models more calibrated to the reality of these institutions can provide more practical and appropriate solutions for their management and public policies. Thus, this study aims to validate a multidimensional model to evaluate the technical efficiency frontier of Federal University Hospitals in the Ebserh Network during the pre- and post-Covid-19 pandemic years. For this purpose, the efficiency of 37 Federal University Hospitals in the Ebserh Network was assessed to determine how it changed between 2019 and 2022 and how did the production frontier behave during this period. After an integrative literature review that culminated in the proposal of a framework of input and output variables used to evaluate the efficiency of teaching hospitals, this study employed multivariate statistical analysis techniques to determine the variables incorporated into the multidimensional model, which was tested through Data Envelopment Analysis and the Malmquist Index, solidifying the longitudinal approach of this thesis. The study revealed that 81% and 72% of the evaluated hospitals operated below the optimal level in 2019 and 2022, respectively. Most efficient Federal University Hospitals (HUFs) operate at extreme levels of complexity, and three hospitals in the Northeast region of Brazil became efficient in 2022, after the pandemic. Additionally, there was an unexpected decrease in total factor productivity, revealing that the positive technical change over time for the hospitals analyzed was insufficient to sustain an increase in their production function, given the changes and constraints faced during the pandemic. In addition to proposing research agendas, it was found that it is possible to expand the production capacity of the analyzed university hospitals, offering insights that may generate managerial and technical implications with an impact on Brazilian public policy, considering the size of the Federal University Hospital Network managed by Ebserh.

Keywords: *Efficiency. Multidimensional Model. Data Envelopment Analysis. Teaching Hospitals.*

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Diagrama do fluxo PRISMA: trilha de decisão para selecionar os estudos incluídos.	39
Figura 2 - Resumo dos procedimentos da pesquisa.....	73
Figura 3 - Seleção dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> com base no modelo teórico-explicativo e variáveis disponíveis para os HUFs.....	88
Figura 4 - Seleção dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> com base na aplicação da PCA – modelo operacional e dados dos HUFs.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sumário da aplicação da PCA para os 11 <i>inputs</i> com base nos dados dos HUFs...	89
Tabela 2 - Matriz dos primeiros componentes principais entre as 11 variáveis de <i>input</i> com base nos dados dos HUFs.	89
Tabela 3 - Sumário da aplicação da PCA para os sete <i>outputs</i> com base nos dados dos HUFs.	90
Tabela 4 - Matriz dos primeiros componentes principais entre as sete variáveis de <i>output</i> com base nos dados dos HUFs.	90
Tabela 5 - Estatísticas descritivas dos dados dos HUFs para as variáveis de <i>input</i> , <i>output</i> e variáveis explicativas quantitativas do modelo operacional.....	93
Tabela 6 - Estatísticas descritivas dos dados dos HUFs para as variáveis de <i>input</i> e <i>output</i> com base na variável explicativa qualitativa Nível de Complexidade (NC) em 2019 e 2022.	96
Tabela 7 - Estatísticas descritivas dos dados dos HUFs para as variáveis de <i>input</i> e <i>output</i> com base na variável qualitativa Região (REG) em 2019 e 2022.....	97
Tabela 8 - Estatísticas descritivas da aplicação do DEA-CRS <i>versus</i> VRS e número de DMUs eficientes no caso dos HUFs.....	98
Tabela 9 - Tabela de coeficientes, erro padrão e valor- <i>p</i> resultantes da Regressão Linear para os anos de 2019 e 2022 da preditora COLABASS, e a variável de resposta URP.	99
Tabela 10 - Resumo das estatísticas de regressão para os anos de 2019 e 2022 da preditora COLABASS e a variável de resposta URP com base nos dados dos HUFs.	99
Tabela 11 - Matrizes de correlação entre as variáveis do modelo operacional para os anos de 2019 e 2022.	100
Tabela 12 - Dados dos HUFs eficientes em 2019 com base nas variáveis do modelo e variação 2019-2022.....	104
Tabela 13 - Dados dos HUFs eficientes em 2022 com base nas variáveis do modelo e variação 2019-2022.....	104

Tabela 14 - Resultado do Índice <i>Malmquist</i> para o período de 2019 e 2022.	113
Tabela 15 - Estatísticas descritivas com base nos resultados do Índice de <i>Malmquist</i> para os anos de 2019 e 2022.	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Termos de busca.....	38
Quadro 2 - Critérios de inclusão e exclusão.	38
Quadro 3 - Resumo dos estudos revisados.	40
Quadro 4 - Dimensão e frequência das variáveis nos estudos revisados.....	46
Quadro 5 - <i>Framework</i> teórico: variáveis de <i>input</i> e <i>output</i>	55
Quadro 6 - Resumo das técnicas de coleta e análise de dados propostas para este estudo.	77
Quadro 7 - Variáveis de operacionalização disponíveis para os HUFs da Rede Ebserh.....	79
Quadro 8 - Variáveis do modelo teórico-explicativo proposto neste estudo.....	85
Quadro 9 - Principais resultados, agenda de pesquisa e implicações gerenciais e técnicas para a Rede Ebserh.	122

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - DEA-CRS aplicada a dados dos HUFs de 2019: DMUs eficientes/ineficientes e escores.	101
Gráfico 2 - Unidades eficientes como referência para DMUs ineficientes em 2019.	102
Gráfico 3 - DEA-CRS aplicada a dados de 2022: DMUs eficientes/ineficientes e escores. ...	102
Gráfico 4 - Unidades eficientes como referência para DMUs ineficientes em 2022.	103
Gráfico 5 - Resultado da DEA para dados de 2019 e 2022 por DMU: número ideal de COLABASS em relação à produção atual com base em 2022.....	108
Gráfico 6 - Resultado da DEA para dados de 2019 e 2022 por DMU: valor ideal de GASTL em relação à produção atual (em milhares de reais) com base em dados de 2022.....	109
Gráfico 7 - Resultado da DEA para dados de 2019 e 2022 por DMU: valor ideal de GL com base em 2022.	112
Gráfico 8 - Resultado da aplicação do Índice de <i>Malmquist</i> para o período de 2019 e 2022.	116

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB	<i>Abstract</i>
ABS	<i>Abstract</i>
BCC	Banker, Charnes e Cooper
BoD	<i>Benefit of Doubt</i>
CAIHHS	<i>California Health and Human Services Open Data Portal</i>
CAPEX	<i>Capital Expenses</i>
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CHC-UFPR	Complexo Hospitalar de Clínicas da Universidade Federal do Paraná
CH-UFC	Complexo Hospitalar da Universidade Federal do Ceará
CHU-UFPA	Complexo Hospitalar Universitário da Universidade Federal do Pará
CI	<i>Clinical Indicators</i>
CIHI	<i>Canadian Institute for Health Information</i>
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CMI	<i>Case Mix Index</i>
CNES	Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde
CRS	<i>Constant Returns to Scale</i>
CT	<i>Computed Tomography</i>
CWTS	<i>Centre for Science and Technology Studies</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i> - Análise Envoltória de Dados
DMU	<i>Decision Making Unit</i>
DNDEA	<i>Dynamic Network DEA</i>
DOCTYPE	<i>Type of Document</i>
DOI	<i>Digital Object Identifier</i>
DP	<i>Desvio-Padrão</i>
DRG	<i>Diagnosis-Related Groups</i>
DW	<i>Data Warehouse</i>
EBSERH	Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares
EC	<i>Efficiency change</i>
ECG	Eletrocardiograma
EMH	Equipamento Médico-Hospitalar
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ESPII	Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional
FNS	Fundo Nacional de Saúde
FTE	<i>Full-Time Equivalent</i>
GDP	<i>Gross Domestic Product</i>
HUF	Hospital Universitário Federal
HU-UNIFAP	Hospital Universitário da Universidade Federal do Amapá
ICE	Índice de Complexidade Estrutural
ICU	<i>Intensive Care Unit</i>
IES	Instituições de Ensino Superior

IFC	Instrumentos Formais de Contratualização
JCR	<i>Journal Citation Reports</i>
KEY	<i>Keywords</i>
KMO	<i>Kaiser-Meyer-Olkin</i>
M	Média
MEC	Ministério da Educação
MI	<i>Malmquist Index</i>
MRI	Magnetic Ressonance Imaging
MTFP	<i>Malmquist Total Factor Productivity Index</i>
NC	Nível de Complexidade
OOPEX	<i>Other Operational Expenses</i>
OPEX	<i>Operational Expenses</i>
PCA	<i>Principal Component Analysis</i>
PUBYEAR	Publication Year
RAP	Restos a Pagar
RAS	Rede de Atenção à Saúde
RESER	<i>European Association for Research on Services</i>
RIW	<i>Resource Intensity Weight</i>
RJU	Regime Jurídico Único
ROA	<i>Return on Assets</i>
ROE	<i>Return on Equity</i>
ROI	<i>Return on Investment</i>
ROS	<i>Return on Sales</i>
SBM	<i>Slacks-Based Measure</i>
SRWU	<i>Service Recipient Workload Units</i>
SSI	<i>Social Security Institution</i>
SUS	Sistema Único de Saúde
TC	<i>Technical change</i>
TE	<i>Technical Efficiency</i>
TI	<i>Title</i>
UFT	Universidade Federal do Tocantins
UPP	Pessoal Produtor da Unidade
URP	Unidade Relativa de Produção
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
VRS	<i>Variable Returns to Scale</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Problema de Pesquisa	22
1.1.1	<i>Justificativa</i>	<i>24</i>
1.2	Objetivos.....	25
1.2.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	<i>26</i>
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>26</i>
1.3	Estrutura da Tese	26
2	REFERENCIAL TEÓRICO	28
2.1	Hospitais de Ensino no Cenário Internacional e Brasileiro	28
2.2	Eficiência Técnica e Mudanças na Fronteira de Produção	30
2.3	Estado da Arte sobre Avaliação de Eficiência Técnica em Hospitais de Ensino	32
2.3.1	<i>The Emergence of a Tailored Multidimensional Model for Evaluating Efficiency in Teaching Hospitals: Main Challenges and Proposition of a Theoretical Framework</i>	<i>33</i>
2.4	Impactos da Covid-19 nos Hospitais de Ensino: Do Cenário Mundial ao Contexto Brasileiro	68
3	MÉTODOS.....	72
3.1	Caracterização da Pesquisa	72
3.2	Procedimentos Metodológicos.....	72
3.3	Contexto do Estudo.....	74
3.4	Técnicas de Análise de Dados Aplicadas	75

3.5	Operacionalização do <i>Framework</i> Teórico de Avaliação de Eficiência de Hospitais de Ensino nos HUFs da Rede Ebserh.....	78
3.5.1	<i>Proposição do Modelo Teórico-Explicativo para Avaliar Eficiência Técnica nos Hospitais Universitários Federais da Rede Ebserh</i>	<i>79</i>
3.6	Definição do Modelo Operacional para Avaliar a Eficiência Técnica de Hospitais de Ensino com base em Dados dos HUFs.....	88
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	93
4.1	Avaliação da Eficiência dos HUFs com Base no Modelo Operacional	93
4.1.1	<i>Estatísticas Descritivas das Variáveis do Modelo Operacional com Base em Dados dos HUFs</i>	<i>93</i>
4.1.2	<i>Aplicação da Análise Envoltória de Dados para Avaliar Eficiência Técnica nos HUFs</i>	<i>98</i>
4.2	Avaliação da Mudança de Fronteira de Produção dos HUFs nos Anos Pré e Pós-pandemia	113
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	117
	REFERÊNCIAS.....	124
	APÊNDICES E ANEXOS	138

1 INTRODUÇÃO

Diferentes critérios podem estar envolvidos na avaliação de desempenho de hospitais de ensino (JAHANTIGH; OSTOVARE, 2020), que são instituições que ofertam estágios, experiência prática e oportunidades de pesquisa para estudantes de medicina e enfermagem, bem como para estudantes de outras áreas relacionadas à saúde (CHEN; LIN; HSIAO, 2021). Essas instituições, historicamente, enfrentam restrições orçamentárias e baixos investimentos (JAHANTIGH; OSTOVARE, 2020) e, mais recentemente, a pandemia da Covid-19 tensionou ainda mais o setor de saúde tornando-o central no debate político mundial (LUCIFORA, 2023).

A avaliação de desempenho dessas instituições é uma importante referência para o aperfeiçoamento das políticas públicas e da pactuação de metas dos hospitais, pois tem a capacidade de evidenciar as lacunas para aproximá-los de formas mais eficientes de gestão, uma das prioridades dos gestores de saúde, particularmente ainda mais proeminente no período subsequente à pandemia (GARMATZ; VIEIRA; SIRENA, 2021).

O desempenho institucional é comumente fundamentado em eficiência econômica, conceito que suporta, a eficiência técnica (KALIRAJAN; SHAND, 1999), a qual envolve alcançar o máximo resultado utilizando um mesmo conjunto de recursos (FÄRE; KNOX LOVELL, 1978; FARRELL, 1957). Porém, é preciso avaliar eficiência técnica com base em modelos válidos, a fim de evitar consequências indesejáveis nas decisões que afetam as políticas públicas (HADJI; DEGOULET, 2023).

O setor de saúde, incluindo hospitais, é uma das cinco áreas na qual mais se aplica a Análise Envoltória de Dados (DEA – *Data Envelopment Analysis*) para avaliar eficiência técnica (EMROUZNEJAD; YANG, 2018). Mais especificamente, há diversos estudos que aplicam DEA para mensurar a eficiência técnica de hospitais públicos (ALATAWI; NIESSEN; KHAN, 2020; ARYA; YADAV, 2020; CHEN et al., 2020; KOCISOVA; HASS-SY MOTIUK; KLUDACZ-ALESSANDRI, 2018; TZENG; LU; LIN, 2021). A DEA é o único método que permite de forma facilitada estimar múltiplos modelos de entrada e saída, sem a necessidade de agregação de variável dependente, como ocorre nos métodos econométricos, a exemplo da abordagem de fronteira estocástica, e, além disso, permite identificar as unidades que apresentam as melhores práticas e, para as que apresentam desempenho abaixo da fronteira de eficiência, indicar os fatores de produção – entradas ou *inputs* – insuficientes ou em excesso

em relação à produção dos resultados – saídas ou *outputs* (HOLLINGSWORTH; PEACOCK, 2008; LABIJAK-KOWALSKA; KADZIŃSKI, 2021).

Grande parte dos estudos aplica o modelo DEA combinando outras técnicas, tal como o Índice de *Malmquist* (GOK; SEZEN, 2012; MUJASI; ASBU; PUIG-JUNOY, 2016), que compara a produtividade de Unidades de Tomada de Decisão (DMUs - *Decision Making Units*) em diferentes períodos (MUJASI; ASBU; PUIG-JUNOY, 2016). A incorporação de outras técnicas à DEA ocorre porque a classificação binária realizada pela técnica (eficiente ou ineficiente) oferece um poder de discriminação frágil entre as DMUs e, além disso, a DEA não funciona bem no equacionamento de muitas variáveis de *inputs* e *outputs*, o que pode resultar em uma quantidade elevada de DMUs eficientes (LABIJAK-KOWALSKA; KADZIŃSKI, 2021).

Poucos estudos aplicam modelos específicos para avaliação de eficiência técnica de hospitais de ensino (ALMEIDA et al., 2024), unidades que possuem práticas de gestão próprias – considerando a qualificação de sua força de trabalho, o nível de financiamento para manter altas tecnologias e suprimentos em prol do ensino, além da dedicação a casos mais complexos e às pesquisas produzidas (LUCIFORA, 2023) – muitas vezes influenciadas por Instituições de Ensino Superior (IES), quando, além de hospitais de ensino, são considerados hospitais universitários (CHERVENAK; MCCULLOUGH, 2005).

A maioria dos estudos que se dedica exclusivamente aos hospitais de ensino aplica variáveis hospitalares, tais como número de leitos, médicos, enfermeiros, internações etc., sem observar, contudo, variáveis que reflitam aspectos intrínsecos da gestão de um hospital de ensino (ALMEIDA et al., 2024). Uma conjectura possível para esse padrão é que os estudos acabam incorporando variáveis mais universais, disponíveis, estruturadas, replicáveis e uniformes. Estudos revisados nesta tese que usaram variáveis representativas da gestão de hospitais de ensino em seus modelos observaram indicadores como número de residentes, supervisores de internos e residentes, *trainees*/estagiários, estudantes médicos, internos, citações e participação nas principais publicações (FERRIER; TRIVITT, 2013; LELEU et al., 2018; MEDIN et al., 2011; PEIXOTO; MUSETTI; MENDONÇA, 2018; PEREZ-VILLADÓNIGA; RODRIGUEZ-ALVAREZ; ROIBAS, 2022; ZARRIN, 2023).

Além de observar variáveis que representam aspectos próprios da gestão de hospitais de ensino, os modelos de avaliação de eficiência técnica de hospitais devem: i) considerar variáveis econômico-financeiras, visto que os sistemas públicos de saúde estão sob constante pressão financeira, acirrada com a pandemia; e ii) adotar uma definição mais ampla de eficiência técnica que pondere a dimensão de qualidade, a fim de impedir que lacunas que impliquem em reduções nos custos dos hospitais resultem em perda de qualidade dos serviços de saúde prestados aos pacientes (BERGER; SOMMERSTÜTER-REICHMANN; CZYPIONKA, 2020; CINAROGU, 2021).

À luz das recomendações identificadas na literatura, esta tese buscou avaliar a eficiência técnica de hospitais de ensino, incorporando em um único modelo as dimensões de ensino, econômico-financeira e de qualidade, bem como indicadores disseminados em estudos anteriores. Além disso, considerando a posição central do setor de saúde no debate político mundial em decorrência da pandemia da Covid-19 (LUCIFORA, 2023), foi realizada uma avaliação de como a fronteira de produção se comportou, com base na mudança de eficiência e na mudança técnica, com base nos anos pré e pós-pandemia, proporcionando uma análise dinâmica com base nas alterações estruturais e processuais nos hospitais, ocorridas para otimizar a qualidade dos cuidados prestados aos pacientes acometidos pela doença (BERNARDINO et al., 2021).

Com base nos resultados da avaliação de eficiência técnica para os anos de 2019 e 2022, apresentados neste estudo, pretende-se proporcionar avanços nos modelos de avaliação de eficiência técnica de hospitais de ensino, analisando as consequências da pandemia e, acima de tudo, tornando as abordagens metodológicas mais completas e, ao mesmo tempo, aderentes à realidade desses hospitais, contribuindo, conseqüentemente, para a melhoria das práticas de gestão dos hospitais de ensino, aprimorando a tomada de decisão e o desenvolvimento das políticas públicas.

1.1 Problema de Pesquisa

Existem diversos modelos de avaliação de eficiência técnica de hospitais, sendo menos frequentes os estudos que tratam exclusivamente dos hospitais de ensino, que tem suas práticas de gestão diferenciadas devido à sua missão e, portanto, uma avaliação de eficiência mais específica poderia trazer mais soluções práticas para essas instituições (ALMEIDA et al., 2024).

Os estudos comumente optam por abordagens alicerçadas em indicadores hospitalares comuns e, na maioria das vezes, comparam hospitais tratando a função de ensino como uma condição, convencionalmente representada por uma variável explicativa, por vezes denominada *status* de ensino (CINAROGLU, 2021).

Outrossim, os poucos estudos que avaliam apenas hospitais de ensino acabam incorporando as mesmas variáveis hospitalares mais comuns ou, quando agregam indicadores mais específicos de ensino, deixam de representar os aspectos econômico-financeiros e/ou de qualidade nos modelos, o que pode ser um sintoma da limitação da DEA, a técnica mais comumente aplicada, no equacionamento de muitas variáveis de *inputs* e *outputs* (LABIJAK-KOWALSKA; KADZIŃSKI, 2021).

Além disso, as pesquisas mantêm seu foco muito mais em indicadores econômico-financeiros do que de qualidade, inclusive a combinação dessas duas dimensões é uma recomendação pouco investigada (HADJI et al., 2014). Explorar esta lacuna é relevante, pois as duas dimensões estão associadas – quanto maior a qualidade do serviço, maior é a viabilidade financeira do hospital – e, mais especificamente, o estudo da qualidade da experiência do serviço com base na percepção dos usuários como componente da avaliação de eficiência técnica é ainda menos dissertado (ONDER; COOK; KRISTAL, 2022). Esta dimensão, denominada qualidade experiencial, é importante na avaliação da qualidade do processo, pois resulta da interação entre os prestadores de serviços de saúde hospitalar e os pacientes, de acordo com a percepção destes (SENOT et al., 2015).

A proposta de olhar para a qualidade experiencial não foi observada na literatura do ponto de vista dos residentes – apenas dos pacientes – um indicador que poderia refletir aspectos de qualidade e de ensino simultaneamente e muito pertinente para a avaliação de hospitais de ensino, que funcionam como campo de prática, visto que a satisfação dos residentes é um elemento da qualidade na educação clínica (KAMINETZKY et al., 2011).

Nesta pesquisa, todas as DMUs consideradas são hospitais de ensino e seu papel não é analisado somente como uma característica de diferenciação em relação aos hospitais gerais. Ao tentar superar a sensibilidade da quantidade de variáveis na Análise Envoltória de Dados, combinando-se outras técnicas, busca-se, nesta tese, promover um olhar multidimensional através de um modelo de avaliação de eficiência técnica de hospitais de ensino incorporando

variáveis econômico-financeiras e de qualidade, e enfatizando aspectos de ensino, além de outras variáveis hospitalares comuns já disseminadas na literatura.

Com os resultados desta avaliação, pretende-se também apoiar o aperfeiçoamento das políticas públicas e da tomada de decisão no âmbito dos hospitais de ensino, proporcionando medidas de gestão que beneficiem a sociedade, visto a capacidade da DEA para determinar uma fronteira de melhores práticas (RUGGIERO, 2000). Mais ainda, no decurso de uma análise temporal de eficiência técnica dos hospitais universitários brasileiros *locus* desta pesquisa, foram discutidas as mudanças de fronteira de produção de forma longitudinal, considerando os períodos pré e pós-pandemia, um tema ainda não endereçado na literatura no contexto brasileiro até o momento do fechamento desta tese, relevante, visto o consenso de que o mundo, certamente, enfrentará outra pandemia futuramente (FRENK et al., 2022).

Assim, a presente tese busca responder às seguintes perguntas de pesquisa: **qual modelo multidimensional se revela mais apropriado para avaliar a eficiência técnica de hospitais públicos de ensino; e como se comportaram a mudança de eficiência e mudança técnica dos hospitais de ensino *locus* desta pesquisa entre os anos pré e pós-pandemia da Covid-19?**

1.1.1 Justificativa

A crescente complexidade da gestão de hospitais, também potencializada pela pandemia da Covid-19, justifica a importância da melhoria dos instrumentos científicos disponíveis para avaliar sua eficiência (LONGARAY et al., 2018). Estudos recentes (ALMEIDA et al., 2024; BERGER; SOMMERSTUTTER-REICHMANN; CZYPIONKA, 2020; CINAROGU, 2021) indicaram que ainda há necessidade de aprimorar os modelos de avaliação da eficiência técnica de hospitais de ensino nos aspectos que envolvem indicadores econômico-financeiros, de qualidade e próprios do caráter formador dos hospitais de ensino, que lidam com desafios de gestão adicionais, apesar dos obstáculos impostos pelas técnicas para avaliar todos os aspectos de gestão de um hospital de ensino (GARMATZ; VIEIRA; SIRENA, 2021).

Hospitais públicos são parte essencial do sistema de saúde em qualquer sociedade (MOHAMMED ALI; KASSAM, 2017). No sistema de saúde brasileiro, os gestores hospitalares buscam constantemente alternativas para otimizar recursos e garantir a excelência

da qualidade do atendimento de saúde e a realidade atual do país não permite conjecturar ampliações de orçamento para o setor de saúde, tornando ainda mais relevante a avaliação de eficiência técnica (GARMATZ; VIEIRA; SIRENA, 2021).

Nesse sentido, esta pesquisa se propõe a avaliar a eficiência de hospitais públicos de ensino brasileiros, mais especificamente, dos Hospitais Universitários Federais (HUFs) integrantes da Rede Ebserh – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares, vinculada ao Ministério da Educação (MEC), buscando proporcionar avanços teórico-metodológicos para o campo de pesquisa com foco nos aspectos de ensino, econômico-financeiros e de qualidade, e uma análise das mudanças de eficiência técnica antes e depois do período de emergência de saúde pública causado pela Covid-19 (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020).

Os HUFs da Rede Ebserh desempenham um papel relevante no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS) brasileiro, com mais de 58 mil profissionais, presentes em 24 estados mais o Distrito Federal, contando com cerca de 8 mil residentes, quase 5 mil pesquisas cadastradas, envolvendo 55 mil alunos de graduação e um orçamento de R\$ 13,4 bilhões, consolidando-se assim como a maior rede de hospitais universitários públicos do hemisfério sul; e essas unidades também têm um papel regional estratégico, sendo, em alguns estados, a única referência no atendimento de média e alta complexidade (BRASIL, 2023d). Apesar das limitações da amostra – considerando se tratar de um conjunto de hospitais voltados para o ensino apenas no contexto nacional – dada sua expressão no contexto de saúde brasileiro e representatividade dos hospitais de ensino, os HUFs da Rede Ebserh foram selecionados como *locus* desta pesquisa.

Do ponto de vista de aplicação, este estudo poderá fomentar o desenvolvimento de ações para fortalecer as variáveis que mais contribuem para a avaliação de desempenho dos hospitais de ensino, assim como, o desdobramento de um guia comum de como medir a eficiência de hospitais públicos de ensino para os gestores dessas instituições.

1.2 Objetivos

Esta seção formaliza os objetivos do trabalho. O cumprimento desses objetivos será avaliado no capítulo final da tese.

1.2.1 Objetivo Geral

Considerando o contexto apresentado, esta pesquisa tem o objetivo de validar um modelo multidimensional para avaliar a fronteira de eficiência técnica e a mudança na fronteira de produção nos Hospitais Universitários Federais da Rede Ebserh nos anos pré e pós-Pandemia da Covid-19.

1.2.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos desta tese:

1. Identificar variáveis e dimensões explicativas da eficiência técnica em hospitais de ensino para incorporá-las a modelos emergentes de avaliação;
2. Formular um modelo teórico-explicativo capaz de assimilar as variáveis de interesse;
3. Testar empírica e estatisticamente a aderência dos dados à modelagem proposta; e
4. Analisar os resultados quantitativos da avaliação da eficiência técnica e da mudança de fronteira de produção, com o objetivo de gerar implicações gerenciais para os hospitais de ensino.

1.3 Estrutura da Tese

Esta tese está organizada conforme apresentado a seguir:

- **Capítulo 1:** aborda a introdução desta tese, detalhando o problema de pesquisa (seção 1.1), o objetivo geral e os objetivos específicos (seção 1.2) e a estrutura da tese (seção 1.3).
- **Capítulo 2:** apresenta o referencial teórico desta pesquisa, dividindo-se em quatro seções que tratam da caracterização dos hospitais de ensino do ponto de vista internacional e brasileiro; da eficiência técnica e mudanças na fronteira de produção; do estado da arte sobre avaliação de eficiência técnica em hospitais de ensino, por meio de uma revisão integrativa que gerou um artigo científico; e dos impactos da Covid-19 nos hospitais de ensino.

- **Capítulo 3:** trata da metodologia aplicada nesta tese, detalhando a caracterização da pesquisa, os procedimentos metodológicos, o contexto do estudo, as técnicas de análise de dados aplicadas e a estrutura da tese. Além disso, apresenta-se i) modelo teórico-explicativo de avaliação de eficiência para hospitais públicos de ensino com base nos dados disponíveis para os HUFs da Rede Ebserh; e o ii) modelo operacional, resultante da aplicação da análise multivariada de componentes principais sobre os dados dos HUFs;
- **Capítulo 4:** aborda os produtos da aplicação das técnicas de análise de dados e a discussão desses resultados à luz do Referencial Teórico. Nesse capítulo, são apresentados os seguintes produtos: i) escores de eficiência técnica dos HUFs da Rede Ebserh; e ii) escores de mudança da fronteira de produção dos HUFs nos anos de 2019 e 2022.
- **Capítulo 5:** apresenta as conclusões do trabalho, relacionando os objetivos da tese com os resultados verificados através das técnicas de análise de dados, delineando limitações, lacunas e agendas de pesquisa sobre a avaliação de eficiência dos hospitais públicos de ensino e as implicações práticas para a realidade gerencial dos hospitais *locus* da pesquisa.

É importante destacar que o artigo produzido no âmbito desta tese foi aprovado e apresentado no evento internacional da 32ª Conferência do RESER – *European Association for Research on Services*, realizado nos dias 8 a 10 de dezembro de 2022. Após aprimoramentos com base nas devolutivas do evento e submissões do manuscrito à revisão de periódicos internacionais de alta performance, o manuscrito foi aprovado na *Observatório de la Economía Latinoamericana* em 14 de agosto de 2024, disponível no DOI: [10.55905/oelv22n8-113](https://doi.org/10.55905/oelv22n8-113).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o referencial teórico e se divide em quatro seções. A primeira seção trata dos hospitais de ensino do ponto de vista internacional e brasileiro. A segunda seção aborda a eficiência técnica e a análise de suas mudanças temporais. Na sequência, é apresentado o artigo científico publicado no *Observatório de la Economía Latinoamericana*, um dos produtos desta tese, que apresenta o estado da arte sobre avaliação de eficiência técnica em hospitais de ensino, com base numa varredura da literatura nos anos de 2011 a janeiro de 2023 em cinco bases de dados científicas internacionais (*Scopus*, *ScienceDirect*, *Web of Science*, *Inderscience* e *Springer Link*), culminando na proposição de um *framework* teórico de variáveis para avaliação de eficiência técnica de hospitais de ensino. Por fim, buscando desenvolver uma base teórica de sustentação para as análises que envolvem o período anterior e posterior à pandemia, foram levantados os impactos da Covid-19 nos hospitais de ensino.

2.1 Hospitais de Ensino no Cenário Internacional e Brasileiro

O hospital de ensino é uma instituição que oferta assistência à saúde aos pacientes de forma combinada ao treinamento e desenvolvimento prático dos estudantes da área da saúde, associada ou não a uma IES (GIANCOTTI; GUGLIELMO; MAURO, 2017). Por isso, neste estudo, optamos por utilizar a nomenclatura “hospital de ensino”, visto que o termo “hospital universitário” poderia limitar a revisão da literatura, apesar da avaliação conduzida se dar com base nos dados de hospitais vinculados a IES.

De forma geral, os hospitais de ensino são instituições rotuladas, comumente, como de alto custo, característica fortalecida pelo maior nível de solicitações de exames, suprimentos de saúde, equipamentos de ponta que as atividades de ensino exigem, além de tempo dos profissionais de saúde para se dedicarem ao desenvolvimento de residentes, internos e alunos, para além dos cuidados diretos com o paciente; por outro lado, há quem justifique o custo mais elevado dessas instituições em decorrência da complexidade dos casos e do maior nível de qualidade no serviço de atenção à saúde prestado (HOSEK; PALMER, 1983).

Custo e qualidade são aspectos importantes para comparar hospitais de ensino e hospitais gerais (ALLISON et al., 2000). Hospitais de ensino podem custar cerca de 10% a 20% mais do que os hospitais gerais (SLOAN, 2021). Além disso, a qualidade do serviço prestado por hospitais de ensino se apresenta de moderada a substancialmente melhor do que nos

hospitais que não possuem essa vocação, mas esse achado varia de acordo com a especialidade do hospital (AYANIAN; WEISSMAN, 2002).

Tanto a qualidade do ponto de vista clínico, quanto do ponto de vista da experiência do paciente estão relacionadas com “maior viabilidade financeira dos hospitais”, e o estudo da qualidade experiencial é pouco explorado nesse contexto (ONDER; COOK; KRISTAL, 2022, p. 1). Hospitais que possuem preocupações financeiras precisam avaliar a qualidade do serviço de saúde do ponto de vista clínico e de experiência do paciente e, por isso, os hospitais necessitam de um sistema de avaliação de desempenho (JAFARI; SEYEDJAVADI; ZABOLI, 2020; ONDER; COOK; KRISTAL, 2022). Além disso, a estrutura física, juntamente com a qualidade do atendimento, demonstra grande importância para a avaliação da eficiência técnica hospitalar (PROSS et al., 2018).

No geral, a variabilidade nas práticas de gestão hospitalar é significativa, no âmbito internacional e no âmbito nacional, foi o que revelou um estudo com base em dados de 1.183 hospitais em sete países – Alemanha, Estados Unidos, Canadá, França, Itália, Reino Unido e Suécia (LUCIFORA, 2023). Esse estudo mostrou que hospitais maiores são mais bem geridos em comparação com os demais e, os hospitais públicos demonstraram um desempenho inferior, especialmente, no incentivo funcional e na demissão de funcionários com baixo desempenho, tudo isso, resultado de aspectos como a vocação do hospital, a característica da população atendida e a complexidade institucional.

É importante nivelar que a instituição denominada “hospital de ensino” pelo Ministério da Saúde brasileiro é um estabelecimento de saúde que pertence ou é conveniado a uma instituição de ensino superior, pública ou privada, que serve como campo de prática para atividades de ensino na área da saúde e que é certificada conforme estabelecido na legislação do Programa de Certificação de Hospitais de Ensino (BRASIL, 2021b). Ainda, segundo o Ministério da Saúde, os hospitais de ensino, assim certificados, caracterizam-se por serem

unidades de referência em procedimentos de maior densidade tecnológica (complexidade), são centros de formação, ensino e atuação de importantes especialidades de saúde, em especial dos profissionais médicos especialistas e contribuem nos processos de inovação assistencial e incorporação tecnológica em saúde.

Atualmente, no Brasil, 202 estabelecimentos hospitalares, mediante publicação de portarias, aderiram ao Programa Interministerial de Certificação dos Ministérios da Saúde e da Educação (BRASIL, 2021b). Porém, o Programa pressupunha a adesão de atores que pudessem operacionalizar a política, na prática, insuficientes na potência e compatibilidade necessárias (CHIORO et al., 2021). A partir dessa consideração, nesta pesquisa, o termo “hospital de ensino” diz respeito, portanto, aos hospitais que são orientados ao ensino, não se limitando apenas àqueles certificados pelo Ministério da Saúde.

No caso dos hospitais universitários, que serão avaliados em termos de eficiência técnica nesta tese, soma-se ainda aos aspectos que influenciam as práticas de gestão a relação de poder entre a faculdade de medicina e o hospital, o qual assume responsabilidades como educação e supervisão de residência, atendimento a pacientes e outros serviços de valor para o hospital, “seja como um centro de lucro ou como um serviço necessário operado com prejuízo” (CHERVENAK; MCCULLOUGH, 2005, p. 691).

No cenário brasileiro, as práticas de gestão revelam que os gestores buscam formas de otimizar recursos físicos e financeiros e aumentar a excelência da qualidade do atendimento de saúde e, em especial nos hospitais públicos, no âmbito do SUS, procuram garantir ampliação do acesso da população aos serviços de saúde, lidando com recursos mais complexos, de alto custo e investimento (GARMATZ; VIEIRA; SIRENA, 2021). Por isso, a avaliação do desempenho institucional é também atividade-chave para a gestão dos hospitais públicos de ensino que buscam o aperfeiçoamento de sua atuação, e a eficiência tem uma relação fundamental com desempenho, como será apresentado a seguir.

2.2 Eficiência Técnica e Mudanças na Fronteira de Produção

O desempenho institucional é convencionalmente avaliado com base no conceito de eficiência econômica, que suporta, simultaneamente, eficiência técnica e eficiência alocativa (KALIRAJAN; SHAND, 1999). Eficiência técnica trata-se do êxito de produzir o máximo possível com um mesmo conjunto de recursos (FÄRE; KNOX LOVELL, 1978; FARRELL, 1957); e eficiência alocativa, é a “capacidade e a vontade de uma unidade econômica de igualar o seu produto de valor marginal específico com o seu custo marginal” (KALIRAJAN; SHAND, 1999, p. 149). A mensuração de eficiência alocativa é menos controversa do que a mensuração

de eficiência técnica em termos de metodologias disponíveis (KALIRAJAN; SHAND, 1999) e o foco desta pesquisa é justamente a eficiência técnica.

A literatura seminal acerca da mensuração de eficiência técnica ganhou atenção na década de 1970 com o desenvolvimento da Análise Envoltória de Dados (DEA ou *Data Envelopment Analysis*), uma técnica de programação linear que evoluiu ao longo do século por meio de estudos teóricos pioneiros (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984; CHARNES; COOPER; RHODES, 1978; FÄRE; KNOX LOVELL, 1978; FARRELL, 1957). Trata-se da ferramenta mais utilizada em hospitais para avaliar eficiência técnica (KOHL et al., 2019). Retomando a questão das controvérsias, a DEA apresenta muitas variações em sua forma de aplicação em decorrência da constante busca dos pesquisadores por maior confiabilidade nos resultados (KOHL et al., 2019), assim como sua aplicação é comum com a associação de diversas técnicas de suporte, tais como estatística descritiva e análises multivariadas (ALMEIDA et al., 2024).

A DEA também envolve entradas e saídas, denominadas neste estudo *inputs* e *outputs*, respectivamente – termos importados da língua inglesa – para determinar uma fronteira de melhores práticas, tornando-se popular para o problema da avaliação da eficiência técnica (RUGGIERO, 2000). Dessa forma, proporciona avaliações *ex post facto* da eficiência técnica relativa das realizações de gestão, que podem apoiar o planejamento de atividades futuras com base nas melhores práticas evidenciadas nos resultados de sua aplicação (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984).

Um estudo de revisão sistemática identificou que a avaliação de eficiência técnica, de forma abrangente, requer a formulação de um modelo que integre um conjunto de variáveis quantitativas e qualitativas dos hospitais (IMANI et al., 2022). A unidade de análise, *inputs*, *outputs* e variáveis explicativas usadas na concepção dos modelos devem ser, portanto, muito bem definidas (MEDIN et al., 2011).

Além da mudança de eficiência, é importante estudar a mudança técnica. Do ponto de vista da fronteira de produção, a mudança de eficiência revela como entidades podem melhorar sua performance ao adotar melhores práticas e otimizar o uso dos recursos disponíveis, aproximando-se da fronteira de produção. Isso é especialmente relevante em economias ou setores em desenvolvimento, onde o aproveitamento de tecnologias e métodos já existentes

pode gerar ganhos significativos. Por outro lado, a mudança técnica é igualmente crucial, pois representa avanços tecnológicos e inovações que expandem a fronteira de produção, permitindo que até as entidades mais eficientes aumentem sua capacidade produtiva. Ao analisar ambos os fenômenos, é possível identificar as principais fontes de crescimento e planejar políticas ou estratégias empresariais que promovam tanto o aumento da eficiência quanto o incentivo à inovação, maximizando assim o potencial produtivo a longo prazo.

Assim, uma avaliação adicional após a aplicação da DEA (que verifica se a produção é eficiente ou não) é avaliar como a eficiência da produção muda com o tempo, visto que as eficiências técnicas das DMUs também podem ser avaliadas entre si e com o tempo, produzindo uma análise dinâmica, em que os escores do Índice de Produtividade Total do Fator *Malmquist* (MTFP – *Malmquist Total Factor Productivity Index*) – denominado MI (*Malmquist Index*) nas análises realizadas nesta tese – resultam da multiplicação dos escores de mudança de eficiência (*ec* – *efficiency change*) pelos escores de mudança técnica (*tc* – *technical change*); altos valores para *ec* e *tc* representam que há alta produtividade econômica em termos de DMUs e, por meio da aplicação do MTFP, é possível saber qual medida de eficiência afeta a eficiência total, *ec* ou *tc* (BAĞCI; KONCA, 2021), o que é bastante valioso para este estudo em que foi possível capturar exatamente dados dos anos de 2019 e 2022, possibilitando uma visão pré e pós-pandemia da Covid-19, respectivamente.

Para dissertar de forma mais qualificada o tema da avaliação de eficiência técnica de hospitais de ensino, aborda-se, na sequência, o estado da arte da literatura nesse campo de pesquisa.

2.3 Estado da Arte sobre Avaliação de Eficiência Técnica em Hospitais de Ensino

A avaliação de eficiência técnica em hospitais, assim como em qualquer instituição requer a utilização de ferramentas e modelos específicos, e trata-se de uma tarefa complexa que exige a seleção de indicadores combinados para avaliar o desempenho hospitalar (JAFARI; SEYEDJAVADI; ZABOLI, 2020).

Obviamente, não se trata de assunto novo na literatura, porém, nota-se que a especialização dos modelos para avaliar eficiência técnica de hospitais de ensino, aliando diferentes dimensões com a dimensão de qualidade e econômico-financeira, por toda a sua importância discutida nos tópicos anteriores, ainda é um campo de pesquisa pouco explorado.

Por isso, nesta tese, dedicou-se tempo ao levantamento e discussão sobre o estado da arte acerca da avaliação de eficiência técnica de hospitais de ensino, na forma de um artigo de revisão integrativa apresentado na sequência, reunindo os principais modelos, técnicas, variáveis, resultados e lacunas de pesquisa sobre o campo de estudo.

No artigo a seguir apresentado, foram considerados artigos publicados entre 2011 e 20 de janeiro de 2023. Destaca-se, conforme apresentado na seção 2.3.1.3.5 sobre a coleta de dados que a busca nas bases de dados científicas resultou em 571 registros e, após uma triagem, 50 artigos foram revisados quanto à elegibilidade, restando 28 artigos. A trilha de decisão para seleção dos estudos incluídos na revisão está fundamentada no *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* – PRISMA (TRICCO et al., 2018).

2.3.1 *The Emergence of a Tailored Multidimensional Model for Evaluating Efficiency in Teaching Hospitals: Main Challenges and Proposition of a Theoretical Framework*¹

2.3.1.1 Abstract

Background: *Teaching hospitals serve as training grounds for students and residents across various specialties, while also providing more complex healthcare services that contribute to research production and advancements in health technologies. Considering all their functions,*

¹ Este capítulo se refere ao seguinte artigo, publicado na revista *Observatório de la Economía Latinoamericana*: ALMEIDA, J. P. L. de; MOREIRA, M. F.; PRATA, D. N.; BERMEJO, P. H. de S.; LEMOS, B. P. The emergence of a tailored multidimensional model for evaluating efficiency in teaching hospitals: main challenges and proposition of a theoretical framework. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, [S. l.], v. 22, n. 8, p. e6266, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n8-113. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/6266>. Acesso em: 9 sep. 2024.

the efficiency evaluation of these institutions warrants special attention in the literature. This study aims to review the existing literature, identify the main challenges faced by previous studies, and establish new guidelines to address flaws in models assessing teaching hospitals' efficiency.

Methods: *An integrative review was conducted across five major databases: Springer Link, Scopus, ScienceDirect, Web of Science, and Inderscience. The search yielded 384 records, and after removing duplicates and following PRISMA guidelines, 28 studies were deemed eligible for inclusion.*

Results: *The review reveals a scarcity of evaluation models specifically tailored to teaching hospitals. Data envelopment analysis is the most frequently used method in this field but exhibits several weaknesses. Key challenges identified include the lack of literature on the positive relationship between increased inputs and quality, proving the reliability of DEA, addressing its limitations in handling numerous input and output variables, improving communication with hospital managers, refining the categorization of healthcare professionals, and enhancing the understanding of productivity differences between medical residents and senior physicians.*

Conclusions: *We propose a theoretical framework to guide future studies on the efficiency assessment of teaching hospitals, emphasizing the need for a multidimensional approach. This model should incorporate economic-financial, quality, and educational dimensions, alongside commonly applied dimensions such as healthcare, staff, and physical and technological infrastructure. Moreover, the challenges pointed out based on the integrative review suggest a rich agenda for upcoming studies, encourage the development of management tools to assess efficiency in teaching hospitals and contribute to formulating an agenda to orient public policies related to efficient resource management in teaching hospitals and educational and health systems.*

Keywords: *efficiency; assessment; teaching hospitals; challenge; framework; multidimensional.*

2.3.1.2 Introduction

The growing complexity of hospital management drives the improvement of scientific instruments available to assess their organizational efficiency (LONGARAY et al., 2018). Most health services are provided in the public sector (MEDIN et al., 2011). The heavy burden of the health sector on the state budget arouses research interest in its efficiency (KIADALIRI; JAFARI; GERDTHAM, 2013). The study of hospital efficiency is currently one of the important research areas in health economics (DU et al., 2014).

The healthcare sector, including hospitals, is one of the five areas that most apply data envelopment analysis (DEA) to evaluate its efficiency (EMROUZNEJAD; YANG, 2018). More specifically, several studies apply DEA to measure the performance of public hospitals (ALATAWI; NIESSEN; KHAN, 2020; ARYA; YADAV, 2020; CHEN et al., 2020; KOCISOVA; HASS-SYMOTIUK; KLUDACZ-ALESSANDRI, 2018; TZENG; LU; LIN, 2021), as well as other models suitable for this purpose.

In the evaluation of teaching hospitals, different indicators may be involved in decision-making and performance evaluation (JAHANTIGH; OSTOVARE, 2020). Studies that apply efficiency measurement models in hospitals are very common. However, they appear to be rare when applied specifically to teaching hospitals, institutions designed to offer internships, practical experience, and research opportunities for students in many areas related to medicine (CHEN; LIN; HSIAO, 2021). These hospitals face additional management challenges such as budget constraints and low investments (JAHANTIGH; OSTOVARE, 2020).

According to Rosko et al. (2020), academic medical centres are less profitable than other hospitals due to their teaching and research missions and tend to be more expensive than other types of hospitals because they are tertiary care centres that attract more expensive treatment patients and medical students, interns, and residents.

Public and private teaching hospitals put much of their resources into clinical training and education for the benefit of students, implying that these institutions are likely to use a higher level of resources than non-teaching hospitals to produce the same production level (YILDIZ; HEBOYAN; KHAN, 2018).

Recent studies point to the incorporation of financial aspects as an agenda for the improvement of models for evaluating the efficiency of hospitals (CINAROGLU, 2021) and the quality dimension, to allow cost reductions to occur without compromising the quality of health services provided to patients (BERGER; SOMMERSTUTTER-REICHMANN; CZYPIONKA, 2020).

Thus, this study seeks to answer the following research questions: What is the state of the art of efficiency assessment models applied to teaching hospitals, and what are the challenges do they present for future studies? In this sense, we aim to contribute to the research gaps by reviewing the existing literature outlining the main challenges faced by previous studies when measuring the efficiency of teaching hospitals. Additionally, we propose a theoretical framework, based on inputs and outputs verified, to assist researchers in devising novel tailored multidimensional model for evaluating efficiency in teaching hospitals.

Given the shortage of studies applying integrative reviews in this research field, as evident from searches in prominent scientific databases, we present an integrative literature review to summarize the individual challenges outlined in previous studies and establish new guidelines (ELSBACH; VAN KNIPPENBERG, 2018) about the flaws on models to assess teaching hospitals' efficiency.

This study is organized as follows: Section 2 presents the methods, Section 3 provides the results and discussion of this integrative review, and presents the theoretical framework, and Section 4 concludes, and addresses the limitations of this study.

2.3.1.3 Methods

2.3.1.3.1 Review Process

In this study, we conduct an integrative literature review (ELSBACH; VAN KNIPPENBERG, 2018; POST et al., 2019). An integrative review is appropriate to offer valuable perspectives on the research field state of the art, proposing future research lines (CRONIN; GEORGE, 2020).

Considering papers published between 2011 and 20th January 2023, we develop the following research process: formulating the problem, searching the literature, gathering

information from studies, evaluating the quality of studies, analysing, and integrating the outcomes of studies, interpreting the evidence, and presenting the results (COOPER; HEDGES; VALENTINE, 2019). We follow the methodological path previously presented by Cross et al. (2019).

2.3.1.3.2 Review Questions

The research question is broken down into other secondary questions that contribute to the achievement of the objective of this study, namely:

1. Are there specific efficiency assessment models for teaching hospitals?
2. What are the main methods used to assess the efficiency of teaching hospitals?
3. What are the main indicators used?
4. What are the main results of the studies?
5. What are the main challenges for future research?

2.3.1.3.3 Literature Search Strategy

We conduct an integrative systematic and rigorous search across the electronic databases considered to encompass a wide-ranging multidisciplinary span of research: Springer Link, Scopus, ScienceDirect, Web of Science, and Inderscience.

This study initially considers keyword identification based on the assessment of the efficiency of teaching hospitals, seeking to showcase the range of the existing knowledge by uncovering a set of papers on the target research field (SEIFERT; SEIFERT; PROTOPAPPA-SIEKE, 2013; TORRACO, 2016).

Testing of keywords searches and templates began in July 2021. After this procedure, we selected the following keywords: assessment, performance, efficiency, technical efficiency, teaching hospitals, and university hospitals, applying the Boolean connectors AND, and OR to combine these search terms (Table 1).

Quadro 1 - Termos de busca.

Table 1 Search strings

Databases	Strings
Springer Link	Anywhere("technical efficiency" AND "teaching hospital" AND (measurement OR performance))
Scopus	TITLE-ABS-KEY (measurement AND efficiency AND ("university hospital" OR "teaching hospital")) AND PUBYEAR>2010 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English"))
ScienceDirect	Title, abstract or author-specified keywords (measurement) AND (efficiency) AND ("teaching hospital")
Web of Science	(((((AB=(measurement)) AND AB=(efficiency)) AND AB=("teaching hospital" OR "university hospital")))) OR (((TI=(measurement)) AND TI=(efficiency)) AND TI=("teaching hospital" OR "university hospital"))))
Inderscience	Anywhere(measurement AND efficiency AND ("teaching hospital" OR "university hospital"))

*ABS e AB: Abstract; DOCTYPE: Type of Document; KEY: Keywords; PUBYEAR: Publication Year; TI: Title.

2.3.1.3.4 Inclusion and Exclusion Criteria

Our search criteria incorporate studies on the assessment of teaching hospitals' efficiency published in English from 2011 to 20th January 2023. From the results, we selected research and review papers.

We only consider studies that evaluated the efficiency of teaching hospitals, however, theses, conference proceedings, and editorials were excluded. Duplicate studies were automatically verified and merged using the Mendeley tool. Inclusion and exclusion criteria are listed in Table 2. We use the impact factor classification by the Journal Citation Reports (Clarivate) as an exclusion criterion and, besides, as assessment of the publication quality. Two studies were excluded because their journals do not have any record in JCR Clarivate.

Quadro 2 - Critérios de inclusão e exclusão.

Table 2 Inclusion/exclusion criteria

Inclusion Criterion
1 Study published between 2011 to 20 th January 2023
2 Research and review papers
3 English language
4 Studies about the evaluation of teaching hospitals' efficiency (state-owned or private)
5 Studies that included teaching hospitals in their sample
6 Studies that evaluated hospital wide efficiency
Exclusion Criterion
7 Duplicated studies (Mendeley inspection and unification of the studies duplicated)
8 Non-English written papers
9 Gray literature
10 Studies that do not consider teaching hospital
11 Studies that evaluated the efficiency of specific departments
12 Studies that do not evaluated (inn)efficiency

2.3.1.3.5 Data Collection

The database search generated 571 records. After removing duplicates, 384 potential studies were identified. The authors screened the titles and abstracts of prospective papers and identified 114 studies. Through a deeper systematic process, 64 studies were removed leaving 50 for inclusion. All these studies were reviewed for eligibility, so 20 papers were excluded, leaving 28 papers. The decision trail for selecting included studies is shown in the PRISMA Flow Diagram (Figure 1).

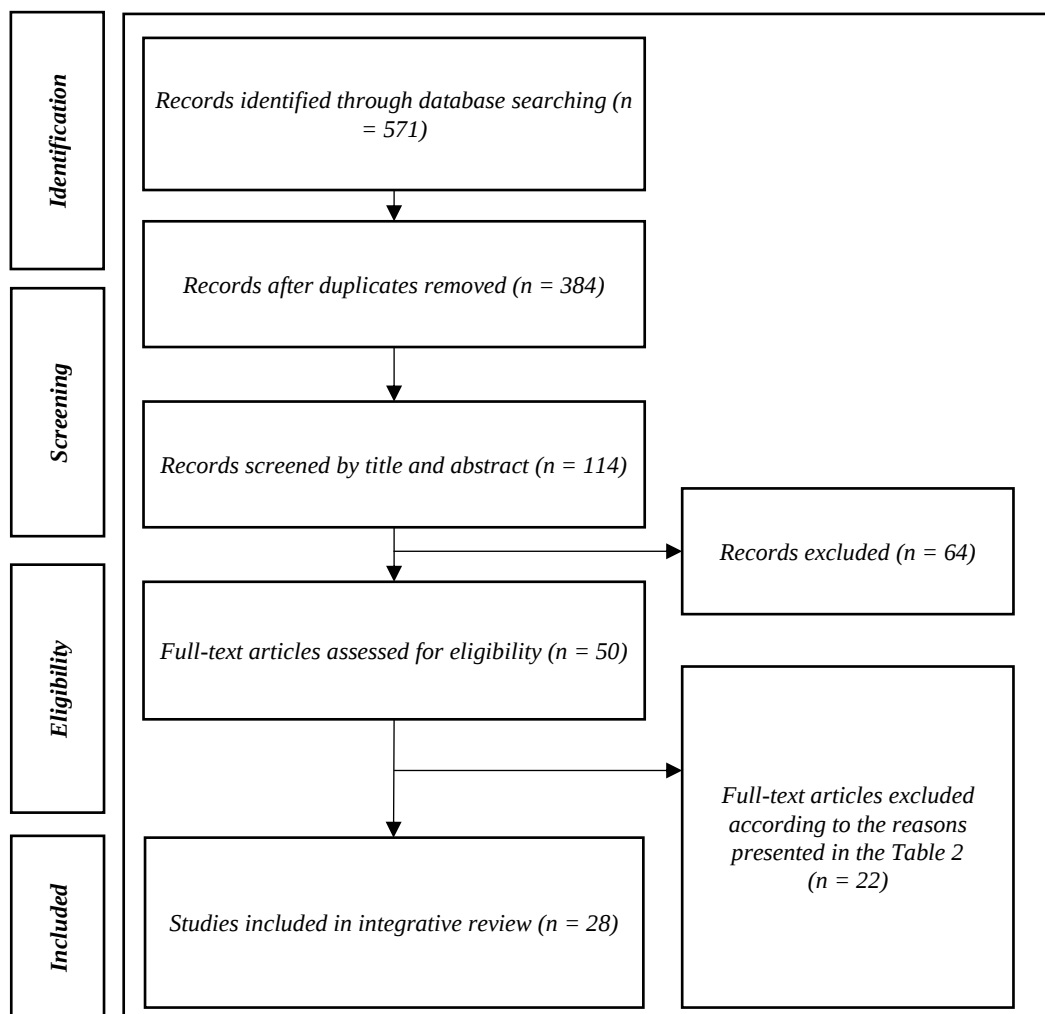


Fig 1 PRISMA Flow Diagram: decision trail for selecting included studies (CROSS et al., 2019)

Figura 1 - Diagrama do fluxo PRISMA: trilha de decisão para selecionar os estudos incluídos.

2.3.1.3.6 Data Extraction and Synthesis

A summary table was generated by synthesizing the data from the 28 included studies. Data extracted include author(s); year of publication; country of origin (based on the first author origin); the journal of publication; Journal Impact Factor based on Journal Citation Reports (JCR - Clarivate) and the number of citations, both extracted on 16th May 2024; and purpose of study (Table 3).

Quadro 3 - Resumo dos estudos revisados.

Table 3 Summary of the studies reviewed

Author	Year	Country	Journal	Impact Factor	Cited by...	The purpose of the paper was to...
Kohl, Schoenfelder, Fügner, and Brunner (2019, p. 245)	2019	Germany	Health Care Management Science	3.6	402	Review “papers of DEA applications in healthcare with special focus on hospitals and therefore closes a gap of over ten years that were not covered by existing review articles”.
Khushalani and Ozcan (2017, p. 15)	2017	USA	Socio-Economic Planning Sciences	6.1	149	Examine “efficiency of producing quality in hospitals between 2009 and 2013 using Dynamic Network data envelopment analysis (DEA) and the hospital characteristics that contribute to this efficiency.”
Mujasi, Asbu, and Puig-Junoy (2016, p. 1)	2016	South Africa	BMC Health Services Research	2.8	148	Explore “the technical efficiency of referral hospitals in Uganda during the 2012/2013 financial year”.
Du et al. (2014, p. 161)	2014	China	Annals of Operations Research	4.8	143	“Assess hospital efficiency”.
Jehu-Appiah et al. (2014, p. 1)	2014	Tunisia	Cost Effectiveness and Resource Allocation	2.3	139	“Measure and analyse the technical efficiency of district hospitals in Ghana”.
Özgen Narci, Ozcan, Şahin, Tarcan, and Narci (2015, p. 407)	2015	Turkey	Health Care Management Science	3.6	110	“Analyse the effect of competition on technical efficiency for the hospital industry in Turkey”.
Kiadaliri, Jafari, and Gerdtham (2013, p. 1)	2013	Sweden	BMC Health Services Research	2.8	104	“Review studies in the field of hospital efficiency and examine the estimated technical efficiency (TE) of Iranian hospitals”.
Simões and Marques (2011, p. 39)	2011	Portugal	Central European Journal of Operations Research	1.7	101	“Assess the performance of the Portuguese hospitals and particularly the contribution of the congestion effect”.
Ferrier and Trivitt (2013, p. 337)	2013	USA	Journal of Productivity Analysis	1.6	98	Use “double-DEA to assess how accounting for quality influences DEA technical efficiency scores of a sample of 1,074 US hospitals”.

Author	Year	Country	Journal		Impact Factor	Cited by...	The purpose of the paper was to...
Ali, Debela, and Bamud (2017, p. 1)	2017	Ethiopia	Health Review	Economics	2.4	77	Examine “the relative technical efficiency of 12 hospitals in Eastern Ethiopia.”
Xenos et al. (2017, p. 1)	2017	Greece	Cost Effectiveness and Resource Allocation		2.3	70	“Examine the dynamics of efficiency and productivity in Greek public hospitals during the first phase of the crisis 2009-2012”.
Medin et al. (2011, p. 509)	2011	Sweden	European Journal of Health Economics		4.4	69	Estimate “cost efficiency scores using the bootstrap bias corrected procedure, including variables for teaching and research, for the performance of university hospitals in the Nordic countries”.
Leleu, Al-Amin, Rosko, and Valdmanis (2018, p. 33)	2018	France	Health Services Management Research		2.1	59	“Use data envelopment analysis to measure hospital inefficiency in a way that accounts for patient outcomes and to study the association between organizational factors, such as hospital - physicians integration level and teaching status, and marketing competition with hospital inefficiency”.
Cinaroglu (2020, p. 325)	2020	Turkey	Health Management Science	Care	3.6	48	“Integrate k-means clustering with data envelopment analysis to examine technical efficiencies in public hospitals in Turkey”.
Ravaghi, Afshari, Isfahani, and Bêlorgeot (2019, p. 1)	2019	Iran	BMC Health Services Research		2.8	47	“Examine the sources of hospital inefficiency in the Eastern Mediterranean Region, and existing strategies tackling this issue”.
Hadji, Meyer, Melikeche, Escalon, and Degoulet (2014, p. 126)	2014	France	Journal of Medical Systems		5.3	40	Present “a systematic review of the relationships between hospital resources (...) and financial and activity outcomes (...)”.
Rosko et al. (2020, p. 359)	2020	USA	International Journal of Health Economics and Management		2.4	40	Examine “the relationship between hospital profitability and efficiency.”
Yoo et al. (2014, p. 507)	2014	South Korea	International Journal of Medical Informatics		4.9	39	Develop “a data warehouse (DW)-based clinical indicators (CI) monitoring system” to efficiently manage quality indicators.
Yildiz et al. (2018)	2018	Turkey	BMC Health Services Research		2.8	38	Attempt “to understand the technical efficiency of public and private hospitals in Turkey to better guide hospital reform”.
Gok and Sezen (2012, p. 2307)	2012	Turkey	Service Journal	Industries	9.4	31	Investigate “capacity-based inefficiency causes and the existence of any differences between the improvement

Author	Year	Country	Journal		Impact Factor	Cited by...	The purpose of the paper was to...
							processes of teaching and non-teaching hospitals”.
Matos, Ferreira, and Pedro (2021, p. 361)	2021	Portugal	Social Research	Indicators	3.1	30	Use “the Benefit of Doubt methodology alongside recent data about Portuguese public hospitals (2013–2017) to understand the factors that contribute to low performance and high indebtedness levels.”
Fixler, Paradi, and Yang (2014, p. 57)	2014	Canada	Health Management	Services Research	2.1	21	Employ “data envelopment analysis to develop a model of Canadian hospital production efficiency in collaboration with the Canadian Institute for Health Information”.
Schneider, Oppel, and Schreyögg (2020, p. 361)	2020	Germany	Health Management	Care Science	3.6	22	“Investigate the relationship between hospitals’ urgency characteristics and their efficiency”.
Nguyen and Zelenyuk (2021, p. 2795)	2021	Australia	Empirical Economics		3.2	16	“Explore the efficiency of different groups of hospitals in Queensland, Australia, focusing on teaching and non-teaching hospitals, by adapting the most recent developments on statistical analysis of aggregate efficiency”.
Peixoto, Musetti, and Mendonça (2018, p. 16)	2018	Brazil	Computers & Industrial Engineering		7.9	13	“Apply the multivariate analysis techniques of principal component (PCA) and clusters analysis in the performance measurement of Federal University Hospitals, aiming to contribute for the improving of Brazilian health care services.”
Perez-Villadóniga, Rodríguez-Alvarez, and Roibas (2022, p. 301)	2022	Spain	European Journal of Health Economics		4.4	5	Develop “a Translog modification, which implies the definition of the input “doctors” as a weighted sum of senior and resident physicians, where the weights are estimated from the empirical application.”
Zarrin (2023, p. 1)	2022	Germany	Health Management	Care Science	3.6	3	“Propose “an extended Slacks-Based Measure (SBM) DEA model to accommodate flexible”
Park, Sung, Kim, Lee, and Bae (2018, p. 247)	2018	South Korea	INFOR: Information Systems and Operational Research		1.3	3	Propose “a new DEA-based efficiency evaluation model that applies the positive relation between quality improvement and profits provision.”

2.3.1.4 Results and Discussion

In this section, we present and discuss, from the perspective of the 28 articles included in the integrative review, the 5 research questions, concluding with the proposition of an agenda for future research, and a theoretical framework on the variables to assess efficiency of teaching hospitals.

2.3.1.4.1 Studies Characteristics

Most of the studies included in this review were published in 2014 and 2018 and, regarding the origin of the papers, we observe that most studies have Turkey as the country of origin for the first author. Moreover, the journals that have the highest number of publications are as follows: Health Care Management Science (n = 5) and BMC Health Services Research (n = 4).

Furthermore, all research articles (n = 24) used secondary data to measure efficiency including teaching hospitals. Four studies are systematic reviews, also considered in this paper.

Based on the sample of research papers, we verify two groups of papers, those that consider only teaching hospitals to assess efficiency and those that consider general hospitals and teaching hospitals at the same time for this purpose. The third group of studies consists of review studies only.

2.3.1.4.2 Models to Assess the Efficiency of Teaching Hospitals

The set of 28 papers confirm that there are few specific models for measuring the efficiency of teaching hospitals. Most of the studies applies sample-based models that deal with hospitals (n = 19), including general, public, private, for-profit, and/or non-profit hospitals, as well as teaching hospitals.

All empirical studies (n = 24) in this review include teaching hospitals in their analyses. However, in this group, only five studies focus on measuring the efficiency of teaching hospitals exclusively. Regarding this set, three articles stand out not just for measuring efficiency considering only teaching hospitals in their sample but, unlike most, for using indicators specific to the reality of teaching.

In these studies, it was possible to verify that the ideal hospital scale to produce patient care is different from the ideal scale to produce teaching and research products, with significant differences in the cost efficiency of teaching hospitals when the variables of teaching and research are inserted in the analysis (MEDIN et al., 2011).

Based on this review, it is possible to note that most of the models applied to assess the efficiency of teaching hospitals represent a replication that strengthens the models and promotes advances in the results achieved in previous studies based on similar techniques. Often, these models as well as the selected indicators are generic to cover other types of hospitals in their samples, not only teaching hospitals (FIXLER; PARADI; YANG, 2014; SCHNEIDER; OPPEL; SCHREYÖGG, 2020).

Even in studies that focused on measuring efficiency exclusively in teaching hospitals, most of them observes a tendency to apply non-specific models and general indicators suitable for the reality of hospitals in general (PARK et al., 2018, 2020) except for three studies (MEDIN et al., 2011; PEIXOTO; MUSETTI; MENDONÇA, 2018; ZARRIN, 2023).

The research papers reviewed, for the most part (n = 19), applies data envelopment analysis (DEA), an adequate technique to estimate efficiency in various sectors such as universities, banks, and hospitals (HEYDARI; OMRANI; TAGHIZADEH, 2020).

The healthcare sector, including hospitals, is one of the five areas in which the DEA model is most applied to assess efficiency (EMROUZNEJAD; YANG, 2018). More specifically, several studies apply the DEA model to assess the performance of hospitals (ALATAWI; NIESSEN; KHAN, 2020; ARYA; YADAV, 2020; CHEN et al., 2020; KOCISOVA; HASS-SY MOTIUK; KLUDACZ-ALESSANDRI, 2018; TZENG; LU; LIN, 2021), as well as several techniques are integrated into the DEA model, providing its evolution.

A recurrent criticism of the model is about the process of choosing inputs and outputs (AGASISTI; WOLSZCZAK-DERLACZ, 2016; FUENTES; FUSTER; LILLO-BAÑULS, 2016).

The application of the DEA in the case of hospitals deals with a great variety of DEA models due to the lack of evidence that the traditional DEA models provide more reliable results than their variations (KOHL et al., 2019).

Considering the studies reviewed in the present paper based on the DEA model and its variations, we also verify the parallel application of the Malmquist Index, “which measures the change in the total factor productivity of DMUs [decision making units] in two periods of time” (AGASISTI; WOLSZCZAK-DERLACZ, 2016, p. 131).

It is important to highlight that the application of the DEA model using this index has already occurred in a set of studies reviewed (CINAROGLU, 2020; EMROUZNEJAD; YANG, 2018; GOK; SEZEN, 2012; KHUSHALANI; OZCAN, 2017; XENOS et al., 2017).

In addition, descriptive statistics, correlation analysis, multivariate analysis, regression analysis, cluster analysis, and other techniques are applied, in most studies, in complement to the DEA model.

A differentiated approach is the dynamic network DEA (DNDEA), a model that allows opening the black box established by the DEA when counting different efficiency scores for sub-units of a hospital (KHUSHALANI; OZCAN, 2017) in association with the Malmquist Index, in the wake of previous studies aimed at the hospital industry (GOK; SEZEN, 2012; MUJASI; ASBU; PUIG-JUNOY, 2016).

Given the limitations inherent in the DEA model, an alternative known as the Benefit of Doubt (BoD) model has been proposed, which permits a more expansive interpretation of the indicators (CHERCHYE et al., 2007) . However, it is important to note that the BoD model does not accommodate negative indicators, thus posing a limitation, particularly regarding economic and financial indicators (MATOS; FERREIRA; PEDRO, 2021).

Furthermore, it is important to emphasize that there are similarities between the methodological deficiencies presented by the studies and, especially, the adjustment for the quality of care and teaching activities of hospitals are poorly addressed (KIADALIRI; JAFARI; GERDTHAM, 2013).

2.3.1.4.3 Indicators to Assess the Efficiency of Teaching Hospitals

Most studies classified their indicators as inputs, outputs, explanatory variables and/or flexible measures in the set of papers reviewed. Only one paper applied the so-called flexible measures (ZARRIN, 2023), which can be used both as input and output.

In this section, we provide an overview of the variables found in the studies reviewed. Table 4 shows the variables applied and their frequency divided into 10 dimensions.

Quadro 4 - Dimensão e frequência das variáveis nos estudos revisados.

Table 4 Dimension and frequency of variables in the studies reviewed²

<i>Dimension</i>	<i>Variables type</i>	<i>Indicators</i>	<i>Frequency</i>
<i>Economic-financial</i>	<i>Inputs</i>	Capital expenses; drug and medical supply expenditure; expenditure; operating costs; operational expenses; other operational expenses; operating expenses per bed; teaching and research costs; expenses on sanitary material, food, clothing, fuels, and others; funds related to Ministry of Health specific projects	13
	<i>Outputs</i>	Total operating revenue; medical profit from the provision of medical treatment; resource intensity weight; drug expenses per standard patient; operating expenses per standard patient; personnel expenses per standard patient; standard patient per expenses with supplies and external services	7
	<i>Explanatory variables</i>	Income; operating margin; total margin; average payment period; current liability ratio; current ratio; equity ratio; operating leverage; operating margin; Return on Assets (ROA); Return on Equity (ROE); Return on Investment (ROI); Return on Sales (ROS); solvability	14
	<i>Flexible measures</i>	Third- party funding income	1
<i>Demographical</i>	<i>Inputs</i>	Not found	0
	<i>Outputs</i>	Not found	0
	<i>Explanatory variables</i>	% of the uninsured population in a province; education index; GDP per capita; life expectancy at birth; population density; population per km ² in a province; population size; unemployment rate; region; geographical location	13
	<i>Flexible measures</i>	Not found	0
<i>Healthcare</i>	<i>Inputs</i>	Bed days; case mix index; days of hospitalization; post-admission days	4

² Ver Apêndice A.

<i>Dimension</i>	<i>Variables type</i>	<i>Indicators</i>	<i>Frequency</i>
	Outputs	Admission: number of admissions; the number of admissions (no surgical) Cases: cases; case mix weighted inpatient episodes; emergency cases Discharges: adjusted inpatient discharges; inpatient/resident discharges and deaths; intensive-care discharges; non-intensive care discharges; case-mix adjusted discharges; discharged patients (including deaths) Diagnosis-Related Groups (DRG): DRG-adjusted medical hospital cases; DRG-adjusted surgical hospital cases Inpatient: average facility inpatient days; expected length of stay; inpatient days; number of inpatients Mortality: mortality rate: heart attack; mortality rate: heart failure; mortality rate: pneumonia Outpatient: outpatient cases; outpatient days; non-admitted occasions of service Patients: patients; daycare patients Readmission: readmission rate; readmission rate: knee; readmission hip; readmission: heart attack; readmission: heart failure; readmission: pneumonia Surgeries: inpatient and outpatient surgeries; surgical operations; surgeries Visits: emergency visits; the number of emergency room visits; outpatient surgical visits; outpatient visits; the number of other visits; inpatient surgical visits Other: deliveries; diagnostic procedures; laboratory services; the number of births; survival rate; bed utilization rate; bed turnover rate	62
	Explanatory variables	Average length of stay; bed occupancy rate; bed turnover; case mix index; clinical indicators; dispersion of medical urgency; DRG weight>5; efficiency score; Herfindahl index measuring the concentration of hospital discharges with a maximum value of four (general medicine, obstetrics, paediatrics, and surgery); Medicaid expansion state; Medicaid share of admissions; mortality rate; number of specialities treated in the hospital (Specialities) with a maximum value of four (general medicine, obstetrics, paediatrics, and surgery); occupancy rate; outlier days per discharge; outpatient visits as a proportion of inpatient days; outpatient visits to discharge ratio; outpatient visits to inpatient days ratio; patient experience indicators; the proportion of inpatients treated per medical doctor; safety indicators; inpatient bed occupancy rate; other performance indicators; caesarean section rate (without justification); outpatient surgeries on potential outpatient procedures; rate of inpatients staying for more than 30 days; rate of readmissions within 30 days after discharge; postoperative pulmonary embolism/ deep vein thrombosis rate; postoperative septicemia rate evaluates cases of sepsis; trauma on vaginal delivery (instrumented and non-instrumented) with lacerations of third and fourth degree; hip fracture surgery in the first 48 h; rate of first medical appointments within time; rate of surgeries within time; waiting time before surgery	38
	Flexible measures	Not found	0
	Inputs	Not found	0
Industry	Outputs	Not found	0
	Explanatory variables	Chain; competition; Herfindahl–Hirschman Index; the sum of the squared market shares of all hospitals in a given province, bounded by the values 0 and 1; the sum of the squared market shares of all hospitals within 15 miles, bounded by the values 0 and 1; system member; top managers' perceived degree of competition among general hospitals in the province where the hospital is situated, on a	8

Dimension	Variables type	Indicators	Frequency
Institution type		5-point Likert scale; top managers' perceived number of competitors in the province where the relevant hospital is situated	
	Flexible measures	Not found	0
	Inputs	Not found	0
	Outputs	Not found	0
	Explanatory variables	Academic medical centre; hospital type (teaching or non-teaching); status of being training and research hospital or university hospital; teaching status; hospital ownership type; ownership (public or private)	11
Physical and technological infrastructure	Flexible measures	Not found	0
	Inputs	Beds; Intensive Care Unit (ICU) beds; inpatient hospital beds; staffed beds within the hospitals; endowment of beds; type of equipment	18
	Outputs	Bed; ICU beds; number of X-Ray, Magnetic Resonance, Computed tomography, Electrocardiography, Doppler Dummy	3
	Explanatory variables	Hospital size	3
	Flexible measures	Not found	0
Quality	Inputs	Not found	0
	Outputs	Service level; medical service satisfaction	2
	Explanatory variables	Not found	0
	Flexible measures	Not found	0
Staff	Inputs	Administrative and clerical staff; administrative staff; assistant physician; care technicians (nurses, matrons, and others); clinical staff; domestic and other staff; diagnostic and health professionals; doctors; Full-Time Equivalent (FTE) employees licensed practical nurses; FTE non-physician; FTE nurses; FTE other labours; FTE physicians; FTE registered nurses; general practitioners; health staff; labour-medical staff; medical staff; medical officers; midwives; number of senior doctors; non-clinical staff; non-doctor clinicians; non-specialist physicians; nurse assistants; personal care staff; specialist physicians; specialists; staff; Service Recipient Workload Units	44
	Outputs	Doctors; the number of administrative staff; clinicians; standard patients per FTE doctor; standard patients per FTE nurses; standard patients per FTE doctor	5
	Explanatory variables	Physician per 1000 population in a province; the proportion of medical doctors to the total staff	2
	Flexible measures	Not found	0
Teaching and research	Inputs	Residents; medical residents; supervision of internship and residency (number of professors and administrative staff – doctors); trainees	4
	Outputs	Citations; Centre for Science and Technology Studies (CWTS) field normalized-citation score; share of top 5% publications; number of medical students; FTE interns; FTE residents; medical residency	7
	Explanatory variables	Not found	0
	Flexible measures	Number of graduates	1
Other	Inputs	Not found	0
	Outputs	Not found	0

<i>Dimension</i>	<i>Variables type</i>	<i>Indicators</i>	<i>Frequency</i>
	<i>Explanatory variables</i>	<i>Contract with Social Security Institution (SSI)</i>	<i>1</i>
	<i>Flexible measures</i>	<i>Not found</i>	<i>0</i>

In the set of inputs, we verify a greater occurrence of indicators related to personnel, which occurred 44 times (DU et al., 2014; FIXLER; PARADI; YANG, 2014; NGUYEN; ZELENYUK, 2021). Considering the function of teaching hospitals, the variables residents; medical residents; supervision of internship and residency (number of professors and administrative staff – doctors), and trainees are classified as teaching and research dimension.

A recent study showed that the contribution of resident physicians to the production of health services is greater than the consumption of inputs and, therefore, the number of resident physicians should be considered as an input. The results support the hypothesis that, on average, residents are less productive than senior physicians, and their relative productivity tends to decrease when the complexity of cases increases. It is estimated that the productivity of residents is, on average, 37% of the productivity of a senior physician (PEREZ-VILLADÓNIGA; RODRIGUEZ-ALVAREZ; ROIBAS, 2022).

Inputs related to physical and technological infrastructure are also very recurrent, especially the number of beds, which occurred 17 times (ALI; DEBELA; BAMUD, 2017; BAĞCI; KONCA, 2021; CINAROGLU, 2020; COLLAZO; RAMÍREZ URBANO; GONZÁLEZ-RIPOLL, 2015; DU et al., 2014; FERRIER; TRIVITT, 2013; GOK; SEZEN, 2012; JEHU-APPIAH et al., 2014; KHUSHALANI; OZCAN, 2017; LELEU et al., 2018; MUJASI; ASBU; PUIG-JUNOY, 2016; NGUYEN; ZELENYUK, 2021; ÖZGEN NARCI et al., 2015; PEREZ-VILLADÓNIGA; RODRIGUEZ-ALVAREZ; ROIBAS, 2022; SCHNEIDER; OPPEL; SCHREYÖGG, 2020; UNLER et al., 2016; XENOS et al., 2017; YILDIZ; HEBOYAN; KHAN, 2018; ZARRIN, 2023). In some cases, ICU (intensive care units) beds and inpatient beds are considered (YILDIZ; HEBOYAN; KHAN, 2018). Also, this dimension includes type of equipment, which occurred one time in only one study focused on teaching hospitals.

Particularly, teaching hospitals increase their ability to spend more resources on training and re-educating their medical staff, and high technology can help increase the operational efficiency of these hospitals (GOK; SEZEN, 2012). However, only one recent study, among those reviewed applied an input oriented to type of equipment (YILDIZ; HEBOYAN;

KHAN, 2018). There is, therefore, a broken path for future studies to consider inputs of this nature more strongly, especially to assess the efficiency of teaching hospitals, which depend on cutting-edge technology to develop their mission.

The economic-financial inputs, in turn, occurred 13 times (ALI; DEBELA; BAMUD, 2017; DU et al., 2014; JEHU-APPIAH et al., 2014; KHUSHALANI; OZCAN, 2017; MEDIN et al., 2011; NGUYEN; ZELENYUK, 2021; PEREZ-VILLADÓNIGA; RODRIGUEZ-ALVAREZ; ROIBAS, 2022; SIMÕES; MARQUES, 2011; XENOS et al., 2017), including three axes, namely: expenses (expenses; capital expenses; expenses with medicines and medical supplies; operating expenses; other operating expenses; operating expenses per bed; and expenses on sanitary material, food, clothing, fuels and others), funds related to Ministry of Health specific projects and costs (operating costs; and teaching and research costs).

Some input indicators of the hospital reality were also applied, however, not specific to teaching hospitals. In this set, we highlight the input case mix index (CMI) indicating a more complex and resource-intensive caseload, according to the California Health and Human Services Agency Open Data Portal (CALIFORNIA HEALTH AND HUMAN SERVICES AGENCY OPEN DATA PORTAL, 2021). It is included into healthcare dimension. This indicator is reinforced in the case of teaching hospitals (ROSKO; AL-AMIN; TAVAKOLI, 2020). Thus, hospitals with a greater number of CMI can dedicate time to the most adequate allocation of resident physicians to make better use of their productivity, considering teaching needs (PEREZ-VILLADÓNIGA; RODRIGUEZ-ALVAREZ; ROIBAS, 2022).

Turning to the outputs, we mostly observe those related to healthcare dimension, which appeared 62 times. Given the extent list, we highlight some groups into healthcare dimension. In this dimension, the number of visits, whether emergency room visits, surgical and outpatient visits, or other visits appeared 15 times (ALI; DEBELA; BAMUD, 2017; FERRIER; TRIVITT, 2013; FIXLER; PARADI; YANG, 2014; GOK; SEZEN, 2012; LELEU et al., 2018; MEDIN et al., 2011; MUJASI; ASBU; PUIG-JUNOY, 2016; ÖZGEN NARCI et al., 2015; PEREZ-VILLADÓNIGA; RODRIGUEZ-ALVAREZ; ROIBAS, 2022; SIMÕES; MARQUES, 2011), followed by indicators associated with surgeries, such as inpatient and outpatient surgeries, and the number of operations and/or surgeries, which occurred nine times in different studies (ALI; DEBELA; BAMUD, 2017; BAĞCI; KONCA, 2021; CINAROGLU, 2020; FERRIER;

TRIVITT, 2013; GOK; SEZEN, 2012; KHUSHALANI; OZCAN, 2017; LELEU et al., 2018; ÖZGEN NARCI et al., 2015).

Few articles, among those five focused only on teaching hospitals, approach specific outputs for the reality of these institutions. In this sense, we highlight some studies (MEDIN et al., 2011; PEIXOTO; MUSETTI; MENDONÇA, 2018) which dealt with both teaching staff-oriented indicators, as well as publication indicators (e.g. citations and main publications).

From a quality point of view, two outputs that may be of interest of the researchers are used, service level (service evaluation rating, including hospital brand recognition), and medical service satisfaction (inpatient/outside patient satisfaction with medical treatment and general hospitality, including waiting time, receiving procedure, environment, and staff courtesy), both indicators explicitly treated as service quality factors (PARK et al., 2018).

It is important to emphasize that other indicators, included in healthcare dimension, can also connote quality results, such as readmission rate, mortality rate, and survival rate (DU et al., 2014b; LELEU et al., 2018), which represents an improvement from previous studies that focused on the intermediate delivery of hospital production, that is, patient admissions, number of surgeries and other indicators (LELEU et al., 2018).

Some studies did not include variables about quality of health services, especially quality oriented input indicators (DORMANN et al., 2020; DU et al., 2014b).

Within the scope of economic-financial results, the following outputs are verified: total operating revenue (DU et al., 2014b), medical profit from the provision of medical treatment (PARK et al., 2018), and resource intensity weight (RIW) (FIXLER; PARADI; YANG, 2014). The last one is a resource allocation metric developed by the Canadian Institute for Health Information (CIHI) to estimate the expected resource intensity of each inpatient about the average inpatient cost (FIXLER; PARADI; YANG, 2014b).

Furthermore, we verify explanatory variables classified in the economic-financial, healthcare, physical and technological infrastructure, staff, demographical, industry, and institution type dimensions. Healthcare and economic-financial dimensions are the most recurrent in the case of explanatory variables. Also, we highlight the institution type dimension and the status variables that indicate the hospital type, widely used in studies involving both

teaching hospitals and other types of hospitals in their sample (ALI; DEBELA; BAMUD, 2017; BAĞCI; KONCA, 2021; MUJASI; ASBU; PUIG-JUNOY, 2016; NGUYEN; ZELENYUK, 2021; ROSKO; AL-AMIN; TAVAKOLI, 2020; SCHNEIDER; OPPEL; SCHREYÖGG, 2020; XENOS et al., 2017).

Only one study used flexible measures in their efficiency models (MATOS; FERREIRA; PEDRO, 2021).

2.3.1.4.4 Main Results of the Studies

Considering the studies reviewed, we can see some convergencies and divergencies in their results. We observe some studies demonstrating that teaching hospitals are the most efficient or one of the most efficient types (CINAROGLU, 2020; DU et al., 2014b; GOK; SEZEN, 2012; JEHU-APPIAH et al., 2014; LELEU et al., 2018; MASOOMPOUR et al., 2015; SIMÕES; MARQUES, 2011; YILDIZ; HEBOYAN; KHAN, 2018; YOO et al., 2014). However, other papers show the opposite (ALI; DEBELA; BAMUD, 2017; SCHNEIDER; OPPEL; SCHREYÖGG, 2020; XENOS et al., 2017).

Regarding the DEA model, one study pointed that teaching hospitals are significantly less efficient than non-teaching hospitals when considering constant returns to scale (CRS), and significantly more efficient when considering variable returns to scale (VRS) (NGUYEN; ZELENYUK, 2021). However, this affirmative cannot be confirmed based on the studies reviewed here.

The results of the studies confirm what we observe in this study, that DEA is the main method to estimate efficiency (HADJI et al., 2014; KIADALIRI; JAFARI; GERDTHAM, 2013; RAVAGHI et al., 2019), and the pooled estimate of mean technical efficiency was 0.846 (± 0.134) (KIADALIRI; JAFARI; GERDTHAM, 2013).

The VRS model has been chosen in 80% of the publications (KOHL et al., 2019). This is noticeable here, and, additionally, we can observe the application of the two basic models (CRS and VRS) and the comparison of results.

An important result demonstrated that “adding quality as an additional output accounts for some observed inefficiency and improves the efficiency of teaching hospitals more than non-

teaching hospitals” (FERRIER; TRIVITT, 2013). This comment makes the challenge of incorporating the quality dimension even greater for researchers, subject of the next section.

2.3.1.4.5 Main Challenges for Future Research

Recent studies point to the incorporation of economic-financial aspects (CINAROGLU, 2021) and the quality dimension as an agenda for improving hospital efficiency assessment models, to allow cost reductions to occur without compromising the quality of health services provided to patients (BERGER; SOMMERSGUTER-REICHMANN; CZYPIONKA, 2020).

From the point of view of the economic-financial dimension, the recommendation is to analyse the return on investment (ROI) (YOO et al., 2014). Looking at the variables inserted in the DNDEA model, also it is interesting to highlight the use of the input total operating expenses per bed to standardize expenses or larger hospitals would be penalized, however, this input is common in studies that do not incorporate the quality dimension (KHUSHALANI; OZCAN, 2017). And it is another challenge.

In this sense, it is important to cite that the literature does not contemplate the positive relationship between increased inputs and quality, but only the positive relationship between quality and profits, making it also a possible issue for future research (PARK et al., 2018).

A reviewed study recommended that forthcoming studies should address indicators that better represent quality, especially regarding process quality (ÖZGEN NARCI et al., 2015).

Considering the models applied to assess teaching hospitals’ efficiency, as already mentioned, it is recommendable to use the Malmquist Index (MUJASI; ASBU; PUIG-JUNOY, 2016), and the development of methods to prove the reliability of DEA models and closer communication with hospital managers, especially after performing a DEA analysis (KOHL et al., 2019).

In line with the development of the DEA model, from the application of the DNDEA, considered a different method compared to the other studies reviewed in this research, there is a wide range of research opportunities for those interested in observing hospital’s subunits (KHUSHALANI; OZCAN, 2017).

Another possible research is deep in the CRS and VRS comparison, when applied to assess teaching hospitals. More broadly, it is important to refine inputs and outputs that define the capacity variables; including the measure of the quality of care; considerate teaching hospitals and general hospitals in separate groups, and individual analysis of the characteristics of services in each hospital group; compare groups of teaching hospitals (PEIXOTO; MUSETTI; MENDONÇA, 2018); focus on technological, managerial and structural factors that affect hospital inefficiencies, such as control variables; and analyse operations management techniques that provide solutions to hospital inefficiencies (GOK; SEZEN, 2012). The inefficiency assesses shed light on the reallocation of resources (SHAQURA; GHOLAMI; AKBARI SARI, 2021).

From the point of view of the indicators used to assess the efficiency of hospitals, some limitations are pointed out. Among the inputs, several categories of healthcare professionals are grouped as medical staff due to the absence of a detailed analysis of personnel categories for all hospitals in the sample, which may hide differences in the composition of health professionals available in the different hospitals considered (MUJASI; ASBU; PUIG-JUNOY, 2016).

In addition, more research is needed to improve knowledge about the productivity of medical residents compared with that of senior physicians. The availability of data on the years of experience of medical residents would allow an accurate estimate of their contribution to hospital activity (MATOS; FERREIRA; PEDRO, 2021).

Besides, there is no definitive answer on how quality should be incorporated into efficiency studies, and despite including quality as an additional output responsible for some of the inefficiencies, it improves the efficiency of teaching hospitals more than other indicators (FERRIER; TRIVITT, 2013).

Furthermore, the most applied method for measuring the efficiency of teaching hospitals, Data Envelopment Analysis (DEA), does not perform well when handling numerous input and output variables, potentially resulting in a high number of efficient decision-making units (DMUs) (LABIJAK-KOWALSKA; KADZIŃSKI, 2021). Therefore, selecting the most pertinent dimensions and significant variables represents a fundamental challenge in this research field. In this regard, we propose a theoretical framework in the next section that

encompasses both dimensions and variables to facilitate research advancement in evaluating efficiency in teaching hospitals to address a customized multidimensional model.

2.3.1.4.6 Proposition of a Theoretical Framework for Assessing Technical Efficiency of Teaching Hospitals

The results present in the preceding sections have provided a catalogue of variables, classified into 10 dimensions, characterized by their frequency of application in measuring the performance of teaching hospitals across the reviewed studies.

Based on the arrangement of the theoretical target variables of input and output, the relationship between the variables observed in the reviewed articles was established, organized by level from 1 (most comprehensive) to 4 (most specific), providing the respective definitions of the identified variables when indicated in the reviewed articles. Highly specific variables were omitted to ensure the feasibility of the framework, and variables with the same meaning were unified into the most recurrent or clear form among the reviewed articles.

The theoretical framework, concerning the inputs and outputs along with their respective dimensions, is presented in Table 5. In total, six dimensions are informed, including physical and technological infrastructure, staff, economic-financial aspects, healthcare, teaching and research, and quality.

Quadro 5 - Framework teórico: variáveis de input e output.

Table 5 Theoretical framework: inputs and outputs variables

ID	Inputs	Dimension	Conceptual definitions
1	Beds	Physical and technological infrastructure	The number of beds is a measure of integer input value (BAĞCI; KONCA, 2021, p. 10).
1.1	Staffed beds within the hospital	Physical and technological infrastructure	They are beds regularly maintained - configured and staffed for use - for hospital care, typically fewer than the number of licensed/existing beds. (VILLA; KANE, 2013, p. 27).
1.2	Inpatient beds	Physical and technological infrastructure	Hospital inpatient beds accommodate formally hospitalized patients in a hospital for treatment and/or care, who remain at least one night in the hospital (BADNJEVIĆ; POKVIĆ, 2019, p. 498).
1.3	ICU beds	Physical and technological infrastructure	Patients placed in these beds have serious medical conditions, hence ICU beds are designed to provide the medical team with a practical and safe working area (BADNJEVIĆ; POKVIĆ, 2019, p. 499).
2	Staff	Staff	-
2.1	Clinical staff	Staff	-
2.1.1	Doctors/Physicians	Staff	-
2.1.1.1	Specialist physicians	Staff	-

ID	Inputs	Dimension	Conceptual definitions
2.1.1.2	Assistant physicians	Staff	-
2.1.1.3	Non-specialist physicians	Staff	-
2.1.2	Nurses	Staff	-
2.1.3	Care technicians	Staff	-
2.1.4	Midwives	Staff	They have acquired the education and qualifications necessary to be registered and/or legally licensed to practice the profession of midwifery, including both practicing and non-practicing midwives (WHO, 2024b).
2.2	Non-clinical staff	Staff	Non-clinical staff, typically comprised of the total number of administrators, receptionists, accountants, nutrition officers, etc. (JEHU-APPIAH et al., 2014, p. 3).
3	FTE of physicians, non-physicians, nurses, licensed practical nurses, and other professionals	Staff	The unit to measure employed individuals or students in a way that makes them comparable, even if they work a different number of hours per week, is called Full-Time Equivalent (FTE) (EUROSTAT, 2020).
4	Expenses	Economic-financial	Total recurring expenses, including staff salaries, pharmaceutical expenses, and costs associated with other goods and services (JEHU-APPIAH et al., 2014, p. 3).
4.1	Operational expenses	Economic-financial	Includes part of the personnel costs and other operating expenses (Other Operational Expenses – OOPEX) (SIMÕES; MARQUES, 2011).
4.1.1	Drug expenditure	Economic-financial	Demonstrates the hospital's pharmaceutical consumption (NGUYEN; ZELENYUK, 2021a)
4.1.2	Expenses on sanitary material, food, clothing, fuels, and others	Economic-financial	Demonstrates the consumption of sanitary materials, food, clothing, fuels, and others in millions of euros (NGUYEN; ZELENYUK, 2021a).
4.1.3	Other operational expenses	Economic-financial	Other Operational Expenses (OOPEX), which are measured through Operational Expenses (OPEX) by subtracting the portion of personnel costs (SIMÕES; MARQUES, 2011).
4.1.4	Operating expenses per bed	Economic-financial	An indicator used to standardize expenditures and not penalize hospitals with a larger number of beds (KHUSHALANI; OZCAN, 2017, p. 19)
4.2	Capital expenses	Economic-financial	Net assets (which include intangible assets, tangible assets, and financial assets) (SIMÕES; MARQUES, 2011).
5	Costs	Economic-financial	-
5.1	Operational costs	Economic-financial	Reflects the diversity, clinical complexity, and resource needs of all the hospital's patients. A higher CMI indicates a more complex and resource-intensive case load, according to the California Health and Human Services Agency Open Data Portal (MEDIN et al., 2011, p. 512)
5.2	Teaching and research costs	Economic-financial	-
6	Case Mix Index (CMI)	Healthcare	Operational costs are related to the production of patient care, and governmental budget allocations for teaching and research activities are included as inputs (CAIHHS, 2023).
7	Post-admission days	Healthcare	-
8	Inpatient days	Healthcare	Total sum of the number of days of stay for all inpatients, by specialty area at the teaching hospital facility (PEIXOTO; MUSETTI; MENDONÇA, 2018, p. 115).
9	Bed days	Healthcare	Measures the consecutive days that beds are available and staffed to provide services to inpatients and residents (FIXLER; PARADI; YANG, 2014, p. 60).
10	Residents	Teaching and research	-
10.1	Medical residents	Teaching and research	-
11	Supervision of internship and residency	Teaching and research	Refers to the number of medical supervisors for internship and residency programs active in the

ID	Inputs	Dimension	Conceptual definitions
			teaching hospital (PEIXOTO; MUSETTI; MENDONÇA, 2018, p. 115).
12	Trainees	Teaching and research	-
13	Type of equipment	Physical and technological infrastructure	Support equipment for medical procedures by category in the teaching hospital (PEIXOTO; MUSETTI; MENDONÇA, 2018, p. 115).
14	Service Recipient Workload Units (SRWU)	Staff	Time spent by the Unit Producing Personnel (UPP) performing hospital care activities. UPP refers to staff whose role is to undertake activities that contribute to fulfilling the service mandate of the functional hospital centre. SRWU (Standardized Relative Work Units) is a measure of the hospital's labour input in treating all types of patients (FIXLER; PARADI; YANG, 2014, p. 60).
15	Funds related to Ministry of Health specific projects	Economic-Financial	Funds transferred to the teaching hospitals by the Ministry of Health for projects aimed at structural investments to improve care, denominated in Brazilian reais (PEIXOTO, 2016, p. 116).
ID	Outputs	Dimension	Conceptual definitions
Input 1	Beds	Physical and technological infrastructure	The number of beds is an integer-valued input measure (BAĞCI; KONCA, 2021).
16	Bed utilization rate	Healthcare	It refers to an indicator related to the utilization of physical capacity (GOK; SEZEN, 2012, p. 2315).
17	Bed turnover rate	Healthcare	It refers to an indicator related to the utilization of physical capacity (GOK; SEZEN, 2012, p. 2315).
Input 2.1	Clinical staff	Staff	-
Input 2.2	Non-clinical staff	Staff	Non-clinical team typically composed of the total number of administrators, attendants, accountants, nutrition officers, etc (JEHU-APPIAH et al., 2014, p. 3)
18	Total operating revenue	Economic-Financial	-
19	Diagnosis-Related Groups (DRG)	Healthcare	The DRG was originally developed at Yale University in 1970 with the purpose of determining "hospital products" and measuring what is done in the hospital (QUENTIN et al., 2013).
20	Resource Intensity Weight (RIW)	Economic-Financial	Resource allocation metric developed by the Canadian Institute for Health Information (CIHI) to estimate the costs of acutely admitted patients and outpatient surgery cases (FIXLER; PARADI; YANG, 2014, p. 60).
21	Medical profit from the provision of medical treatment	Economic-Financial	-
22	Cases	Healthcare	-
23	Discharged patients	Healthcare	Total annual number of discharged patients (including deaths) (ÖZGEN NARCI et al., 2015, p. 411).
24	Deaths	Healthcare	-
25	Survival rate	Healthcare	A measure of health outcome quality in the set of output variables, creating value for the hospital and clinical providers and enhancing patient trust (DU et al., 2014, p. 161–162)
26	Mortality rate	Healthcare	-
27	Readmission rate	Healthcare	-
28	Outpatient visits	Healthcare	Measures the number of occasions during which service recipient activities are provided face-to-face or via videoconference to an outpatient (FIXLER; PARADI; YANG, 2014, p. 60).
29	Surgeries	Healthcare	-
30	Diagnostic procedures	Healthcare	Includes technical and diagnostic procedures such as blood tests, magnetic resonance imaging (MRI), computed tomography (CT) scans, and biochemical tests (XENOS et al., 2017).
30.1	Laboratory services	Healthcare	Total annual number of laboratory tests (JEHU-APPIAH et al., 2014, p. 3)

ID	Inputs	Dimension	Conceptual definitions
31	Number of admissions	Healthcare	-
32	Non-admitted occasions of service	Healthcare	Includes non-admissions of patients in both emergency and non-emergency services (NGUYEN; ZELENYUK, 2021a)
33	Number of inpatients	Healthcare	-
34	Patients	Healthcare	Total number of patient discharges adjusted for Case Mix with the Roemer index (XENOS et al., 2017)
35	Case Mix weighted inpatient episodes	Healthcare	These are inpatient episodes weighted by the Case Mix Index (CMI), calculated by multiplying the number of inpatient episodes in each Diagnosis-Related Group (DRG) by the DRG cost weight, and then summing to obtain the number of inpatient episodes weighted by Case Mix (NGUYEN; ZELENYUK, 2021a)
36	Average length of stay	Healthcare	A metric developed by the Canadian Institute for Health Information (CIHI) that represents an estimate of the typical length of stay for acute inpatient cases (FIXLER; PARADI; YANG, 2014, p. 60).
37	Average facility inpatient days	Healthcare	-
38	Number of births	Healthcare	-
39	FTE interns	Teaching and research	Full-Time Equivalent (FTE) workload for postgraduate medical students (MEDIN et al., 2011, p. 513).
Input 10	Residents	Teaching and research	-
40	Citations	Teaching and research	-
41	Centre for Science and Technology Studies (CWTS) field normalised-citation score	Teaching and research	Corresponds to the relative number of citations of publications from a specific unit compared to the global average of citations for publications of the same document type, age, and subject area (MEDIN et al., 2011, p. 513).
42	Share of top 5% publications	Teaching and research	-
43	Number of medical students	Teaching and research	The total number of undergraduate medical students enrolled and active in the hospital (ZARRIN, 2023, p. no number).
Input 13	Number of X-Ray, Magnetic Resonance, Computed tomography, Electrocardiography, Doppler Dummy	Physical and technological infrastructure	Support equipment for medical procedures categorized by type in the teaching hospital (PEIXOTO, 2016, p. 116).
44	Outpatient rooms	Healthcare	-
45	Medical service satisfaction	Quality	Satisfaction of inpatient/outpatient patients with medical treatment and overall hospitality, including waiting times, admission procedures, environment, and staff courtesy (PARK et al., 2018, p. 259)
46	Service level	Quality	Refers to the rating of service evaluation, including the hospital brand's recognition (PARK et al., 2018, p. 259).
47	Deliveries	Healthcare	Total annual number of deliveries (JEHU-APPIAH et al., 2014, p. 3).

The set of dimensions incorporates the recommendations presented at the beginning of this paper about the inclusion of economic-financial aspects and quality indicators, reinforced in the reviewed studies.

Moreover, this result addresses a pathway to the gap in a tailored multidimensional model for evaluating efficiency in teaching hospitals, providing a theoretical framework for

researchers in this field, based on the indicators observed in the literature. It is important to emphasize that all the six dimensions specified must be integrated into the upcoming evaluation models, considering the consistency of some dimensions (healthcare, physical and technological infrastructure, staff) and the novelty of others for the teaching hospitals reality (teaching and research, quality, and the combination of quality and economic-financial dimension).

2.3.1.5 Conclusion

This study aimed to review the existing literature outlining the main challenges faced by previous studies when measuring efficiency in teaching hospitals, pointing a direction for improvement of the efficiency assessment models in these institutions focused on health and educational results.

Then, an exhaustive examination of the extant literature was undertaken to elucidate the models utilized in evaluating the efficiency of teaching hospitals spanning the period from 2011 to 2023. A meticulous search across five prominent databases – Springer Link, Scopus, ScienceDirect, Web of Science, and Inderscience – yielded a pool of 571 studies, from which 28 were deemed pertinent for inclusion in our analysis.

The studies included in this review demonstrate that there are few specific models for measuring the efficiency of teaching hospitals. Notably, most of the studies surveyed applied models that dealt with hospitals broadly, including many types of hospitals, and teaching hospitals, comparing their efficiencies. Furthermore, it becomes evident that the models deployed to evaluate the efficiency of teaching hospitals predominantly constitute replicas, consolidating existing methodologies and fostering advancements from preceding studies leveraging akin techniques.

The current state of research indicates that the predominant method employed is data envelopment analysis (DEA), with various techniques being integrated into this model, thereby contributing to its advancement.

The utilization of context-specific variables within the realm of teaching hospitals is notably limited. There is a greater occurrence of inputs related to staff, while the most frequent outputs are associated with healthcare dimension.

Regarding the research gap that originated this paper, from a quality standpoint, we did not identify quality-oriented input indicators in the previously published papers. However, quality outputs were recognized, such as service level and medical service satisfaction (PARK et al., 2018), as well as readmission, mortality, and survival rates (DU et al., 2014b; LELEU et al., 2018), the last three considered healthcare indicators with some quality aspects.

Hadji et al. (2014) recommend the combination of economic-financial indicators and quality assessment. From the point of view of the financial dimension, the recommendation is to analyse the return on investment (ROI) (YOO et al., 2014). In the scope of the quality dimension, the challenges are to verify the positive relationship between increased inputs and quality (PARK et al., 2018) and observe the staff inputs from the point of view of the quality of the workforce (MUJASI; ASBU; PUIG-JUNOY, 2016).

This work presents a catalogue of indicators classified as inputs, outputs, explanatory variables, and flexible measures, grouped by dimensions, addressing the review question about the main variables applied to efficiency assessment models in studies involving teaching hospitals. The inputs and outputs indicators originated a theoretical framework capable of bolstering the proposition of a multidimensional model suitable for teaching hospitals, including the highly recommended dimension of quality and economic-financial aspects, along with the common dimensions already applied in the literature, and teaching and research indicators to reinforce the educational role of teaching hospitals.

However, it is noteworthy that only a small portion of the analysed studies exclusively evaluated the efficiency of teaching hospitals, which became a limitation of this study, since models and indicators adjusted to the specific reality of teaching hospitals are not observed in most articles included in this review.

Even so, it is recommended that future studies follow the recommendations of this paper by developing a specific model for the evaluation of teaching hospitals that combines the dimensions to target the previously reported limitations, and overcome the challenges imposed by the most common methods. Another recommendation, is to identify patterns and relationships among variables, reducing the dimensionality of the data by transforming them into a smaller set of uncorrelated principal components.

Statements and Declarations

Data Availability Statement: The data utilized in this study are derived from secondary sources, specifically from the articles reviewed. These sources are available in the respective journals and can be accessed through their original publications. The authors have ensured that the references to the sources are provided for transparency and reproducibility.

Ethics Statement: This study strictly adheres to ethical guidelines and standards in research. All data utilized in this research are derived from secondary sources, namely articles obtained through literature review. No primary data collection involving human subjects or animals was conducted for this study.

Acknowledgments: Brazilian Hospital Services Company (Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares – Ebserh); and Ministry of Education.

Competing Interests: The authors declare no conflicts of interest.

Funding: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

References

- 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, 2016.
- ALATAWI, A. D.; NIESSEN, L. W.; KHAN, J. A. M. Efficiency evaluation of public hospitals in Saudi Arabia: An application of data envelopment analysis. *BMJ Open*, v. 10, n. 1, 2020.
- ALI, M.; DEBELA, M.; BAMUD, T. Technical efficiency of selected hospitals in Eastern Ethiopia. *Health Economics Review*, v. 7, n. 1, p. 24, 20 dez. 2017.
- ARYA, A.; YADAV, S. P. Performance Efficiency of Public Health Sector Using Intuitionistic Fuzzy DEA. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, v. 28, n. 2, p. 289–315, 2020.
- BADNJEVIĆ, A.; POKVIĆ, L. G. Hospital beds. *Clinical Engineering Handbook, Second Edition*, p. 498–502, 2019.

BAGCI, H.; KONCA, M. *Evaluating the Technical Efficiency of Hospitals Providing Tertiary Health Care in Turkey: An Application Based on Data Envelopment Analysis*. *Hospital Topics*, v. 99, n. 2, p. 49–63, 3 abr. 2021.

BERGER, M.; SOMMERSTUTTER-REICHMANN, M.; CZYPIONKA, T. *Determinants of soft budget constraints: How public debt affects hospital performance in Austria*. *Social Science and Medicine*, v. 249, n. December 2019, p. 112855, 2020.

CAIHHS. *Case Mix Index*.

CALIFORNIA HEALTH AND HUMAN SERVICES AGENCY OPEN DATA PORTAL. *Case Mix Index*. Disponível em: <<https://data.chhs.ca.gov/dataset/case-mix-index>>.

CHEN, K.-C.; LIN, C.-I.; HSIAO, Y.-J. *Measuring the productivity growth and quality changes of teaching and non-teaching hospitals in Taiwan*. *RAIRO - Operations Research*, v. 55, p. S1823–S1831, 2021.

CHEN, Z. et al. *Technical efficiency of regional public hospitals in china based on the three-stage dea*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 24, p. 1–17, 2020.

CHERCHYE, L. et al. *An introduction to “benefit of the doubt” composite indicators*. *Social Indicators Research*, v. 82, n. 1, p. 111–145, 2007.

CINAROGLU, S. *Changes in hospital efficiency and size: An integrated propensity score matching with data envelopment analysis*. *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 76, n. June, p. 100960, 2021.

CINAROGLU, S. *Integrated k-means clustering with data envelopment analysis of public hospital efficiency*. *Health Care Management Science*, v. 23, n. 3, p. 325–338, 19 set. 2020.

COOPER, H.; HEDGES, L. V; VALENTINE, J. C. *The handbook of research synthesis and meta-analysis 2nd edition*. [s.l.: s.n.].

CRONIN, M. A.; GEORGE, E. *The Why and How of the Integrative Review*. *Organizational Research Methods*, v. 26, n. 1, p. 168–192, 6 jul. 2020.

CROSS, M. et al. *Benefits, barriers and enablers of mentoring female health academics: An integrative review. PLoS ONE*, v. 14, n. 4, p. 1–21, 2019.

DORMANN, H. et al. *Assessing healthcare service quality using routinely collected data: Linking information systems in emergency care. Journal of Medical Systems*, v. 44, n. 6, 2020.

DU, J. et al. *Incorporating health outcomes in Pennsylvania hospital efficiency: an additive super-efficiency DEA approach. Annals of Operations Research*, v. 221, n. 1, p. 161–172, 3 out. 2014.

ELSBACH, K. D.; VAN KNIPPENBERG, D. *The academy of management annals: Looking back, looking forward. Academy of Management Annals*, v. 12, n. 1, p. 1–4, 2018.

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

EUROSTAT. *Full-time equivalent (FTE)*.

FERRIER, G. D.; TRIVITT, J. S. *Incorporating quality into the measurement of hospital efficiency: a double DEA approach. Journal of Productivity Analysis*, v. 40, n. 3, p. 337–355, 10 dez. 2013.

FIXLER, T.; PARADI, J. C.; YANG, X. *A data envelopment analysis approach for measuring the efficiency of Canadian acute care hospitals. Health Services Management Research*, v. 27, n. 3–4, p. 57–69, 1 ago. 2014.

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, 2016.

GOK, S. M.; SEZEN, B. *Capacity inefficiencies of teaching and non-teaching hospitals. The Service Industries Journal*, v. 32, n. 14, p. 2307–2328, nov. 2012.

HADJI, B. et al. *Assessing the Relationships Between Hospital Resources and Activities: A Systematic Review. Journal of Medical Systems*, v. 38, n. 10, p. 127, 30 out. 2014.

- HEYDARI, C.; OMRANI, H.; TAGHIZADEH, R. A fully fuzzy network DEA-Range Adjusted Measure model for evaluating airlines efficiency: A case of Iran. *Journal of Air Transport Management*, v. 89, n. September, p. 101923, 2020.
- JAHANTIGH, F. F.; OSTOVARE, M. Application of a hybrid method for performance evaluation of teaching hospitals in Tehran. *Quality Management in Health Care*, v. 29, n. 4, p. 210–217, 2020.
- JEHU-APPIAH, C. et al. Ownership and technical efficiency of hospitals: evidence from Ghana using data envelopment analysis. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, v. 12, n. 1, p. 9, 2014.
- KHUSHALANI, J.; OZCAN, Y. A. Are hospitals producing quality care efficiently? An analysis using Dynamic Network Data Envelopment Analysis (DEA). *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 60, p. 15–23, dez. 2017.
- KIADALIRI, A. A.; JAFARI, M.; GERDTHAM, U.-G. Frontier-based techniques in measuring hospital efficiency in Iran: a systematic review and meta-regression analysis. *BMC Health Services Research*, v. 13, n. 1, p. 312, 15 dez. 2013.
- KOCISOVA, K.; HASS-SYMOTIUK, M.; KLUDACZ-ALESSANDRI, M. USE OF THE DEA METHOD TO VERIFY THE PERFORMANCE MODEL FOR HOSPITALS. *E+M Ekonomie a Management*, v. 21, n. 4, p. 125–140, 2018.
- KOHL, S. et al. The use of Data Envelopment Analysis (DEA) in healthcare with a focus on hospitals. *Health Care Management Science*, v. 22, n. 2, p. 245–286, 2019.
- LABIJAK-KOWALSKA, A.; KADZIŃSKI, M. Experimental comparison of results provided by ranking methods in Data Envelopment Analysis. *Expert Systems with Applications*, v. 173, p. 114739, 2021.
- LELEU, H. et al. A robust analysis of hospital efficiency and factors affecting variability. *Health Services Management Research*, v. 31, n. 1, p. 33–42, 9 fev. 2018.
- LONGARAY, A. et al. Using MCDA to evaluate the performance of the logistics process in public hospitals: the case of a Brazilian teaching hospital. *International Transactions in Operational Research*, v. 25, n. 1, p. 133–156, 2018.

- MATOS, R.; FERREIRA, D.; PEDRO, M. I. *Economic Analysis of Portuguese Public Hospitals Through the Construction of Quality, Efficiency, Access, and Financial Related Composite Indicators*. *Social Indicators Research*, v. 157, n. 1, p. 361–392, 10 ago. 2021.
- MEDIN, E. et al. *Cost efficiency of university hospitals in the Nordic countries: a cross-country analysis*. *The European Journal of Health Economics*, v. 12, n. 6, p. 509–519, 29 dez. 2011.
- MUJASI, P. N.; ASBU, E. Z.; PUIG-JUNOY, J. *How efficient are referral hospitals in Uganda? A data envelopment analysis and tobit regression approach*. *BMC Health Services Research*, v. 16, n. 1, p. 230, 8 dez. 2016.
- NGUYEN, B. H.; ZELENYUK, V. *Aggregate efficiency of industry and its groups: the case of Queensland public hospitals*. *Empirical Economics*, v. 60, n. 6, p. 2795–2836, 1 jun. 2021.
- ÖZGEN NARCI, H. et al. *An examination of competition and efficiency for hospital industry in Turkey*. *Health Care Management Science*, v. 18, n. 4, p. 407–418, 2015.
- PARK, J. et al. *A study on the quality-embedded efficiency measurement in DEA*. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, v. 56, n. 2, p. 247–263, 3 abr. 2018.
- PARK, Y. et al. *Clinician Interface Design for Effective Diabetic Data Visualization in Diabetes Care*. *Archives of Design Research*, v. 33, n. 4, p. 95–107, 2020.
- PEIXOTO, M. G. M. *Análise envoltória de dados e análise de componentes principais: uma proposta de medição do desempenho em organizações hospitalares sob a perspectiva dos Hospitais Universitários Federais do Brasil*. p. 232, 2016.
- PEIXOTO, M. G. M.; MUSETTI, M. A.; MENDONÇA, M. C. A. *Multivariate analysis techniques applied for the performance measurement of Federal University Hospitals of Brazil*. *Computers & Industrial Engineering*, v. 126, p. 16–29, dez. 2018.
- PEREZ-VILLADÓNIGA, M. J.; RODRIGUEZ-ALVAREZ, A.; ROIBAS, D. *The contribution of resident physicians to hospital productivity*. *The European Journal of Health Economics*, v. 23, n. 2, p. 301–312, 2022.
- POST, C. et al. *Advancing Theory with Review Articles **. 2019.

QUENTIN, W. et al. Hospital payment based on diagnosis-related groups differs in Europe and holds lessons for the united states. *Health Affairs*, v. 32, n. 4, p. 713–723, 2013.

RAVAGHI, H. et al. A systematic review on hospital inefficiency in the Eastern Mediterranean Region: sources and solutions. *BMC Health Services Research*, v. 19, n. 1, p. 830, 12 dez. 2019.

ROSKO, M.; AL-AMIN, M.; TAVAKOLI, M. Efficiency and profitability in US not-for-profit hospitals. *International Journal of Health Economics and Management*, v. 20, n. 4, p. 359–379, 20 dez. 2020.

SCHNEIDER, A. M.; OPPEL, E.-M.; SCHREYÖGG, J. Investigating the link between medical urgency and hospital efficiency – Insights from the German hospital market. *Health Care Management Science*, v. 23, n. 4, p. 649–660, 16 dez. 2020.

SEIFERT, D.; SEIFERT, R. W.; PROTOPAPPA-SIEKE, M. A review of trade credit literature: Opportunities for research in operations. *European Journal of Operational Research*, v. 231, n. 2, p. 245–256, 2013.

SHAQURA, I. I.; GHOLAMI, M.; AKBARI SARI, A. Assessment of public hospitals performance in Gaza governorates using the Pabón Lasso Model. *The International Journal of Health Planning and Management*, v. 36, n. 4, p. 1223–1235, 1 jul. 2021.

SIMÕES, P.; MARQUES, R. C. Performance and congestion analysis of the portuguese hospital services. *Central European Journal of Operations Research*, v. 19, n. 1, p. 39–63, 2011.

TORRACO, R. J. Writing Integrative Literature Reviews: Using the Past and Present to Explore the Future. *Human Resource Development Review*, v. 15, n. 4, p. 404–428, 2016.

TZENG, C.-F.; LU, C.-H.; LIN, C.-H. Community socioeconomic status and dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 3, p. 1–11, 2021.

VILLA, S.; KANE, N. Assessing the impact of privatizing public hospitals in three american states: Implications for universal health coverage. *Value in Health*, v. 16, n. 1 SUPPL., p. S24–S33, 2013.

WHO. Midwifery education and care.

XENOS, P. et al. *Efficiency and productivity assessment of public hospitals in Greece during the crisis period 2009–2012. Cost Effectiveness and Resource Allocation*, v. 15, n. 1, p. 6, 26 dez. 2017.

YILDIZ, M. S.; HEBOYAN, V.; KHAN, M. M. *Estimating technical efficiency of Turkish hospitals: Implications for hospital reform initiatives. BMC Health Services Research*, v. 18, n. 1, 2018.

YOO, S. et al. *Electronically implemented clinical indicators based on a data warehouse in a tertiary hospital: Its clinical benefit and effectiveness. International Journal of Medical Informatics*, v. 83, n. 7, p. 507–516, jul. 2014.

ZARRIN, M. *A mixed-integer slacks-based measure data envelopment analysis for efficiency measuring of German university hospitals. Health Care Management Science*, v. 26, n. 1, p. 138–160, 17 mar. 2023.

2.4 Impactos da Covid-19 nos Hospitais de Ensino: Do Cenário Mundial ao Contexto Brasileiro

Desde os primeiros registros de casos de Covid-19 no final de 2019, a pandemia causada pela doença teve um impacto global inédito, sendo que, até 11 de março de 2023, ocorreram mais de 759 milhões de casos confirmados e quase 6,9 milhões de mortes notificadas em decorrência da doença (WHO, 2023). Nesse período, o setor de saúde passou por uma elevação geral de custos, escassez de equipamentos de proteção individual e ventiladores pulmonares, além de número insuficiente de leitos de Unidade de Terapia Intensiva – UTI (NICOLA et al., 2020).

Além disso, a Covid-19 impactou o comportamento dos pacientes (XU et al., 2023), criando ainda o custo da reorganização do sistema de saúde pós-pandemia, já classificada como um problema global, considerando as estruturas constituídas para ampliar a capacidade de tratamento de pacientes com a doença (LOBO et al., 2022).

Do ponto de vista dos hospitais de ensino, a pandemia da Covid-19 trouxe impactos sem precedentes também para a educação médica (ALSOUFI et al., 2020), exigindo mudanças na gestão de recursos humanos, a fim de adequá-la ao cenário caótico com elevadíssimo nível de admissões e internações hospitalares (LOBO et al., 2022), bem como a reorganização da dinâmica dos currículos educacionais, incorporando, por exemplo, a telemedicina (FRANKLIN et al., 2021). Tecnologias como esta potencializaram a educação multiprofissional e baseada em competências, desenvolvendo mecanismos de gestão mais colaborativos e globalizados, permeado por alto nível de responsabilidade social (FRENK et al., 2022).

Há indícios em alguns estudos, para casos limitados de hospitais de ensino privados, de que a posição financeira dos hospitais de ensino se recuperou em 2021, passado o auge da pandemia, principalmente através de reduções no número de funcionários em tempo integral ajustado e do passivo; e por meio do aumento de receitas não operacionais, ficando, assim, evidentes algumas práticas para lidar melhor com momentos de crise como o período vivido com a Covid-19, tais como: buscar fontes alternativas de rendimento, melhorar as reservas financeiras, criar fluxos de receitas não operacionais e implementar eficiências operacionais para promover uma melhor resiliência financeira (LALANI et al., 2023). Tais medidas de

gestão podem aprimorar a análise de práticas desenvolvidas pelos hospitais de ensino *locus* do presente estudo.

Nesse sentido, é fundamental mencionar que os HUFs, ao reorganizarem o atendimento e promover condições para o enfrentamento da pandemia, desenvolveram medidas em cinco aspectos:

na assistência, destacou-se suspensão e/ou adiamento de consultas e atendimentos ambulatoriais, restrição e/ou suspensão de visitas e suspensão e/ou adiamento de cirurgias eletivas. Na gestão, as principais estratégias foram capacitação de profissionais para o manejo da Covid-19, contratação emergencial de profissionais da saúde e oferta de atendimento psicológico para os trabalhadores. Na extensão, a principal frente de atuação foi a elaboração de materiais educativos sobre medidas de prevenção. No campo do ensino e da pesquisa, houve suspensão de atividades relacionadas à graduação e pós-graduação, porém tiveram início novos projetos de pesquisa relacionados à Covid-19 (SANTOS et al., 2020).

Considerado o período pandêmico, em dezembro de 2020, o Brasil se tornou o país com a segunda maior carga de casos de Covid-19 no mundo (BIGONI et al., 2022). No terceiro trimestre de 2020, o país atingiu seu maior patamar de aumento dos leitos de UTI, aumentou empregos, principalmente, entre profissionais da área da saúde; mas, por outro lado, os serviços de saúde regrediram sobremaneira: as consultas médicas caíram cerca de 42,5%; as cirurgias de baixa e média complexidade reduziram em 59,7% e as cirurgias de alta complexidade 27,9%; os transplantes tiveram uma queda de 44,7%; e os partos caíram 12,6% (BIGONI et al., 2022). Além disso, a Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII) decorrente do coronavírus afetou o setor de saúde gerando protocolos de atendimento novos, escassez de materiais médico-hospitalares e leitos, elevação dos preços de mercado etc.

No caso dos HUFs brasileiros, logo em 2020, foram abertos créditos orçamentários extraordinários para enfrentamento da pandemia, aplicados para complementar o processo de contratação de profissionais de saúde por processo seletivo simplificado emergencial para reforçar o atendimento e acelerar as compras centralizadas – enfrentando o desafio de aquisição de material médico-hospitalar, mais escasso, e, conseqüentemente, mais inflacionado; promover adequação estrutural e tecnológica (aquisição e reativação de equipamentos, tais

como os ventiladores pulmonares), especialmente para comportar os novos protocolos de atendimento; além de garantir a adequação dos serviços de higienização, produção e distribuição de refeições, transporte de ambulâncias, gestão do enxoval e lavanderia e gestão dos resíduos, relativos à hotelaria hospitalar (BRASIL, 2020). Da perspectiva da pesquisa, houve importante investimento. Nove hospitais universitários da Rede Ebserh atuaram como centros de pesquisa destinados a realizar testes em larga escala de vacinas contra a Covid-19, contribuindo para os processos de avaliação de eficácia dos imunizantes (BRASIL, 2022a).

O ano de 2021 ainda exigiu a contratação de profissionais de forma emergencial pelos HUFs brasileiros e foram retomadas as contratações de profissionais efetivos; porém, em meados desse ano, o número de casos de internação por Covid-19 começou a diminuir, consequentemente, reduzindo as taxas de ocupação dos leitos de UTI destinados ao tratamento da doença de 89% para 50%, tornando a estrutura e a força de trabalho disponível para o enfrentamento da Covid-19 ociosa e possibilitando a retomada gradual das atividades eletivas nos HUFs brasileiros vinculados à Rede Ebserh (BRASIL, 2021a).

A pandemia de Covid-19 impactou a saúde de enfermeiros e demais profissionais da saúde (SILVA; NASCIMENTO; BOTELHO, 2023). Enfermeiros alocados em unidades dedicadas à Covid-19 perceberam a si mesmos e aos seus colegas de equipe emocionalmente exaustos, devido principalmente à instabilidade clínica e ao elevado número de óbitos de pacientes; e os profissionais de enfermagem não dedicados diretamente à Covid-19 também sofreram esgotamento emocional, considerando a elevada ocorrência de mudanças nas unidades de saúde (AMPOS et al., 2023).

Com o tempo, a redução de casos da doença permitiu a retomada das atividades e o restabelecimento gradual da rotina anterior à pandemia; porém, um novo desafio se estabeleceu para os HUFs nessa retomada: o alcance das metas pactuadas nos Instrumentos Formais de Contratualização (IFC) com o Gestor SUS local (BRASIL, 2022a). A aplicação de vacinas contra a Covid-19 foi iniciada em janeiro de 2021, mas dada a imunização gradual da população e as novas cepas ao longo desse processo, o país ainda enfrentou alguns picos da doença. Em fevereiro de 2022, o Brasil enfrentou o maior pico de casos reportados da doença (WHO, 2024a).

Finalizando, importa frisar que, mesmo após 05 maio de 2022, data do fim da declaração de ESPII emitida pela Organização Mundial de Saúde, a discussão das mudanças e implicações da pandemia para os hospitais de ensino ainda é crucial, isso porque há um consenso de que o mundo enfrentará outra pandemia no futuro (FRENK et al., 2022), o que corrobora a importância das investigações desenvolvidas nesta pesquisa.

3 MÉTODOS

Este capítulo aborda os métodos e técnicas adotados neste estudo, descrevendo a escolha dos procedimentos de acordo com os objetivos específicos de pesquisa. Organiza-se nas seções a seguir: caracterização da pesquisa; procedimentos metodológicos; contexto do estudo; técnicas de análise de dados aplicadas; proposição do modelo teórico-explicativo; e proposição do modelo operacional.

3.1 Caracterização da Pesquisa

Esta pesquisa é classificada como um estudo descritivo-explicativo, com abordagem quantitativa e recorte longitudinal. Trata-se de uma pesquisa aplicada e, quanto aos procedimentos, é enquadrada como experimental e bibliográfica. O tipo de método adotado neste trabalho é denominado método indutivo, pois os dados específicos podem gerar inferências mais amplas (MARCONI; LAKATOS, 2003).

3.2 Procedimentos Metodológicos

Para o alcance do propósito desta tese, primeiramente, foi realizada uma revisão integrativa, conforme apresentado na seção 2.3.1 do Capítulo 2 – Referencial Teórico, visando identificar os principais modelos, técnicas, variáveis e resultados sobre a avaliação da eficiência técnica de hospitais de ensino, e agendas de pesquisa presentes nos estudos analisados, culminando na proposição de um quadro ou *framework* teórico de variáveis aplicáveis à avaliação de eficiência de hospitais de ensino. Para tanto, foram realizadas buscas nas bases de dados *Scopus*, *ScienceDirect*, *Web of Science*, *Inderscience* e *Springer Link*, considerando o período entre 2011 e janeiro 2023. Complementarmente, foi desenvolvido o Referencial Teórico desta tese, buscando fornecer os alicerces conceituais para fomentar suficientemente as discussões abordadas nos Capítulos 4 e 5.

Com isso, este estudo propôs um modelo teórico-explicativo de avaliação de eficiência técnica, específico para hospitais públicos de ensino, que buscou equacionar parte das limitações e potencialidades identificadas nos estudos revisados, considerando o *framework* teórico apresentado na seção 2.3 em atendimento aos objetivos específicos 1 e 2. A proposição do modelo se deu a partir das seguintes etapas: i) organização de um quadro de operacionalização do *framework* teórico de avaliação de eficiência técnica de hospitais de

ensino; ii) solicitação de autorização para a realização do estudo envolvendo os HUFs vinculados à Ebserh por meio do Sistema Rede Pesquisa, instituído pela estatal; iii) verificação dos dados disponíveis e das variáveis de *proxy* para avaliação dos HUFs vinculados à Ebserh; e iv) proposição e teste de modelo para avaliação de eficiência técnica dos HUFs vinculados à Rede Ebserh com base em técnicas de estatística descritiva e análise multivariada.

O modelo teórico-explicativo de avaliação de eficiência de hospitais públicos de ensino foi testado considerando dados dos Hospitais Universitários Federais vinculados à Rede Ebserh para os exercícios de 2019 e 2022, em atendimento aos objetivos específicos 3 e 4. Os dados foram coletados para 37 hospitais universitários brasileiros, vinculados a Universidades Federais, ao longo de dois anos, pré e pós-pandemia (2019 e 2022, respectivamente), gerando insumos para uma análise de mudança da fronteira de eficiência técnica nesse período, constituindo um conjunto de dados de 74 observações ou Unidades de Tomada de Decisão (*Decision-Making Units* – DMUs). A Figura 2 detalha os procedimentos desta pesquisa. A seguir, definem-se mais detalhadamente as instituições *locus* da pesquisa.

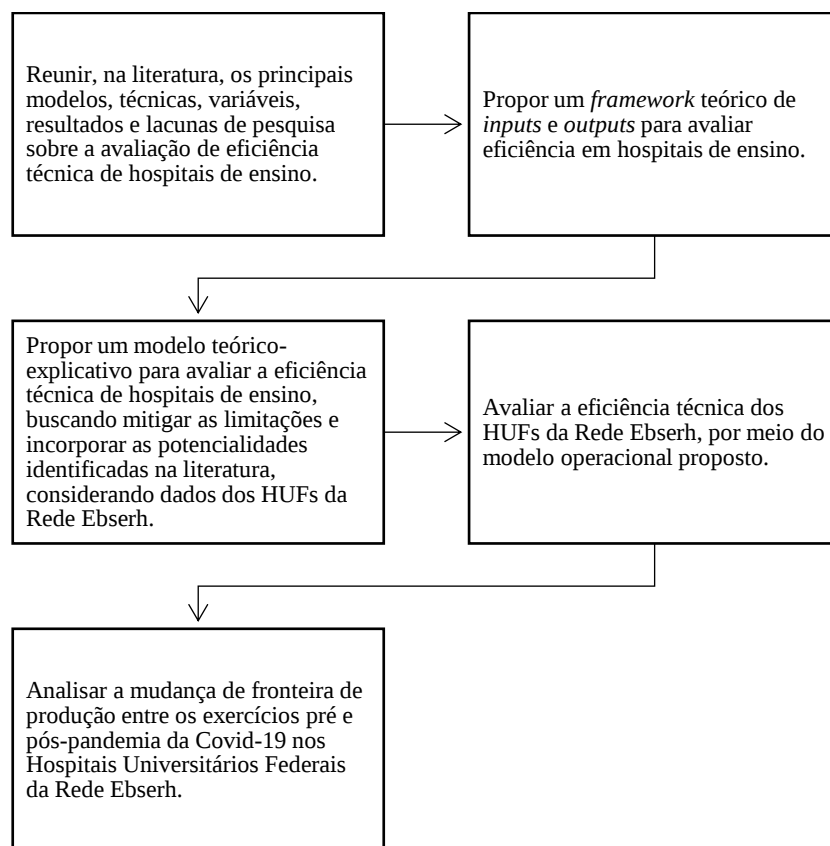


Figura 2 - Resumo dos procedimentos da pesquisa.

3.3 Contexto do Estudo

A Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (Ebserh) é uma empresa pública vinculada ao Ministério da Educação (MEC), criada por meio da Lei nº 12.550, de 15 de dezembro de 2011, com a finalidade de prestar serviços gratuitos de assistência médico-hospitalar, ambulatorial e de apoio diagnóstico e terapêutico à comunidade, assim como prestar às instituições públicas federais de ensino ou instituições congêneres serviços de apoio ao ensino, à pesquisa e à extensão, ao ensino-aprendizagem e à formação de pessoas no campo da saúde pública, respeitando a autonomia universitária (BRASIL, 2011b).

A empresa é responsável pela gestão de 45 Hospitais Universitários Federais – HUFs (à época do levantamento de dados eram 41 HUFs – ver ANEXO 1), que formam a Rede Ebserh, a maior rede de hospitais públicos do hemisfério sul, com atividades que unem educação e saúde, e atendimento 100% SUS, sendo integralmente dependente da União. Cada unidade hospitalar possui uma trajetória singular, nas unidades da federação onde se localizam e a estatal aproveita sua capilaridade para obter melhores resultados de ações conjuntas, fortes e coordenadas para materializar o seu propósito (BRASIL, 2022b).

Além da expressividade da Rede Ebserh no contexto brasileiro, já abordada no Capítulo 1, a escolha dos HUFs que a compõem, como *locus* desta pesquisa, considerou o propósito de produzir resultados aplicados para a estatal e, potencialmente, para unidades vinculadas diretamente ao MEC, uma vez que a oferta do Curso de Doutorado Profissional em Governança e Transformação Digital pela Universidade Federal do Tocantins (UFT) deu-se no âmbito da Pasta.

Apesar da Rede Ebserh ser composta por 45 HUFs, importa salientar que, nesta tese, foram considerados dados de 40 deles, visto que o Hospital Universitário da Universidade Federal do Amapá (HU-Unifap) entrou em funcionamento apenas em meados de 2022, não havendo, portanto, dados anuais consolidados para avaliar sua eficiência. Outros quatro hospitais foram incorporados após o segundo período analisado nesta tese.

Além disso, é importante mencionar que, desses 40 HUFs, seis deles formam três complexos hospitalares compostos por duas unidades cada um, a saber: Complexo Hospitalar da Universidade Federal do Ceará (CH-UFC), Complexo Hospitalar Universitário da Universidade Federal do Pará (CHU-UFPA) e Complexo do Hospital de Clínicas da

Universidade Federal do Paraná (CHC-UFPR). Assim, foram elencados dados para 34 unidades hospitalares e três complexos, somando 37 observações para os anos de 2019 e 2022, que serão avaliados por meio das técnicas abordadas na seção seguinte.

3.4 Técnicas de Análise de Dados Aplicadas

Conforme tratado no Capítulo 2, a DEA é uma técnica não-paramétrica de programação linear introduzida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) – a partir da reformulação de estudo anterior (FARRELL, 1957) – que mede a eficiência de qualquer Unidade de Tomada de Decisão, *Decision-Making Unit* ou DMU (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978). O método avalia as DMUs com base na classificação e em escores de 0 a 1, sendo que 1 identifica que a DMU é eficiente e a DMU com escore menor do que 1 é avaliada como ineficiente em relação às demais unidades com escore maior, sendo que as DMUs enfrentam a mesma fronteira de eficiência, independente do seu tamanho relativo (KYRATZI; TSAMADIAS; GIOKAS, 2015).

Há duas abordagens básicas ao se optar pela DEA: CCR (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978) e BCC (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984). A CCR é a abordagem mais tradicional, aplicada para medir eficiência institucional, usando otimização de programação matemática para generalizar a avaliação da eficiência técnica (GÖKŞEN; DOĞAN; ÖZKARABACAK, 2015). Esta abordagem compreende ineficiências técnicas e de escala por meio do valor ideal e foi desenvolvida para avaliar a eficiência relativa de DMUs econômicas homogêneas com múltiplas entradas e saídas, assumindo retornos constantes à escala (*Constant Returns to Scale* – CRS) em situações em que as saídas aumentam de forma proporcional ao aumento das entradas (AZIZ; JANOR; MAHADI, 2013). A abordagem CRS ajusta-se melhor a situações de amostras até 50 DMUs (BANKER; CHANG; COOPER, 1996; KOHL et al., 2019). Já a abordagem BCC, assume retornos variáveis à escala (*Variable Returns to Scale* – VRS), ajusta-se a situações em que os *outputs* não aumentam proporcionalmente com o aumento dos *inputs* e funciona melhor com tamanhos de amostra maiores de, no mínimo, 100 DMUs (AZIZ; JANOR; MAHADI, 2013; BANKER; CHANG; COOPER, 1996; KOHL et al., 2019). Na revisão integrativa conduzida no Capítulo 2, verificou-se ser comum a aplicação dos dois tipos de retornos à escala e a comparação de seus resultados.

Ainda, a DEA pode ser orientada à entrada ou à saída (*input/output-oriented*) e essa definição depende do objetivo da unidade de produção, minimizar o uso de insumos para

produzir o mesmo nível de produtos ou maximizar o nível de produtos para o mesmo nível de insumos (PASCOE et al., 2003). No presente estudo, optou-se pela aplicação do método orientado à entrada, devido à compreensão de que, no contexto dos HUFs brasileiros, os *inputs* são controlados pelos tomadores de decisão.

Apesar dos recursos serem limitados e terem se tornado ainda mais disputados no período de pandemia, sua alocação e a produção de um hospital universitário devem estar alinhadas com os serviços de assistência à saúde pactuados com o Gestor SUS local e com os resultados esperados de sua atuação como campo de prática. Nesse sentido, a receita SUS compõe parte importante do orçamento dos HUFs brasileiros que, em sua maioria, são remunerados por seu desempenho. A orçamentação parcial tem a vantagem de fortalecer a busca pela diminuição das despesas do hospital, pela eficiência e efetividade dos serviços prestados (MACÊDO et al., 2022; UGÁ, 2012). Apenas sete dos 37 hospitais participantes deste estudo contam com regime de orçamentação global, não vinculado à produção.

Neste estudo, foram consideradas 74 DMUs (observações de 37 HUFs em dois períodos) e foram selecionados 11 *inputs* e sete *outputs* inicialmente – o que será explicado, mais adiante, na seção 3.5 – somando 18 variáveis e já atendendo à recomendação de que a soma do número de *inputs* e *outputs* multiplicado por dois não deve exceder a quantidade de DMUs (KOHL et al., 2019). A fim de confirmar as variáveis componentes do modelo teórico-explicativo, foi aplicada uma técnica estatística de suporte a Análise de Componentes Principais ou *Principal Component Analysis* (PCA), uma técnica multivariada que ajudou a analisar as interrelações entre as 11 variáveis de entrada e as sete variáveis de saída, explicando-as em termos de componentes principais (HAIR et al., 2010).

A PCA foi escolhida por sua versatilidade na redução da dimensionalidade dos dados, permitindo transformar a tabela original de variáveis em um conjunto menor de componentes principais, que capturam a maior parte da variância das variáveis originais (GREENACRE et al., 2022). Isso possibilitou uma melhor compreensão das relações entre os fatores analisados e a construção de um modelo mais parcimonioso e robusto.

Para a aplicação da DEA, utilizou-se o ambiente de desenvolvimento *RStudio* (versão 2023.09.1+494), executando o *software* R (versão 4.3.1), com os pacotes principais *{deaR}* para

calcular DEA; *{productivity}* para calcular Índice de *Malmquist*; *{FactoMineR}* e *{factoextra}* para executar a Análise de Componentes Principais e gerar suas visualizações, respectivamente.

Em relação à DEA, foram consideradas as duas abordagens de retorno de escala (CRS e VRS), visto ser uma prática comum comparar seus resultados (KOHL et al., 2019). Em um segundo momento, as análises foram realizadas com base na abordagem DEA-CRS, pelas justificativas que serão apresentadas na seção 4.1.2, após a aplicação da técnica de Análise de Regressão Linear. Além disso, com o intuito de refinar a discussão dos resultados, os hospitais eficientes foram comparados com base nas variáveis explicativas ao longo da análise dos resultados (PEIXOTO; MUSETTI; MENDONÇA, 2018). Por fim, as lacunas de *inputs* e *outputs* para alcance de eficiência técnica relativa foram apresentadas e analisadas ao final da seção 4.1.2.

A DEA é uma técnica muito utilizada também de forma associada ao Índice de *Malmquist*, conforme tratado no Capítulo 2. Esta técnica mede mudanças no fator total de produção das DMUs em períodos distintos (AGASISTI; WOLSZCZAK-DERLACZ, 2016, p. 131) e sua aplicação é recomendada (MUJASI; ASBU; PUIG-JUNOY, 2016), tendo sido utilizada em alguns estudos internacionais (CINAROGLU, 2020; EMROUZNEJAD; YANG, 2018; GOK; SEZEN, 2012; KHUSHALANI; OZCAN, 2017; XENOS et al., 2017). Nesta pesquisa, será aplicado o índice observando-se dados de dois períodos, 2019, ano anterior à declaração do período de ESPII causado pela Covid-19, e 2022, ano em que foi declarado o encerramento do ESPII. O Quadro 6, a seguir, apresenta um resumo das etapas e técnicas propostas neste estudo:

Quadro 6 - Resumo das técnicas de coleta e análise de dados propostas para este estudo.

Técnicas de coleta de dados	Objetivos específicos	Fontes dos dados	Ferramentas utilizadas	Técnicas de análise de dados
Levantamento da produção científica.	1. Identificar variáveis e dimensões explicativas da eficiência técnica em hospitais de ensino para incorporá-las a modelos emergentes de avaliação	Bases de dados científicas.	Bases <i>Scopus</i> , <i>ScienceDirect</i> , <i>Web of Science</i> , <i>Inderscience</i> e <i>Springer Link</i> .	Revisão integrativa da literatura.
Levantamento da produção científica; e coleta de dados secundários.	2. Formular um modelo teórico-explicativo capaz de assimilar as variáveis de interesse.	Bases de dados científicas. Tesouro Gerencial; Cadastro Nacional de	<i>RStudio</i> ; e <i>Minitab</i> .	Análise das variáveis teóricas. Análise de aplicabilidade das variáveis teóricas para dados da Rede Ebserh; aplicação da

Técnicas de coleta de dados	Objetivos específicos	Fontes dos dados	Ferramentas utilizadas	Técnicas de análise de dados
	3. Testar empírica e estatisticamente a aderência dos dados à modelagem proposta.	Estabelecimentos de Saúde (CNES); e Painel de Informações Orçamentárias e Financeiras da Rede Ebserh.		medida de <i>Kaiser-Meyer-Olkin</i> (KMO); teste de esfericidade de <i>Bartlett</i> ; estatísticas descritivas; análise de correlação; Análise de Componentes Principais (PCA).
Coleta de dados secundários.	4. Analisar os resultados quantitativos da avaliação da eficiência técnica e da mudança de fronteira de produção, com o objetivo de gerar implicações gerenciais para os hospitais de ensino.	Tesouro Gerencial; Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES); e Painel de Informações Orçamentárias e Financeiras da Rede Ebserh.	RStudio; e Minitab.	Análise Envoltória de Dados (DEA) – CRS e VRS – orientado a <i>input</i> ; Regressão Linear; e Índice de <i>Malmquist</i> .

Fonte: elaborado pelo autor.

3.5 Operacionalização do *Framework* Teórico de Avaliação de Eficiência de Hospitais de Ensino nos HUFs da Rede Ebserh

Considerando o *framework* teórico apresentado no tópico 2.3 desta tese, foram analisadas e respondidas as seguintes questões, considerando os HUFs da Rede Ebserh: “há dados disponíveis?” para as variáveis catalogadas no *framework* e, se sim, “para quantos HUFs?”. O resultado dessa etapa consta do Apêndice B e contribuiu para a definição dos períodos considerados na análise de eficiência, quais sejam: 2019 e 2022. Não foram considerados anos anteriores, visto a falta de uma variável previamente avaliada como um diferencial para o modelo teórico-explicativo do ponto de vista da dimensão de qualidade, não verificada em estudos anteriores, a qualidade experiencial do residente representada nesta tese pela “nota da Pesquisa de Satisfação dos Residentes”, que será tratada na seção seguinte. Devido à pandemia da Covid-19, que impactou mais fortemente os exercícios de 2020 e 2021 e, conseqüentemente, dificultou a coleta de dados pelos hospitais, esses anos, considerados *outliers*, não foram selecionados.

Na sequência, foram detalhadas as variáveis disponíveis para os HUFs da Rede Ebserh, conforme apresentado no Apêndice B. Ao todo, foram catalogadas 26 variáveis de nível 1, nove variáveis de nível 2 e cinco variáveis de nível 3 – 40 variáveis ao todo – que foram avaliadas como potenciais variáveis para a composição do modelo teórico-explicativo a ser testado neste

estudo, considerando os dados disponíveis para os HUFs da Rede Ebserh, apresentadas no Quadro 7, na sequência.

Quadro 7 - Variáveis de operacionalização disponíveis para os HUFs da Rede Ebserh.

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
1. Número de leitos existentes	16. Taxa de ocupação hospitalar
1.1. Número de leitos ativos	17. Giro de leito
1.2. Número de leitos de internação	18. Valor de Receita SUS
1.3. Número de leitos de UTI	23. Número de altas
2. Número de colaboradores	24. Número de óbitos
2.1. Número de colaboradores da área assistencial	25. Taxa de sobrevivência
2.1.1. Número de médicos	26. Taxa de mortalidade institucional
2.1.2. Número de enfermeiros	28. Número de consultas
2.1.3. Número de técnicos de enfermagem	29. Número de cirurgias
2.2. Número de colaboradores da área administrativa	30. Número de exames
4. Valor de despesas	30.1. Número de exames laboratoriais
4.1. Valor de custeio da operação	31. Número de admissões
4.1.1. Valor de despesas com medicamentos	33. Número de internações
4.1.4. Valor do gasto por leito	34. Número de pacientes
4.2. Valor de despesas de investimento	38. Número de partos
6. Número de habilitações	42. Número de pesquisas/projetos
8. Tempo Médio de Permanência Hospitalar	43. Número de estudantes médicos
10. Número de residentes	44. Número de consultórios
10.1. Número de residentes médicos	45. Percentual de usuários satisfeitos com o atendimento
11. Número de preceptores médicos	
13. Número de equipamentos	

Fonte: elaborado pelo autor.

Vale ressaltar que o Quadro 7 apresenta o resultado da análise das variáveis teóricas-alvo propostas no *framework* disposto na seção 2.3 e sua disponibilidade, já considerando a variáveis de *proxy* determinadas, conforme demonstrado no Apêndice B. A numeração informada no Quadro 7 corresponde à numeração das variáveis apresentadas no artigo da seção 2.3. Ademais, foram adicionadas ao modelo três variáveis de nível 1, não encontradas na literatura, mas observadas nos hospitais da Rede Ebserh e potencialmente aderentes ao modelo. Essas variáveis ainda não constam do Quadro 7, porque, nesta etapa estão sendo tratadas apenas as variáveis de interesse apresentadas na literatura. Os constructos a serem incorporados serão detalhados e justificados na sequência.

3.5.1 Proposição do Modelo Teórico-Explicativo para Avaliar Eficiência Técnica nos Hospitais Universitários Federais da Rede Ebserh

Este estudo propõe um modelo teórico-explicativo com base em dados, em sua maioria, coletados por meio do Tesouro Gerencial e do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) consolidados pela Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (Ebserh) nos anos de

2019 e 2022, disponibilizados publicamente no Painel de Informações Orçamentárias e Financeiras da Rede Ebserh (BRASIL, 2023a) e, em alguns casos, disponibilizados diretamente pela Ebserh para a consecução desta pesquisa, que foi devidamente autorizada.

Para a proposição do modelo, alguns critérios foram considerados seguindo a agenda de pesquisa verificada no estudo apresentado na seção 2.3, abarcados nesta tese, quais sejam:

- i. incorporação de aspectos financeiros (CINAROGLU, 2021) e de qualidade (BERGER; SOMMERSGUTER-REICHMANN; CZYPIONKA, 2020);
- ii. refinamento dos *inputs* e *outputs* que definem a capacidade da unidade hospitalar, buscando fortalecer a dimensão estrutura física e tecnológica, e foco nos fatores tecnológicos, gerenciais e estruturais que afetam as ineficiências hospitalares;
- iii. uso da variável total de gasto por leito como *input* em estudos que incorporarem a dimensão de qualidade para padronizar despesas e não penalizar hospitais maiores (KHUSHALANI; OZCAN, 2017); e
- iv. foco em indicadores que evidenciem o aspecto de formação dos hospitais de ensino.

Considerando a natureza deste Doutorado Profissional, é relevante destacar que a seleção dos indicadores foi orientada não apenas pela revisão da literatura e pela identificação de lacunas de pesquisa, mas também pela *expertise* desta autora. Tal experiência foi desenvolvida ao longo de anos de atuação no monitoramento de informações e indicadores no setor de informações estratégicas e de desempenho dos Hospitais Universitários Federais (HUFs) da Rede Ebserh, contribuindo para a robustez e aplicabilidade do modelo proposto.

Dessa forma, à luz da literatura e considerando o arcabouço teórico apresentado na seção 2.3, e do ponto de vista operacional, apresentam-se nas subseções a seguir as variáveis propostas para compor o modelo teórico-explicativo, as quais serão selecionadas na seção 3.6, de acordo com sua capacidade de explicação estatística do modelo. As subseções 3.5.1.1 a 3.5.1.3 foram divididas, respectivamente, para tratar de *inputs*, *outputs* e variáveis explicativas.

3.5.1.1 Seleção dos Inputs do Modelo Teórico-Explicativo

Considerando todos os passos, desde a catalogação das variáveis até a verificação da capacidade de operacionalização com base nos dados existentes para Rede Ebserh, os *inputs* escolhidos para compor o modelo teórico-explicativo foram dispostos em quatro dimensões,

quais sejam: **dimensão infraestrutura física e tecnológica (Dim_i.f.t); staff (Dim_st); econômico-financeira (Dim_e.f); e ensino e pesquisa (Dim_e.p).** Ao todo, foram selecionados 11 *inputs*.

Para a **Dim_i.f.t**, foram selecionados os seguintes *inputs*: “número de leitos existentes” (LEX – variável 1), “número de equipamentos” (EQUIP – variável 13) e “número de consultórios” (CONSULT – variável 44). A variável LEX foi selecionada para desempenhar função de entrada, representando a capacidade instalada dos hospitais com potencial de restringir a produção e impactar os indicadores assistenciais. A variável EQUIP é uma *proxy* da variável “Tipo de Equipamento” (PEIXOTO, 2016, p. 115), formada pelo número de Equipamentos Médico-Hospitalares (EMHs), tais quais aparelhos de Raios-X, Ressonâncias Magnéticas, Eletrocardiógrafos etc. A variável CONSULT foi utilizada como *input* neste estudo, diferentemente da aplicação realizada em estudo anterior (ZARRIN, 2023), ao dar foco sobre a capacidade instalada, além de fortalecer a Dim_i.f.t, conforme a agenda identificada como critério ii da seção anterior.

As variáveis referentes ao *staff* (o equivalente a pessoal) foram agrupadas na **Dim_st**, sendo bastante disseminadas nos modelos de avaliação de eficiência de hospitais, inclusive, hospitais de ensino (ALMEIDA et al., 2024). Existe, porém um encadeamento entre as variáveis verificadas no Quadro 7, todas abrangidas pelo “número de colaboradores” (variáveis 2.1 a 2.2). Dessa forma, optou-se por buscar evidenciar as diferenças na composição dos profissionais de saúde disponíveis nos hospitais considerados, agenda de melhoria proposta em estudo anterior (MUJASI; ASBU; PUIG-JUNOY, 2016). Consequentemente, foram escolhidas as variáveis “número de colaboradores da área assistencial” (COLABASS – variável 2.1), “número de médicos” (MED – variável 2.1.1), “número de enfermeiros” (ENF – variável 2.1.2), “número de técnicos de enfermagem” (TECENF – variável 2.1.3) e “número de colaboradores da área administrativa” (COLABADM – variável 2.2), que demonstram a composição do quadro de pessoal de forma mais específica. A variável “número de colaboradores” seria o somatório das demais e muito geral e, por isso, não foi selecionada.

Do ponto de vista da **Dim_e.f.**, foi proposta a seleção das seguintes variáveis: “valor do gasto por leito” (GASTL – variável 4.1.4), de acordo com a recomendação disposta no critério iii de escolha das variáveis, que considera as despesas liquidadas, incluindo Restos a Pagar

(RAP) não processados e despesas com pessoal, conforme dado disponibilizado pela Ebserh. Nesse aspecto, esta pesquisa quebra o paradigma existente incorporando a dimensão de qualidade, aplicando a variável “valor do gasto por leito”, inclusive utilizada para padronizar os gastos; e “valor de despesas de investimento” (DESPIN – variável 4.2) – empenhadas, conforme dados disponibilizados pela Ebserh – buscando incorporar o que pode ser entendido com um fator determinante para o resultado do Retorno sobre o Investimento (ROI), recomendado para aplicação como *output* (YOO et al., 2014). Porém, neste estudo, não foi possível considerar o ROI como variável teórica-alvo, por indisponibilidade de dados.

Por fim, sendo que poucos estudos incorporam variáveis específicas à realidade dos hospitais orientados para o ensino (ALMEIDA et al., 2024), considerando o critério iv, é uma oportunidade aproveitada nesta tese a abordagem da **Dim_e.p**. Nessa dimensão, foi considerada a variável “número de residentes médicos” (RESMED – variável 10.1), tendo em vista a recomendação de sua aplicação como *input* devido à relevância da produtividade de um residente médico em relação à produtividade de um médico sênior, em torno de 37%, de acordo com estudo anterior (PEREZ-VILLADÓNIGA; RODRIGUEZ-ALVAREZ; ROIBAS, 2022).

3.5.1.2 Seleção dos *Outputs* do Modelo Teórico-Explicativo

No mesmo formato de análise dos *inputs*, os *outputs* foram dispostos também em quatro dimensões, quais sejam: **dimensão assistência à saúde (Dim_a.s)**; **econômico-financeira (Dim_e.f)**; **ensino e pesquisa (Dim_e.p)**; e **qualidade (Dim_quali)**, de forma que, na proposta do modelo teórico-explicativo, foram considerados sete *outputs*, ao todo.

Na **Dim_a.s**, foram selecionadas as seguintes variáveis de saída para o modelo a ser testado nesta pesquisa, “taxa de ocupação hospitalar” (TOH – variável 16), “giro de leito” (GL – variável 17) e “Unidade Relativa de Produção” (URP). As duas primeiras variáveis são indicadores clássicos da área hospitalar e têm uma vinculação direta com a variável LEX, selecionada como *input*. A URP foi usada por se tratar de padronização do valor dos serviços produzidos pelas principais linhas de atividades dos hospitais da Ebserh (BRASIL, 2023a). Trata-se de uma variável medida para os HUFs da Rede Ebserh, conforme verificado em seu Painel de Informações Orçamentárias e Financeiras, que considera a produção das seguintes linhas de atividades: internação cirúrgica, clínica, obstétrica, pediátrica, UTI, consultas, diálises, quimioterapia e urgências. De certa forma, esta variável não verificada na literatura,

mas importada da prática dos HUFs da Rede Ebserh, é *proxy* de outras variáveis frequentes nos estudos internacionais, tais como: “número de consultas” e “número de cirurgias”, os dois *outputs* que mais apareceram nos modelos revisados no estudo apresentado na seção 2.3.

Para a composição da **Dim_e.f**, foi selecionada a variável de *output* “Receita SUS” (RSUS) usada como uma *proxy* da variável teórica-alvo “receita operacional” (variável 18). O processo de contratualização dos HUFs com a gestão do Sistema Único de Saúde (SUS) é relativamente novo, no que se refere à pactuação de um instrumento formal, fortalecendo-se nos anos 2000, sendo que esses hospitais se diferenciam no processo de contratualização, por sua natureza formadora, não tendo a sua ação restrita ao componente assistencial (BRASIL, 2019). A contratualização é um processo em que o gestor municipal/estadual de saúde do SUS e o representante legal do hospital pactuam metas quantitativas e qualitativas de atenção à saúde e de gestão hospitalar, formalizadas por meio de um instrumento contratual que prevê a remuneração dos serviços prestados no âmbito do SUS, fundamental para a sustentabilidade dos sistemas de saúde no mundo (BRASIL, 2011a, 2023b).

Nesse sentido, a variável RSUS foi selecionada por sua função remuneratória, destacando-se, em compensação, a importância da capacidade do hospital universitário no controle de suas despesas para a prestação de serviços e desempenho de suas funções como campo de prática, bem como a pactuação de um bom instrumento de contratualização. Essa relação corrobora a seleção dos *inputs* e *outputs* no presente estudo.

Do ponto de vista da **Dim_e.p**, foi selecionada uma variável de *proxy*, dada a dificuldade para acesso aos dados de outras variáveis teóricas-alvo relevantes, quais sejam: “equivalência de carga-horária integral dos internos”, “número de citações” e “participação das principais publicações”. Por isso, foi considerada apenas a variável “número de estudantes médicos” (ESTMED – variável 43) – considerada um *output*, diferentemente da variável RESMED considerada *input*, pelos motivos já apresentados na seção anterior.

Por fim, foram definidas as variáveis da **Dim_quali**, para a qual foram consideradas duas variáveis, “percentual de usuários satisfeitos com o atendimento” (SATUS – variável 45), *proxy* da “satisfação com o serviço médico”; e “nota da Pesquisa de Satisfação dos Residentes” (SATRES), identificada como nova variável, não encontrada em outros estudos, mas disponível

para os HUFs da Rede Ebserh. Esta variável foi avaliada como adequada do ponto de vista da qualidade e do ensino e pesquisa, tornando-se, por esse motivo, um diferencial para o modelo.

Segundo Brasil (2023c), a 1ª Pesquisa de Satisfação dos Usuários SUS unificada para os hospitais da Rede Ebserh ocorreu em 2015 e a mais recente em 2022, considerando como público-alvo pacientes e familiares que utilizam os serviços ofertados nos HUFs no período avaliativo, a cada ano. Para medir esta variável, foi utilizado o percentual de usuários do SUS satisfeitos e muito satisfeitos com os serviços recebidos. No caso da Pesquisa de Satisfação dos Residentes, esta foi iniciada na Rede Ebserh em 2019, sendo o exercício de 2022 o 4º ano em que os residentes foram convidados a compartilhar com a gestão da Ebserh suas percepções sobre os hospitais. Para a finalidade da dimensão de qualidade, foi considerada a nota média do HUF atribuída por seus residentes. Ambas as pesquisas fazem emergir as percepções de seu público-alvo, auxiliando a avaliação de qualidade do ponto de vista experiencial (BRASIL, 2023c; SENOT et al., 2015), tanto do paciente, quanto do residente.

Vale destacar que a literatura normalmente não relaciona aumento de recursos com aumento de qualidade, mas sim, aumento de qualidade com elevação dos lucros (PARK et al., 2018), uma lacuna, portanto, tratada nesta pesquisa devido à própria natureza dos HUFs, que são 100% SUS, e, naturalmente, reforçam aquela relação. Assim, a avaliação da relação *inputs*-qualidade ganha relevância na proposição do modelo teórico-explicativo desta pesquisa.

3.5.1.3 Seleção das Variáveis Explicativas do Modelo Teórico-Explicativo

No caso das variáveis explicativas, foi realizada a seleção apenas daquelas variáveis mais aderentes à realidade dos HUFs da Rede Ebserh, assumindo uma premissa de que essas variáveis devem ser adotadas a depender do grupo de hospitais, seu país de origem e outros aspectos que podem influenciar a avaliação de eficiência entre as unidades hospitalares com base em agrupamentos. Assim, foram selecionadas as seguintes variáveis: “Nível de Complexidade” (NC), “distância do hospital da capital do estado” (DIST), “região” (REG) e “população do município” (POP).

Vale destacar que o NC é uma variável aplicada pela Rede Ebserh, porém, não observada entre as variáveis explicativas encontradas nos estudos analisados nesta pesquisa. O NC é uma variável categórica, disposta em seis níveis de acordo com o intervalo da pontuação

do HUF – a unidade é considerada mais estruturalmente complexa quanto maior for sua pontuação – e indica a complexidade da infraestrutura física e tecnológica instalada em operação nas unidades, por meio da ponderação dos componentes estruturais dos HUFs com base nas áreas geral, residências, serviços de urgência e emergência, cardiovascular, nefrologia, neurologia, ortopedia, oncologia e transplante (BRASIL, 2023a). Essa definição demonstra a relevância da variável para explicar melhor os resultados de eficiência dos HUFs.

O Quadro 8 caracteriza cada uma das variáveis propostas no modelo teórico-explicativo discutidas nesta seção, apresentando uma definição operacional, a unidade de medida e a fonte dos dados. O número de variáveis proposto no modelo será reduzido por meio da Análise de Componentes Principais, assunto da próxima seção.

Quadro 8 - Variáveis do modelo teórico-explicativo proposto neste estudo.

<i>Dimensão</i>	<i>Tipo de variável</i>	<i>ID(s)</i>	<i>Nome da proxy</i>	<i>Definição operacional</i>	<i>Unidade de medida</i>	<i>Fonte</i>
Estrutura física e tecnológica (Dim_i.f.t)	<i>Input</i>	1	Número de leitos existentes (LEX)	Os leitos hospitalares são classificados em: Leito de Internação; Leito Complementar de Internação; Leito de Hospital Dia; e Leito de Observação (BRASIL, 2017).	Número inteiro	Painel Orçamentário da Diretoria de Orçamento e Finanças - Portal da Ebserh
	<i>Input</i>	13	Número de equipamentos (EQUIP)	Formado pelo número de Equipamentos Médico-Hospitalares tais quais aparelhos de Raios-X, Ressonância Magnética, Eletrocardiógrafos etc.	Número inteiro	Dados disponibilizados pela Ebserh com base no CNES
	<i>Input</i>	45	Número de consultórios (CONSULT)	Número de consultórios disponíveis no HUF.	Número inteiro	Dados disponibilizados pela Ebserh com base no CNES
Staff (Dim_st)	<i>Input</i>	2.1	Número de colaboradores da área assistencial (COLABASS)	São os colaboradores regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e pelo Regime Jurídico Único (RJU) que atuam diretamente no cuidado assistencial. Não inclui colaboradores terceirizados, alunos, residentes, internos e nem pesquisadores. Inclui colaboradores da área assistencial RJU, RJU cedidos, comissionados, empregados efetivos e temporários.	Número inteiro	Dados disponibilizados pela Ebserh
	<i>Input</i>	2.1.1	Número de médicos (MED)	Colaboradores regidos pela CLT e pelo RJU que atuam como médicos (BRASIL, 2022b). Inclui médicos RJU, RJU cedidos, comissionados, empregados efetivos e temporários.	Número inteiro	Dados disponibilizados pela Ebserh
	<i>Input</i>	2.1.2	Número de enfermeiros (ENF)	Colaboradores regidos pela CLT e pelo RJU que atuam como enfermeiros. Inclui enfermeiros RJU, RJU cedidos, comissionados, empregados efetivos e temporários.	Número inteiro	Dados disponibilizados pela Ebserh
	<i>Input</i>	2.1.3	Número de técnicos de enfermagem (TECENF)	Colaboradores regidos pela CLT e pelo RJU que atuam como técnicos de enfermagem. Inclui técnicos de enfermagem RJU, RJU cedidos,	Número inteiro	Dados disponibilizados pela Ebserh

<i>Dimensão</i>	<i>Tipo de variável</i>	<i>ID(s)</i>	<i>Nome da proxy</i>	<i>Definição operacional</i>	<i>Unidade de medida</i>	<i>Fonte</i>
				comissionados, empregados efetivos e temporários.		
	<i>Input</i>	2.2	Número colaboradores da área administrativa (COLABADM)	Colaboradores regidos pela CLT e pelo RJU que ocupam cargos administrativos. Não inclui colaboradores terceirizados, alunos, residentes, internos e nem pesquisadores. Inclui colaboradores da área administrativa RJU, RJU cedidos, comissionados, empregados efetivos e temporários.	Número inteiro	Dados disponibilizados pela Ebserh
Econômico-financeira (Dim_e.f)	<i>Input</i>	4.1.4	Valor do gasto por leito (GASTL)	Gasto total por leito durante o ano, considerando despesa liquidada, incluindo RAP não processado e despesa de pessoal.	R\$ (reais)	Painel Orçamentário da Diretoria de Orçamento e Finanças - Portal da Ebserh
	<i>Input</i>	4.2	Valor das despesas de investimento (DESPIN)	É a despesa empenhada como investimento.	R\$ (reais)	Painel Orçamentário da Diretoria de Orçamento e Finanças - Portal da Ebserh
Ensino e Pesquisa (Dim_e.p)	<i>Input</i>	10.1	Número de residentes médicos (RESMED)	Inclui apenas o número de residentes dos programas de residência médica.	Número inteiro	Dados disponibilizados pela Ebserh
Assistência à Saúde (Dim_a.s)	<i>Output</i>	16	Taxa de ocupação hospitalar (TOH)	Relação percentual entre o número de pacientes-dia e o número de leitos-dia em determinado período, porém considerando-se para o cálculo dos leitos-dia no denominador os leitos instalados e constantes do cadastro do hospital, incluindo os leitos bloqueados e excluindo os leitos extras (BRASIL, 2002, p. 25).	% (percentual)	Dados disponibilizados pela Ebserh com base no CNES e SIH
	<i>Output</i>	17	Giro de leito (GL)	Mede a rotatividade do leito hospitalar no hospital.	Número decimal	Dados disponibilizados pela Ebserh com base no CNES e SIH
	<i>Output</i>	s/n	Unidade Relativa de Produção (URP)	Padronização do valor dos serviços produzidos pelas principais linhas de atividades dos hospitais da Ebserh, permitindo medir de forma homogênea o gasto hospitalar necessário para produzir 1 URP (equivalente a 1 internação em clínica médica)	Número inteiro	Painel Orçamentário da Diretoria de Orçamento e Finanças - Portal da Ebserh
Econômico-financeira (Dim_e.f)	<i>Output</i>	18	Valor da Receita SUS (RSUS)	É o valor recebido do Fundo Nacional de Saúde (FNS) – Ministério da Saúde em decorrência do Contrato SUS estabelecido entre o HUF e o Gestor Local da Rede de Atenção à Saúde (RAS) – despesa empenhada.	R\$ (reais)	Painel Orçamentário da Diretoria de Orçamento e Finanças - Portal da Ebserh
Ensino e Pesquisa (Dim_e.p)	<i>Output</i>	43	Número de estudantes médicos (ESTMED)	Número de pesquisas ou projetos iniciados no hospital durante o exercício.	Número inteiro	Dados disponibilizados pela Ebserh
Qualidade (Dim_quali)	<i>Output</i>	46	Percentual de usuários satisfeitos com o atendimento (SATSUS)	Média percentual de usuários que indicaram estar satisfeitos ou muito satisfeitos com o atendimento no hospital.	Número decimal	Pesquisa de Satisfação dos Usuários do SUS - Portal da Ebserh
	<i>Output</i>	s/n	Nota da Pesquisa de Satisfação dos	Nota geral do HUF com base na avaliação dos residentes.	Número decimal	Pesquisa de Satisfação dos

<i>Dimensão</i>	<i>Tipo de variável</i>	<i>ID(s)</i>	<i>Nome da proxy</i>	<i>Definição operacional</i>	<i>Unidade de medida</i>	<i>Fonte</i>
-	Variável explicativa	s/n	Residentes (SATRES) Nível de Complexidade (NC)	O Indicador de Complexidade Estrutural (ICE) indica a complexidade da infraestrutura física e tecnológica instalada em operação nas unidades. A mensuração é realizada ponderando os componentes estruturais dos HUFs, por meio da pontuação com base nas áreas geral, residências, serviço de urgência e emergência, cardiovascular, nefrologia, neurologia, ortopedia, oncologia e transplante. A unidade é considerada mais estruturalmente complexa quanto maior for sua pontuação. A partir do cálculo do ICE, é definido o Nível de Complexidade, disposto em seis níveis de acordo com o intervalo da pontuação do HUF (BRASIL, 2023a)	Número inteiro	Residentes - Portal da Ebserh Painel Orçamentário da Diretoria de Orçamento e Finanças - Portal da Ebserh
-	Variável explicativa	49	Distância do hospital da capital do estado (DIST)	Não se aplica	Km (quilômetros)	Google Maps
	Variável explicativa	50	Região (REG)	Não se aplica	Não se aplica	-
-	Variável explicativa	51	População do município (POP)	Não se aplica	Número inteiro	Censo 2022

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 3, apresenta-se o modelo teórico-explicativo que resume de forma mais objetiva as variáveis de *input* e *output* por dimensão apresentadas no Quadro 8, que serão consideradas para a definição do modelo operacional, tratado na próxima seção.

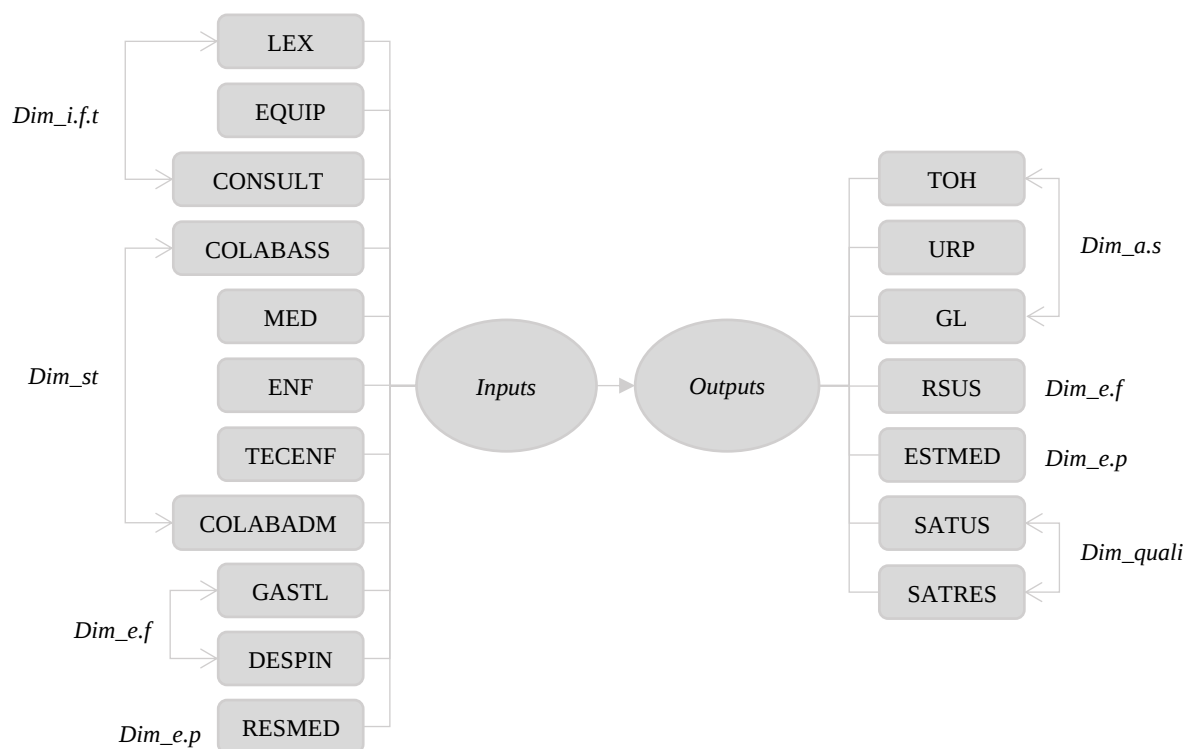


Figura 3 - Seleção dos *inputs* e *outputs* com base no modelo teórico-explicativo e variáveis disponíveis para os HUFs.

Fonte: elaborado pelo autor.

3.6 Definição do Modelo Operacional para Avaliar a Eficiência Técnica de Hospitais de Ensino com base em Dados dos HUFs

Considerando as variáveis propostas para composição do modelo teórico-explicativo, detalhadas no Quadro 7, para verificar a adequação dos dados dos Hospitais Universitários Federais da Rede Ebserh à realização da Análise de Componentes Principais (*Principal Component Analysis – PCA*), foram utilizados a medida de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO), tendo 0,50 como o patamar mínimo de adequabilidade e o teste de esfericidade de *Bartlett*, que deve ser estatisticamente significante, ou seja, $p\text{-valor } p < 0,05$ (HAIR et al., 2010).

Os dados relativos às variáveis de *input* e de *output* dos HUFs foram testados separadamente em dois grupos distintos, mostrando-se adequados para a análise a partir da aplicação da medida de KMO (KMO = 0,84 e 0,61, respectivamente). O resultado do teste de esfericidade de *Bartlett*, em ambos os casos, revelou um $p\text{-valor } p < 0,001$, demonstrando a

significância estatística dos dados. Tais testes verificaram a adequabilidade das matrizes de correlações de *inputs* e *outputs* e, nesse caso, concluiu-se que a Análise de Componentes Principais é útil para avaliar os dados dos HUFs aplicados nesta pesquisa.

Com a aplicação da Análise de Componentes Principais, as variáveis latentes foram extraídas com base nos autovalores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Sumário da aplicação da PCA para os 11 *inputs* com base nos dados dos HUFs.

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6
Autovalores	2,7717592	1,1090197	0,87059295	0,75591523	0,54011001	0,37391273
Proporção de variância	0,7079901	0,113343	0,06984679	0,05265776	0,02688318	0,01288418
Variância acumulada	0,7079901	0,8213331	0,89117985	0,94383761	0,97072079	0,98360497
	Comp.7	Comp.8	Comp.9	Comp.10	Comp.11	
Autovalores	0,247801824	0,226484462	0,198131727	0,156617646	0,037710013	
Proporção de variância	0,005658811	0,004727081	0,003617631	0,002260464	0,000131048	
Variância acumulada	0,989263777	0,993990858	0,997608488	0,999868952	1,000000000	

Fonte: elaborado pelo autor com base nos resultados verificados por meio da ferramenta R *Studio*.

No caso das variáveis de *input*, os componentes 1 e 2 (Comp. 1 e Comp.2) explicam 70,8% e 11,3% da variância, respectivamente, e, juntos, retêm 82,1% da variância, conforme apresentado na Tabela 1.

Dessa forma, para as variáveis de *input*, foram considerados os dois primeiros componentes, que apresentaram autovalores superiores a 1 e, observando apenas a matriz dos primeiros componentes e o maior autovetor de cada uma, foram selecionadas as variáveis COLABASS e GASTL (autovetores iguais a 0,353 e -0,772, respectivamente, em negrito, na Tabela 2).

Tabela 2 - Matriz dos primeiros componentes principais entre as 11 variáveis de *input* com base nos dados dos HUFs.

Variáveis	Comp.1	Comp.2
LEX	0,328	0,280
EQUIP	0,301	0,068
CONSULT	0,253	0,349
COLABASS	0,353	-0,053
MED	0,344	-0,041
ENF	0,345	-0,050
TECENF	0,349	-0,047
COLABADM	0,340	-0,071
GASTL	0,095	-0,772
DESPIN	0,155	-0,421
RESMED	0,327	0,087

Fonte: elaborado pelo autor com base nos resultados verificados por meio da ferramenta R *Studio*.

No caso das variáveis de *output*, os componentes 1, 2 e 3 (Comp. 1, Comp.2 e Comp.3) explicam 35,6%, 25,3% e 14,7% da variância, respectivamente, apresentando autovalores superiores a 1. Juntos, representam 75,7% da variância explicada, conforme destacado em negrito na Tabela 3.

Tabela 3 - Sumário da aplicação da PCA para os sete *outputs* com base nos dados dos HUFs.

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7
Desvio padrão	1,5680722	1,3226319	1,0095671	0,9267894	0,6463753	0,5722284	0,27164159
Proporção de variância	0,3560762	0,2533313	0,1475983	0,1243864	0,0605035	0,0474187	0,01068571
Variância acumulada	0,3560762	0,6094075	0,7570057	0,8813921	0,9418956	0,9893143	1,00000000

Fonte: elaborado pelo autor com base nos resultados verificados por meio da ferramenta R *Studio*.

Dessa forma, para as variáveis de *output*, foram considerados os três primeiros componentes e, observando a matriz desses componentes e o maior autovetor de cada uma, foram selecionadas as variáveis URP, GL e SATRES (autovetores iguais a 0,604, 0,653 e 0,762, respectivamente, destacados em negrito na Tabela 4).

Tabela 4 - Matriz dos primeiros componentes principais entre as sete variáveis de *output* com base nos dados dos HUFs.

Variáveis	Comp.1	Comp.2	Comp.3
TOH	0,194	0,620	0,042
GL	0,089	0,653	-0,039
URP	0,604	0,013	0,054
RSUS	0,596	-0,067	0,068
ESTMED	0,456	-0,289	0,171
SATUS	-0,115	0,278	0,615
SATRES	-0,112	-0,156	0,762

Fonte: elaborado pelo autor com base nos resultados verificados por meio da ferramenta R *Studio*.

Assim, a partir dos resultados da Análise de Componentes Principais, foi possível reduzir o modelo teórico-explicativo proposto inicialmente com 18 variáveis (11 *inputs* e 7 *outputs*) a um quantitativo mais restrito e, mesmo assim, representativo, considerando, ao todo, cinco variáveis, sendo duas variáveis de *input* e três variáveis de *output*, conforme apresentado na Figura 4, que traz o chamado modelo operacional.

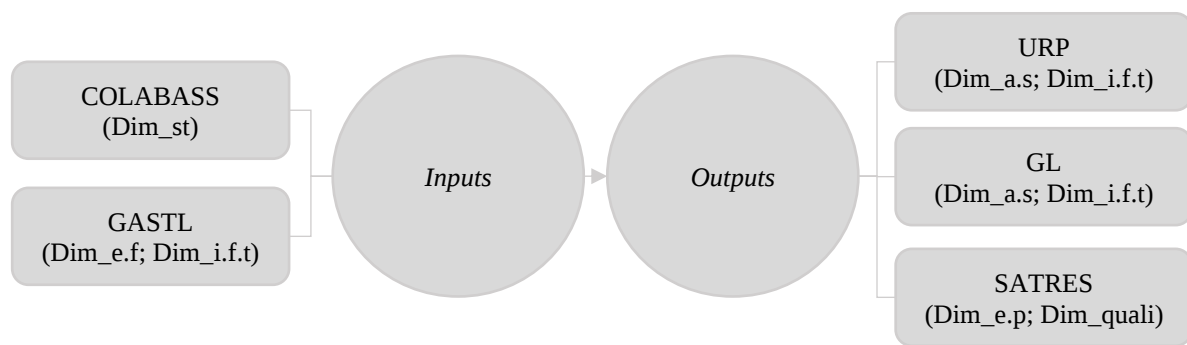


Figura 4 - Seleção dos *inputs* e *outputs* com base na aplicação da PCA – modelo operacional e dados dos HUFs.

Fonte: elaborado pelo autor.

Importa destacar que o modelo operacional sustenta os pressupostos iniciais de incorporação de indicadores econômico-financeiros, representada pela variável “valor do gasto por leito” (GASTL), que de forma indireta absorve também a proposta de incorporação de indicadores de infraestrutura física e tecnológica, a partir do entendimento de que o indicador é formado pelo denominador “número de leitos existentes” (LEX), que consta da dimensão infraestrutura física e tecnológica (Dim_i.f.t.).

As variáveis de *output* URP e GL também reforçam as variáveis da Dim_i.f.t, uma vez que seus resultados dependem da capacidade instalada das unidades hospitalares. Além de incorporar um indicador específico da realidade dos hospitais de ensino, o modelo incorpora a dimensão de qualidade por meio da variável “nota da Pesquisa de Satisfação dos Residentes” (SATRES), a única variável que apresenta dados resultantes da percepção de indivíduos, do ponto de vista experiencial, resultantes da aplicação de questionário para medir satisfação.

Assim, no sentido de contribuir para a superação da sensibilidade da DEA em relação à quantidade de variáveis e direcionar as lacunas que fundamentaram este estudo – quais sejam: considerar variáveis de ensino, econômico-financeiras e ponderar a dimensão de qualidade (ALMEIDA et al., 2024; BERGER; SOMMERSGUTER-REICHMANN; CZYPIONKA, 2020; CINAROGLU, 2021) – por meio da combinação da Análise de Componentes Principais, foi possível aumentar a amplitude de cobertura da modelagem de avaliação de eficiência técnica para hospitais de ensino, visto que o modelo operacional contempla as seguintes dimensões:

staff, representada pelo *input* COLABASS; econômico-financeira, representada pelo *input* GASTL; assistência à saúde, representada pelos *outputs* URP e GL; e qualidade, representada pelo *output* SATRES, que também enfatiza a dimensão de ensino, conforme já mencionado; além de guardar relação indireta com a dimensão infraestrutura física (PROSS et al., 2018). Além disso, o modelo teórico-explicativo promove a relação *input*-qualidade, pouco explorada (PROSS et al., 2018) e, mais do que isso, proporciona o relacionamento entre GASTL e qualidade (KHUSHALANI; OZCAN, 2017).

A partir desse momento, todas as técnicas aplicadas nesta pesquisa consideram o modelo operacional apresentado na Figura 4. Os dados aplicados estão disponíveis no Apêndice C.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Capítulo 4 trata dos resultados e discussões em duas seções. As seções, 4.1 e 4.2, abordam os resultados da aplicação do modelo operacional de avaliação de eficiência técnica de hospitais proposto nesta tese, revelando os escores apurados por meio da aplicação da DEA e do Índice de *Malmquist*, respectivamente. As discussões são efetuadas em cada seção.

4.1 Avaliação da Eficiência dos HUFs com Base no Modelo Operacional

Neste estudo, foram consideradas 37 DMUs (observações de 37 HUFs) em dois exercícios, quais sejam: 2019 e 2022, totalizando a observação de 74 DMUs. Com a redução da quantidade de variáveis do modelo teórico-explicativo para um conjunto que melhor explica a variância dos componentes principais, a recomendação de que a soma do número de *inputs* e *outputs* multiplicado por dois não deve exceder a quantidade de DMUs (KOHL et al., 2019), permanece atendida, mesmo considerando 37 DMUs em cada aplicação. Na seção 4.1.1, são apresentadas as análises com base nas estatísticas descritivas; e na seção 4.1.2, são apresentados os resultados e análises da aplicação da DEA.

4.1.1 Estatísticas Descritivas das Variáveis do Modelo Operacional com Base em Dados dos HUFs

As variáveis quantitativas em estudo selecionadas (*inputs*, *outputs* e variáveis explicativas quantitativas) foram caracterizadas por meio de métricas de estatística descritiva, mais especificamente, por meio da média (M), desvio-padrão (DP) e seus valores mínimos (Mín) e máximos (Máx), assimetria e curtose, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Estatísticas descritivas dos dados dos HUFs para as variáveis de *input*, *output* e variáveis explicativas quantitativas do modelo operacional.

Tipo	Variável	Ano	M	DP	Mín	Máx	Assimetria	Curtose
<i>Inputs</i>	COLABASS	2019	1.148	621	190	2.525	0,58	-0,04
		2022	1.390	731	260	3.116	0,62	-0,03
	GASTL (R\$)	2019	1.241.700	301.300	872.000	2.164.000	1,2	1,48
		2022	1.459.400	300.700	1.052.000	2.197.000	0,76	-0,27
<i>Outputs</i>	GL	2019	3,297	0,957	168	597	0,96	1,11
		2022	3,093	0,908	150	522	0,5	0,02
	URP	2019	146.725	95.919	17.254	411.425	1,01	0,78
		2022	141.096	89.311	13.899	385.739	1,09	1,06

Tipo	Variável	Ano	M	DP	Mín	Máx	Assimetria	Curtose
Variáveis explicativas quantitativas	SATRES	2019	6,56	0,51	5,40	7,30	-0,38	-0,73
		2022	6,78	0,78	4,60	8,30	-0,41	0,62
	DIST (Km)	2019	112,40	187,30	0,00	713,00	1,73	2,30
		2022						
	POP (habitantes)	2019	1.081.356	1.259.362	4.843	6.625.849	2,66	9,6
		2022						

Fonte: elaborado pelo autor usando da ferramenta *Minitab*.

No que diz respeito à variável COLABASS, observou-se um aumento em suas métricas de 2019 para 2022, indicando um crescimento geral do número de colaboradores atuando na Rede Ebserh. A variável GASTL também demonstrou um aumento entre os dois períodos. Por outro lado, os *outputs* GL e URP apresentaram padrões distintos dos *inputs*, sendo observada diminuição das métricas de 2019 para 2022, sinalizando uma redução ao longo do tempo. Já para o *output* SATRES, houve aumento nas métricas de 2019 para 2022.

Houve também mudanças na variabilidade dos dados ao longo dos anos. Para COLABASS, o desvio-padrão aumentou, indicando maior dispersão em 2022; GASTL manteve estabilidade na variabilidade; em contraste, GL e URP apresentaram redução no desvio-padrão, sugerindo uma menor dispersão nos dados em 2022; e, por fim, SATRES teve um aumento no desvio-padrão, indicando uma maior variabilidade em 2022. Além do desvio-padrão, foram observadas as características de distribuição das variáveis, mais especificamente assimetria e curtose, a fim de avaliar a simetria e a concentração dos dados em torno da média, respectivamente.

Ao analisar a assimetria nas variáveis COLABASS, GASTL, GL, URP e SATRES nos anos de 2019 e 2022, observou-se uma consistência geral nos padrões de inclinação das distribuições. A maior parte das variáveis (COLABASS, GASTL, GL e URP) apresentou assimetria positiva em ambos os anos, concentrada à esquerda das médias, com caudas mais longas à direita. A exceção é a variável SATRES, que apresentou assimetria negativa em ambos os anos. Em relação à curtose, GASTL destacou-se em 2019 com uma distribuição afunilada, indicando caudas mais pesadas. No entanto, em 2022, suas caudas se tornaram mais leves, aproximando-se da normalidade.

No geral, sobre as variáveis de *input* e *output*, entre 2019 e 2022, na média, COLABASS aumentou 21%, GASTL aumentou 17%, GL diminuiu 6%, URP diminuiu quase 4% e, por fim, SATRES aumentou 3%.

Observando-se as variáveis explicativas quantitativas, com base em dados do *Google Maps* foi levantada a variável DIST, que apresentou uma média de 112,4 quilômetros (Km) de distância do hospital da capital do estado, com um desvio padrão elevado de 187,3 Km, indicando uma dispersão considerável em relação à média, sendo que a distribuição possui assimétrica positiva (1,73), sugerindo uma inclinação à direita para valores mais altos. A curtose de 2,3 indica uma distribuição com caudas relativamente pesadas.

Já com base nos dados do Censo 2022 produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi analisada a segunda variável explicativa quantitativa, POP (“população do município”), que apresentou uma média de 1.081.356 habitantes, com um desvio padrão significativo de 1.259.362, evidenciando uma alta dispersão dos dados. A assimetria expressa um padrão fortemente assimétrico positivo (2,66), indicando uma prevalência de valores mais altos para a direita e a curtose de 9,6 sugere uma distribuição afunilada com caudas pesadas.

Tudo isso sugere a existência de *outliers* nas extremidades das distribuições e, assim, optou-se por realizar um breve estudo de *outliers*. Com base nos resultados desta análise, concluiu-se que os casos extremos verificados nos dados da amostra podem conter informações sobre condições específicas e, por esse motivo, os *outliers* não foram removidos, buscando-se preservar informações importantes sobre a variabilidade dos dados, representando uma parte natural da distribuição que, possivelmente, não representam erros ou dados problemáticos.

Observando-se as variáveis explicativas qualitativas, “Nível de Complexidade” (NC) e “Região” (REG), foram realizadas análises comparando-se os níveis e as regiões, respectivamente, para os anos de 2019 e 2022. Primeiramente, apresenta-se a Tabela 6, que trata das estatísticas descritivas (M, DP e suas variações entre os dois anos) com base no NC para os *inputs* e *outputs*. Na Tabela 6, estão destacadas, em negrito, as maiores variações na média e no desvio-padrão por variável entre os NCs.

Tabela 6 - Estatísticas descritivas dos dados dos HUFs para as variáveis de *input* e *output* com base na variável explicativa qualitativa Nível de Complexidade (NC) em 2019 e 2022.

			2019			2022			Var. M (%)	Var. DP (%)
Tipo	Variável	NC	N	M	DP	N	M	DP		
Inputs	COLABASS	1	5	2.183,0	512,0	6	2.591,0	511,0	18,7%	-0,2%
		2	4	1.435,0	311,0	5	1.587,0	320,0	10,6%	2,9%
		3	9	1.386,7	246,8	5	1.630,6	210,1	17,6%	-14,9%
		4	8	906,0	218,2	9	1.282,0	350,0	41,5%	60,4%
		5	7	741,0	295,0	8	863,6	247,8	16,5%	-16,0%
		6	4	229,3	34,2	4	335,3	70,5	46,2%	106,1%
	GASTL (R\$)	1	5	1.182.000	231.000	6	1.526.800	152.300	29,2%	-34,1%
		2	4	1.196.300	114.800	5	1.307.600	90.800	9,3%	-20,9%
		3	9	1.369.100	283.100	5	1.486.000	367.000	8,5%	29,6%
		4	8	1.087.500	215.800	9	1.555.000	362.000	43,0%	67,7%
		5	7	1.393.000	478.000	8	1.504.000	376.000	8,0%	-21,3%
		6	4	1.118.500	174.600	4	1.210.500	106.300	8,2%	-39,1%
Outputs	GL	1	5	3,476	0,487	6	3,293	0,443	-5,3%	-9,0%
		2	4	3,038	0,647	5	2,476	0,539	-18,5%	-16,7%
		3	9	3,341	0,696	5	3,106	0,749	-7,0%	7,6%
		4	8	3,068	1,144	9	2,818	0,931	-8,1%	-99,9%
		5	7	3,316	1,225	8	3,334	1,142	0,5%	-6,8%
		6	4	3,660	1,565	4	3,688	1,224	0,8%	-21,8%
	URP	1	5	332.278	55.912	6	303.298	60.530	-8,7%	8,3%
		2	4	197.844	58.487	5	163.861	53.859	-17,2%	-7,9%
		3	9	159.741	33.562	5	156.110	10.776	-2,3%	-67,9%
		4	8	109.203	32.539	9	109.607	25.489	0,4%	-21,7%
		5	7	83.349	27.611	8	91.647	20.633	10,0%	-25,3%
		6	4	20.326	3.763	4	20.317	7.667	0,0%	103,7%
	SATRES	1	5	6,540	0,477	6	6,783	0,624	3,7%	30,8%
		2	4	6,825	0,395	5	6,740	0,329	-1,2%	-16,7%
		3	9	6,644	0,534	5	6,660	0,598	0,2%	12,0%
		4	8	6,488	0,574	9	6,567	0,817	1,2%	42,3%
		5	7	6,614	0,430	8	6,650	1,084	0,5%	152,1%
		6	4	6,225	0,714	4	7,700	0,455	23,7%	-36,3%

Fonte: elaborado pelo autor usando da ferramenta *Minitab*.

Importa ressaltar, de início, a variação no número ocorrência de HUFs (N) em cada NC, entre 2019 e 2022. Os HUFs com NC 3 passaram de nove para cinco unidades, distribuindo quatro hospitais para os NCs 1, 2, 4 e 5. Com foco nos *inputs*, conforme apresentado na Tabela 6, comparando-se o comportamento de COLABASS e GASTL com base nos NCs de 1 a 6 (mais para menos complexo), observa-se uma tendência geral de crescimento nas médias de ambas as variáveis de 2019 para 2022, sendo que COLABASS demonstra um aumento mais consistente para HUFs de todas as categorias e, especialmente os HUFs da categoria NC 6, apresentaram aumento na variabilidade.

No caso dos *outputs*, verificaram-se dinâmicas distintas entre GL, URP e SATRES. Para GL, as variações nas médias e dispersões sugeriram respostas diferenciadas ao longo dos dois anos e categorias de NC, com alguns níveis de complexidade apresentando aumentos e outros reduções no “giro de leito” (apenas as categorias 5 e 6 apresentaram aumento em GL), sendo que o GL é uma variável que deve ser otimizada. Destaca-se ainda que os hospitais de categoria

6, menor nível de complexidade, foram aqueles que apresentaram a maior média de GL. A variável URP exibiu padrões divergentes, demonstrando aumentos para os NCs 4 – bastante marginal, neste caso – e 5. Destaca-se que os dados dos HUFs de NC 6 para URP demonstraram uma variabilidade elevada. SATRES, por sua vez, apresentou variações nas médias e dispersões entre os anos e categorias, com algumas destas exibindo aumentos consistentes e outras demonstrando reduções. Os hospitais de NC 6 apresentaram o aumento mais consistente na “nota da Pesquisa de Satisfação dos Residentes” entre 2019 e 2022; e os HUFs de NC 5 demonstraram um elevado aumento da variabilidade deste indicador.

Na sequência, apresenta-se a Tabela 7, que trata das estatísticas descritivas (M, DP e suas variações entre os dois anos) com base na REG para os *inputs* e *outputs*.

Tabela 7 - Estatísticas descritivas dos dados dos HUFs para as variáveis de *input* e *output* com base na variável qualitativa Região (REG) em 2019 e 2022.

Tipo	Variável	REG	N	2019		2022		Var. M (%)	Var. DP (%)
				M	DP	M	DP		
Inputs	COLABASS	Centro-oeste	5	1.030	365	1.282	446	24,5%	22,2%
		Nordeste	16	1.181	719	1.330	783	12,6%	8,9%
		Norte	3	635	452	824	607	29,8%	34,3%
		Sudeste	8	1.229	554	1.619	732	31,7%	32,1%
		Sul	5	1.344	693	1.662	847	23,7%	22,2%
	GASTL (R\$)	Centro-oeste	5	1.308.000	258.000	1.439.000	377.000	10,0%	46,1%
		Nordeste	16	1.274.900	363.100	1.461.100	356.700	14,6%	-1,8%
		Norte	3	956.700	117.600	1.267.300	126.600	32,5%	7,7%
		Sudeste	8	1.295.900	183.900	1.551.100	207.300	19,7%	12,7%
		Sul	5	1.153.000	321.000	1.443.000	257.000	25,2%	-19,9%
Outputs	GL	Centro-oeste	5	3,712	0,653	3,380	0,895	-8,9%	37,1%
		Nordeste	16	3,448	1,182	3,210	1,065	-6,9%	-9,9%
		Norte	3	2,497	0,437	2,280	0,790	-8,7%	80,8%
		Sudeste	8	2,911	0,672	2,948	0,689	1,3%	2,5%
		Sul	5	3,498	0,753	3,154	0,716	-9,8%	-4,9%
	URP	Centro-oeste	5	147.310	60.147	136.481	45.665	-7,4%	-24,1%
		Nordeste	16	126.615	76.844	122.285	73.345	-3,4%	-4,6%
		Norte	3	61.964	46.957	62.967	47.997	1,6%	2,2%
		Sudeste	8	185.663	138.052	172.027	113.720	-7,3%	-17,6%
		Sul	5	199.045	95.542	203.293	113.918	2,1%	19,2%
	SATRES	Centro-oeste	5	6,320	0,497	6,240	0,723	-1,3%	45,5%
		Nordeste	16	6,688	0,588	6,981	0,853	4,4%	45,1%
		Norte	3	6,633	0,723	6,767	0,462	2,0%	-36,1%
		Sudeste	8	6,450	0,359	7,038	0,711	9,1%	98,1%
		Sul	5	6,560	0,416	6,260	0,513	-4,6%	23,3%

Fonte: elaborado pelo autor usando da ferramenta *Minitab*.

No caso de COLABASS, houve um aumento consistente do “número de colaboradores” em todas as regiões, sendo que a maior variação se deu na Região Sudeste. GASTL, por sua vez, também aumentou em todas as regiões, com destaque para os HUFs da Região Norte e a variabilidade em torno da média aumentou mais na Região Centro-Oeste, diminuindo nas Regiões Nordeste e Sul. No caso do *output* GL, a maioria das regiões apresentou queda na

variável, exceto a Região Sudeste, apesar de aumentar a variabilidade dos dados. A URP, na média, diminuiu mais na Região Centro-Oeste e aumentou mais na Região Sul. Por fim, é relevante destacar que o maior aumento de SATRES se deu para a Região Sudeste e a maior queda para a Região Sul; mas a variabilidade em torno da média, aumentou sobremaneira para os HUFs da Região Sudeste.

Postas as análises estatísticas descritivas dos dados, passa-se, agora, à etapa de avaliação da eficiência dos HUFs, a partir da DEA. As análises apresentadas nesta seção contribuem para as discussões subsequentes.

4.1.2 Aplicação da Análise Envoltória de Dados para Avaliar Eficiência Técnica nos HUFs

Levando-se em conta as variáveis de *input* e *output*, foi realizada a aplicação da técnica de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) utilizando-se a ferramenta *R Studio*. Conforme proposto inicialmente, foram realizadas análises com retornos constantes (CRS) e variáveis à escala (VRS), ambas orientadas a *input*. A aplicação das duas técnicas permitiu a verificação de médias maiores de eficiência técnica para o caso dos retornos variáveis à escala, além da ocorrência de mais casos de DMUs eficientes, em comparação com a técnica de retornos constantes à escala, o que pode ser visualizado na Tabela 8.

Tabela 8 - Estatísticas descritivas da aplicação do DEA-CRS *versus* VRS e número de DMUs eficientes no caso dos HUFs.

Retorno	Ano	M	DP	Nº DMUs eficientes
CRS	2019	0,7804	0,1739	7
	2022	0,8181	0,1649	10
VRS	2019	0,8191	0,1814	11
	2022	0,8661	0,1557	14

Fonte: elaborado pelo autor.

A título de comparação, Kiadaliri, Jafari and Gerdtham (2013) encontraram uma estimativa média de eficiência técnica de 0,846 ($\pm 0,134$). Avaliação complementar sobre o uso das técnicas CRS e VRS, por meio da aplicação da Análise de Regressão entre os *inputs* e *outputs* selecionados no modelo operacional, revelou que o *output* URP é a única variável de resposta da preditora COLABASS que apresenta *p*-valor menor do que o nível de significância de 0,05 ($p < 0,05$), conforme mostrado na Tabela 9. Assim, pode-se afirmar que a preditora COLABASS têm um efeito estatisticamente significativo na variável URP, o que não foi

verificado entre COLABASS e as outras variáveis de saída, e nem entre a preditora GASTL e os *outputs*.

Tabela 9 - Tabela de coeficientes, erro padrão e valor-*p* resultantes da Regressão Linear para os anos de 2019 e 2022 da preditora COLABASS, e a variável de resposta URP.

2019			
	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	12.298,66639	22.154,83563	0,582341129
COLABASS	117,0571509	17,02086721	5,50492E-08
2022			
	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	-10.407,97745	14.627,31093	0,481462979
COLABASS	109,021202	9,343864776	1,29209E-13

Fonte: elaborado pelo autor.

Considerando o *output* URP, conforme demonstrado na Tabela 10, os resultados da Análise de Regressão para os anos de 2019 e 2022 revelaram uma melhoria substancial na capacidade explicativa do modelo. O R-Múltiplo aumentou de 0,76 para 0,89, indicando uma correlação mais forte entre os valores observados e previstos. O R-Quadrado aumentou de 0,57 para 0,80, sugerindo que uma parcela significativa da variabilidade na variável dependente (URP) é explicada por uma das variáveis independentes do modelo (COLABASS). O R-Quadrado Ajustado também refletiu essa melhoria, aumentando de 0,56 para 0,79. Além disso, o Erro Padrão diminuiu substancialmente de 63.440 para 40.962, indicando uma redução na dispersão dos resíduos para a URP. Esses resultados sugeriram que o modelo de regressão melhorou significativamente sua capacidade de explicar a variabilidade nos dados dos HUFs entre os anos de 2019 e 2022, com uma relação mais robusta entre um dos preditores (COLABASS) e a variável dependente, URP.

Tabela 10 - Resumo das estatísticas de regressão para os anos de 2019 e 2022 da preditora COLABASS e a variável de resposta URP com base nos dados dos HUFs.

Estatística de regressão	2019	2022
R múltiplo	0,76	0,89
R-Quadrado	0,57	0,80
R-quadrado ajustado	0,56	0,79
Erro padrão	63.440	40.962
Observações	37	37

Fonte: elaborado pelo autor.

Com base nos resultados da Análise de Regressão Linear, apresentados acima, importa retomar que a aplicação da VRS se ajusta a situações em que os *outputs* não aumentam

proporcionalmente com o aumento dos *inputs* (AZIZ; JANOR; MAHADI, 2013). Dada a relação verificada por meio da técnica de regressão, foi realizada uma análise de correlação para investigar o sentido da relação COLABASS-URP. Com base na Tabela 11, verificou-se forte correlação positiva entre COLABASS e URP, conforme destacado em negrito na matriz.

Tabela 11 - Matrizes de correlação entre as variáveis do modelo operacional para os anos de 2019 e 2022.

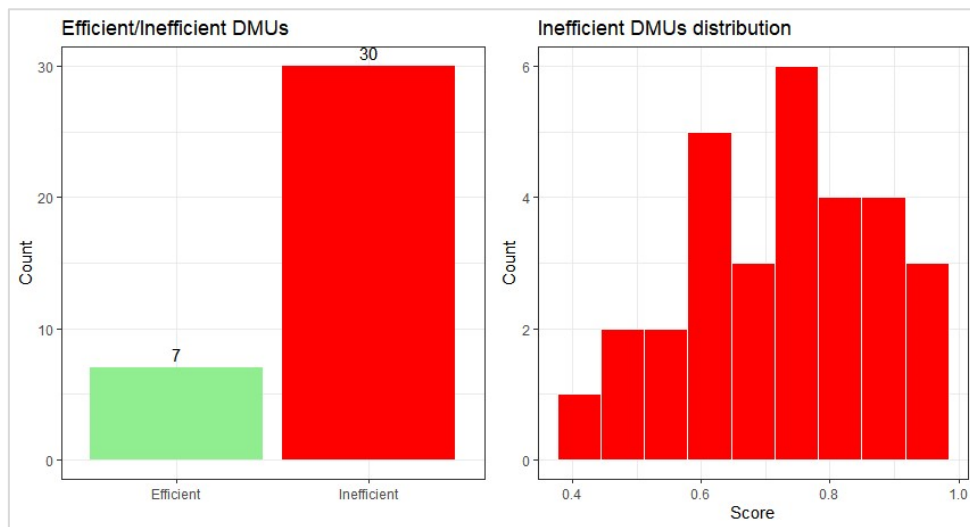
2019				
	COLABASS	GASTL	GL	URP
GASTL	0,168			
GL	-0,098	-0,11		
URP	0,758	-0,111	0,147	
SATRES	0,138	-0,031	-0,222	0,07
2022				
	COLABASS	GASTL	GL	URP
GASTL	0,293			
GL	-0,096	-0,117		
URP	0,804	-0,009	0,122	
SATRES	-0,009	0,088	-0,154	-0,081

Fonte: elaborado pelo autor usando da ferramenta *Minitab*.

Assim, em comparação com a VRS, a técnica de retornos constantes à escala (CRS) foi priorizada nas análises seguintes desta pesquisa, porque as variáveis do modelo operacional apresentaram relação de causalidade diretamente proporcional entre uma preditora (COLABASS) e uma das variáveis de *output*, qual seja: URP. Além disso, esta pesquisa trata de um conjunto de DMUs, ao todo, maior do que 50 (observando-se os anos de 2019 e 2022), porém, menor do que este patamar, para o caso de avaliação ano a ano, e menor do que 100 (BANKER; CHANG; COOPER, 1996), motivo que reforçou a decisão de explorar a DEA-CRS orientada a *input* (definição informada na seção 3) para os exercícios de 2019 e 2022 nas análises que seguem.

Os resultados detalhados da DEA-CRS considerando o exercício de 2019, são apresentados no Gráfico 1, que indica a existência de sete HUFs eficientes nesse ano, com escore igual a 1, e 30 HUFs com escore de eficiência técnica (*technical efficiency - te*) menor do que 1, denominados na DEA, “ineficientes”. A média dos escores de *te* em 2019 é de 0,7804, conforme demonstrado anteriormente, na Tabela 8, e a distribuição das DMUs ineficientes, de acordo com a *te*, pode ser vista também no Gráfico 1, sendo que a maior parte dos hospitais apresenta escore maior do que 0,6 (n = 32).

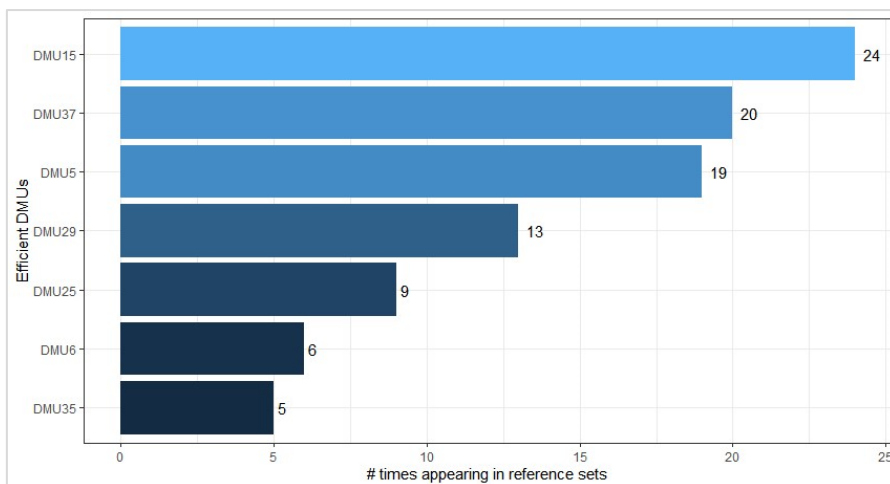
Gráfico 1 - DEA-CRS aplicada a dados dos HUFs de 2019: DMUs eficientes/ineficientes e escores.



Fonte: elaborado pelo autor por meio da ferramenta R *Studio*.

Dentre as DMUs eficientes no período, três (DMUs 15, 37 e 5, em ordem decrescente de quantidade de unidades que referenciam) são referência para a maioria das demais unidades identificadas como ineficientes ($n = 30$) – a DMU 15, por exemplo, é referência para 24 outras DMUs – resultado que pode ser visualizado no Gráfico 2.

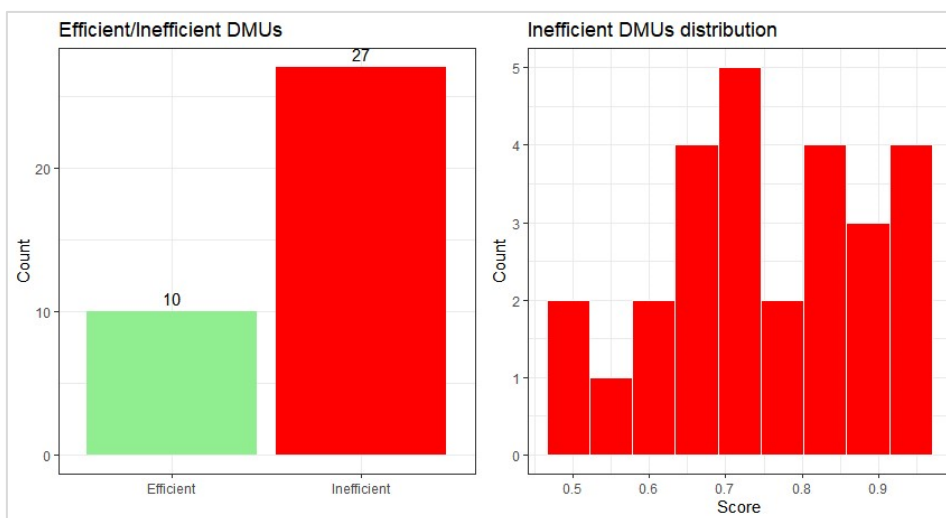
Gráfico 2 - Unidades eficientes como referência para DMUs ineficientes em 2019.



Fonte: elaborado pelo autor por meio da ferramenta R *Studio*.

Já os resultados da aplicação da DEA-CRS para os dados de 2022 mostraram a ocorrência de 10 DMUs eficientes e 27 DMUs ineficientes, ou seja, houve uma ampliação do número de unidades eficientes, após o período de pandemia, conforme mostrado no Gráfico 3. A média dos escores de te , para 2022, é de 0,8181, maior do que a média do ano anterior.

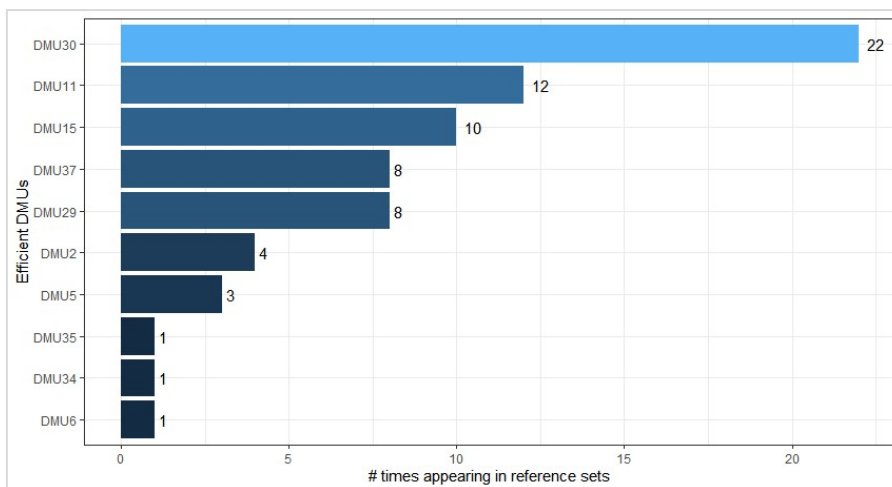
Gráfico 3 - DEA-CRS aplicada a dados de 2022: DMUs eficientes/ineficientes e escores.



Fonte: elaborado pelo autor por meio da ferramenta R *Studio*.

Além disso, permaneceram no grupo de DMUs eficientes as seguintes unidades: DMUs 5, 6, 15, 29, 35 e 37. A DMU 25 deixou de ser considerada eficiente e as DMUs 2, 11, 30 e 34 passaram a compor o grupo das unidades com escore de te igual a 1 (ver Gráfico 4).

Gráfico 4 - Unidades eficientes como referência para DMUs ineficientes em 2022.



Fonte: elaborado pelo autor por meio da ferramenta R *Studio*.

A DMU 30, que se tornou eficiente de 2019 para 2022, é referência para 22 unidades, assim como a DMU 11, que é referência para 12 HUFs; e a DMU 15 continuou sendo referência para outro conjunto de 10 unidades, menor do que o conjunto apresentado em 2019 pela mesma DMU. Importa destacar que as diferenças verificadas nos dois períodos pode guardar relação com o período de enfrentamento da pandemia da Covid-19, o que será explorado mais adiante na seção 4.2.

O caso de hospitais de ensino que realizam serviços além daqueles pactuados com o gestor local, seja para atender às necessidades de formação ou devido ao histórico recente do mecanismo de contratualização dos HUFs com o Gestor SUS local, ainda pode exigir dos HUFs mais recursos para um nível de produção global aquém do esperado, por exemplo, aumentando o nível de recursos para obter uma produção parcialmente remunerada. Apesar dos hospitais terem realidades heterogêneas, é possível, por meio de técnicas como essas aplicadas no presente estudo, promover parâmetros que possam melhor orientar o desempenho dos HUFs brasileiros.

Nas Tabelas 12 e 13, apresentam-se dados referentes aos HUFs eficientes nos anos analisados no âmbito desta pesquisa, bem como as variações nos dados do modelo entre 2019 e 2022.

Tabela 12 - Dados dos HUFs eficientes em 2019 com base nas variáveis do modelo e variação 2019-2022.

2019										
DMU	COLABASS	GASTL	GL	URP	SATRES	NC	REG	DIST	POP	Eficiente em 2022?
5	1.285	R\$ 1.019.000,00	3,59	411.425	6,4	1	Sudeste	543	725.536	SIM
6	2.484	R\$ 944.000,00	4,26	326.396	6,0	1	Sul	0	1.871.789	SIM
15	1.439	R\$ 937.000,00	2,52	154.456	7,3	3	Nordeste	0	751.932	SIM
25	721	R\$ 872.000,00	3,28	152.285	6,3	4	Sul	319	191.719	NÃO
29	578	R\$ 992.000,00	5,65	132.064	7,0	5	Nordeste	713	388.145	SIM
35	243	R\$ 1.053.000,00	5,97	25.774	5,9	6	Nordeste	122	37.232	SIM
37	190	R\$ 907.000,00	2,54	19.664	7,0	6	Norte	0	334.454	SIM

Variação 2019-2022					
DMU	COLABASS	GASTL	GL	URP	SATRES
5	95,8%	54,1%	-7,0%	-12,2%	-1,6%
6	25,4%	68,8%	-2,8%	18,2%	3,3%
15	8,2%	12,3%	-7,9%	-6,6%	-6,8%
25	49,1%	29,4%	-20,7%	-15,1%	-1,6%
29	17,3%	19,6%	-11,0%	-9,4%	-8,6%
35	66,3%	8,7%	-12,6%	-17,6%	25,4%
37	36,8%	23,7%	-11,0%	-22,0%	4,3%

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 13 - Dados dos HUFs eficientes em 2022 com base nas variáveis do modelo e variação 2019-2022.

2022										
DMU	COLABASS	GASTL	GL	URP	SATRES	NC	REG	DIST	POP	Eficiente em 2019?
2	2.755	R\$ 1.284.000,00	3,12	292.069	6,4	1	Nordeste	0	1.061.374	NÃO
5	2.516	R\$ 1.570.000,00	3,34	361.385	6,3	1	Sudeste	543	725.536	SIM
6	3.116	R\$ 1.593.000,00	4,14	385.739	6,2	1	Sul	0	1.871.789	SIM
11	1.596	R\$ 1.285.000,00	3,17	240.735	7,1	2	Sul	289	4.843	NÃO
15	1.557	R\$ 1.052.000,00	2,32	144.242	6,8	3	Nordeste	0	751.932	SIM
29	678	R\$ 1.186.000,00	5,03	119.622	6,4	5	Nordeste	713	388.145	SIM
30	803	R\$ 1.100.000,00	4,90	119.874	7,2	5	Nordeste	0	751.932	NÃO
34	291	R\$ 1.217.000,00	3,41	13.899	7,8	6	Nordeste	477	63.118	NÃO
35	404	R\$ 1.145.000,00	5,22	21.247	7,4	6	Nordeste	122	37.232	SIM
37	260	R\$ 1.122.000,00	2,26	15.341	7,3	6	Norte	0	334.454	SIM

Variação 2019-2022					
DMU	COLABASS	GASTL	GL	URP	SATRES
2	18,9%	17,6%	4,0%	3,8%	-3,0%
5	95,8%	54,1%	-7,0%	-12,2%	-1,6%
6	25,4%	68,8%	-2,8%	18,2%	3,3%
11	14,2%	14,2%	-12,2%	-11,3%	1,4%
15	8,2%	12,3%	-7,9%	-6,6%	-6,8%
29	17,3%	19,6%	-11,0%	-9,4%	-8,6%
30	15,5%	18,9%	-4,1%	-11,2%	14,3%
34	35,3%	0,4%	5,9%	-19,4%	44,4%
35	66,3%	8,7%	-12,6%	-17,6%	25,4%
37	36,8%	23,7%	-11,0%	-22,0%	4,3%

Fonte: elaborado pelo autor.

Apesar dos recursos serem limitados, sua alocação e a produção de um hospital universitário devem estar alinhadas com os serviços de assistência à saúde pactuados com o Gestor SUS local e com os resultados esperados como campo de prática. A orçamentação parcial tem a vantagem de fortalecer a busca pela diminuição das despesas do hospital e pela

eficiência e efetividade dos serviços prestados (MACÊDO et al., 2022; UGÁ, 2012). Sete dos 37 hospitais participantes deste estudo contam com regime de orçamentação global, não vinculado à produção, quais sejam: DMUs 18, 19, 23, 29, 32, 36 e 37. Desse conjunto, apenas a DMU 37, é identificada como eficiente com base nos resultados da Análise Envoltória de Dados, inclusive nos dois anos analisados. Importa destacar que esse hospital é uma unidade de menor porte e menor complexidade (NC = 6, URP 2019 = 19.664 e URP 2022 = 15.341) e, além disso, é um hospital especializado em doenças infectocontagiosas, o que impacta a capacidade hospitalar e, consequentemente, o GL.

Nesse sentido, outra observação importante é que o hospital 25 deixou de ser eficiente em 2022, apresentando a maior variação negativa (-20,7%) para GL entre os HUFs eficientes de 2019 e 2022. Os hospitais 2 e 34, que se tornaram eficientes em 2022, apresentaram ampliação de GL (4,0% e 5,9%). Portanto, GL apresentou-se como uma variável de comportamento relevante na comparação de hospitais que se tornaram eficientes e ineficientes nos períodos analisados. Além disso, destaca-se que a DMU 34, que se tornou eficiente em 2022, um dos menores hospitais da Rede em termos de estrutura e pessoal, apresentou o maior aumento da “nota média da Pesquisa de Satisfação dos Residentes” (SATRES), no valor de 44,4% entre 2019 e 2022.

Com base nas variáveis explicativas, pode-se observar que, em 2019, havia sete hospitais eficientes de NC 1 (n = 2), 3 (n = 1), 4 (n = 1), 5 (n = 1) e 6 (n = 2) – nenhum hospital de NC 2; já em 2022, os 10 hospitais eficientes estavam distribuídos nos seguintes níveis: 1 (n = 3), 2 (n = 1), 3 (n = 1), 5 (n = 2) e 6 (n = 3) – nenhum dos hospitais de NC 4 apresentaram escore 1 nos resultados da DEA-CRS. Por meio desses resultados, é possível observar que há mais representantes eficientes em níveis de complexidade mais extremos, no maior ou no menor nível de complexidade (1 e 6, respectivamente), quatro, em 2019, e seis, em 2022. Retoma-se que o NC é uma categorização baseada no ICE (Indicador de Complexidade Estrutural), o qual, por sua vez, foi criado por considerar que a estrutura de serviços instalados influencia o comportamento do gasto e da produção hospitalar, dois aspectos representados no modelo operacional.

Em relação à região (REG), em 2019, houve ocorrências de unidades eficientes nas regiões Nordeste (n = 3), Sul (n = 2), Sudeste (n = 1) e Norte (n = 1) – nenhuma na Região

Centro-Oeste. Em 2022, a maioria dos hospitais eficientes estava localizada na região Nordeste ($n = 6$), permanecendo duas ocorrências na região Sul, uma na região Sudeste e uma na região Norte – novamente, nenhuma na Região Centro-Oeste (importa retomar e considerar nessa análise a quantidade de hospitais por Região). Destaca-se que três hospitais da região Nordeste se tornaram eficientes em 2022, após a pandemia.

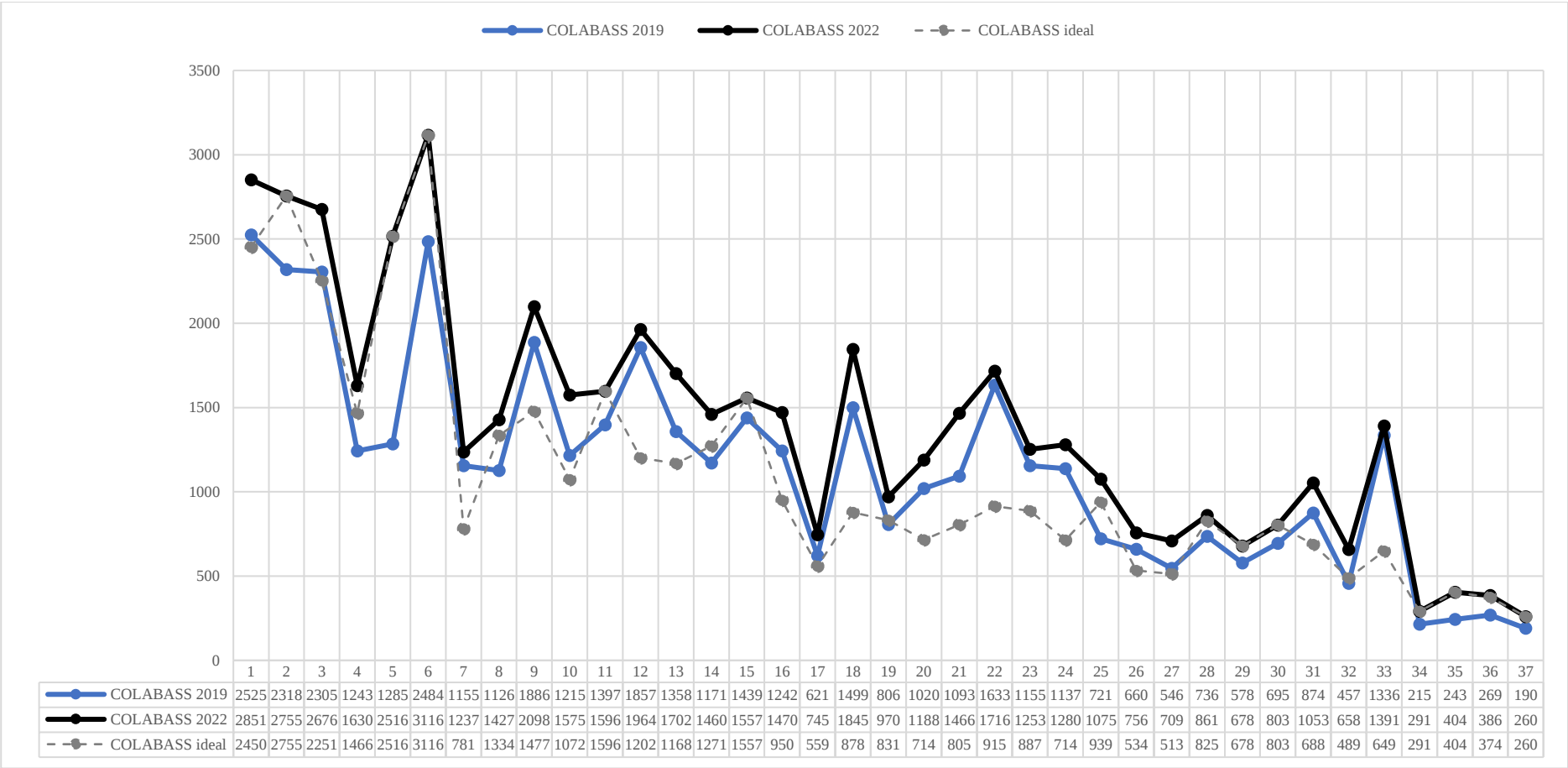
Além disso, a maior parte dos hospitais eficientes em 2019 ($n = 4$) não está localizada na capital e o conjunto de DMUs eficientes apresenta uma média de 242 Km de distância do hospital à capital do estado onde está localizado. Já em 2022, a média foi de aproximadamente 215 Km, e a quantidade de ocorrências de hospitais eficientes na capital ($n = 5$) e fora da capital ($n = 5$) tornou-se igual. Para ambos os conjuntos, a distância da capital mínima apresentada foi de zero quilômetros, ou seja, quando os hospitais estão localizados na capital, enquanto a máxima foi de 713 Km.

Sobre a população do município onde se localizam os hospitais eficientes, nota-se que a média, em 2019, girou em torno de 614 mil habitantes (população mínima observada de 37 mil e máxima de 1,8 milhão de habitantes para o conjunto de HUFs eficientes). Em comparação, 2022 apresentou uma queda na média da população dos municípios onde os hospitais eficientes atuam. Em 2022, para os hospitais eficientes, os municípios de sua atuação apresentaram média de cerca de 600 mil habitantes (população mínima observada de 4,8 mil e máxima de 1,8 milhão de habitantes para o conjunto de HUFs eficientes). Apenas um hospital em 2019 (DMU 6, localizada na capital de um estado) e dois hospitais em 2022 (DMU 2, localizada no interior do estado, e 6, conforme informado acima) localizam-se em municípios com população superior a 1 milhão de habitantes.

Feitas as análises dos hospitais eficientes com base nas variáveis do modelo operacional, considerando os resultados da DEA-CRS para os dados do exercício de 2022, período mais recente abordado neste estudo, sobre a otimização de cada variável de *input* para aperfeiçoamento da eficiência técnica, foi possível demonstrar, nos Gráficos 5 e 6, a oportunidade de ampliação da capacidade de produção das DMUs frente aos recursos atualmente disponíveis, comparando-se adicionalmente os recursos disponíveis em 2019, dando um panorama evolutivo dos *inputs* para cada DMU.

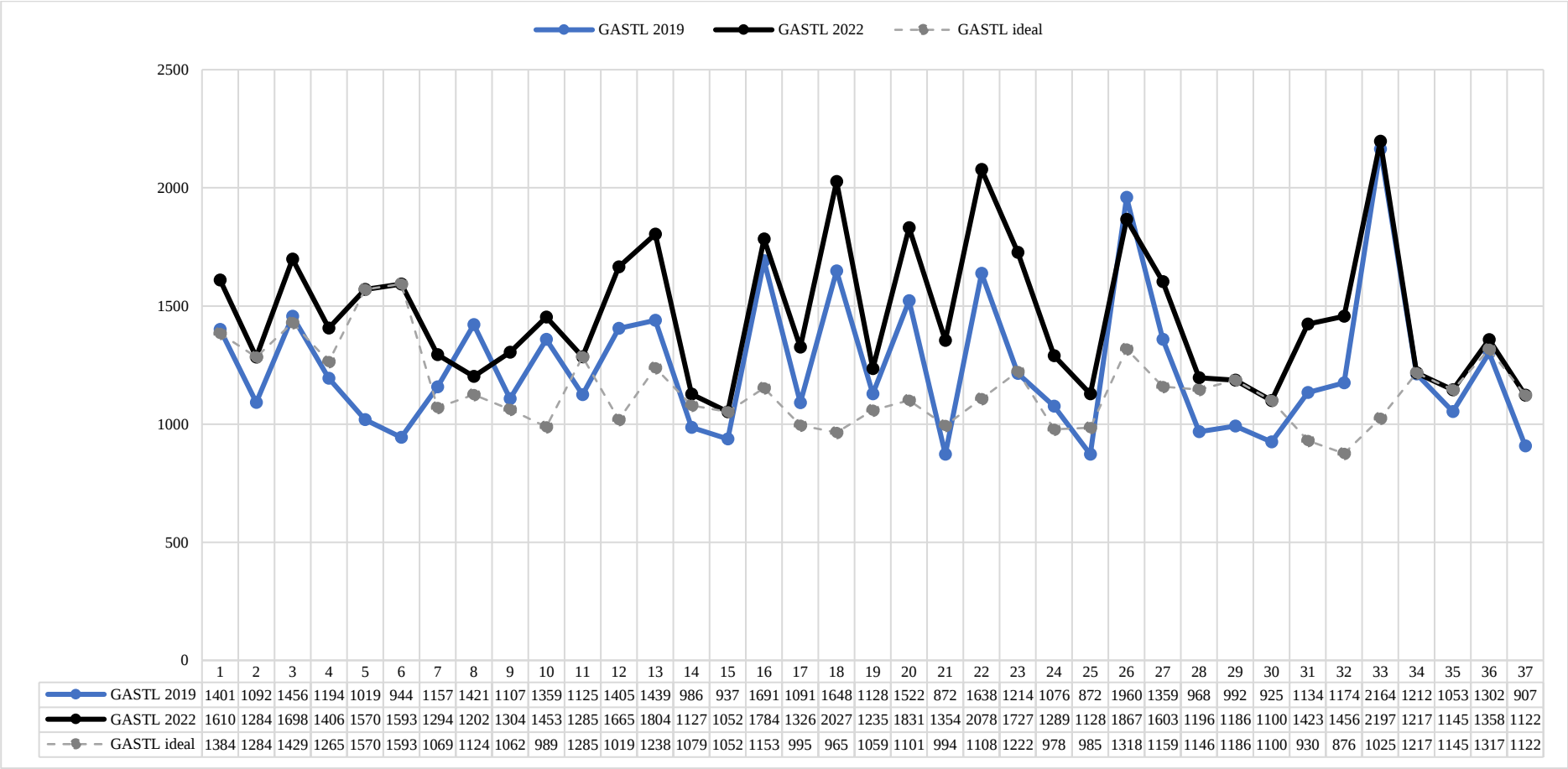
Os valores apresentados nos Gráficos 5 e 6 podem ser especialmente úteis para avaliar os hospitais não eficientes com base na DEA. No caso do COLABASS, é importante destacar que se pretende proporcionar uma reflexão que pode gerar medidas gerenciais orientadas a (re)pactuações e negociações que podem ajustar a meta de produção de serviços assistenciais dessas unidades em suas respectivas Redes de Atenção à Saúde (RAS) para ampliação do atendimento destinado à população, aproveitando ainda mais a capacidade do hospital em termos de pessoal. Com base no Gráfico 5, é nítido o aumento do quadro de pessoal entre os anos analisados nesta pesquisa. Os dados mostram que, entre 2019 e 2022, todos os hospitais tiveram seu quadro de pessoal assistencial aumentado.

Gráfico 5 - Resultado da DEA para dados de 2019 e 2022 por DMU: número ideal de COLABASS em relação à produção atual com base em 2022.



Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 6 - Resultado da DEA para dados de 2019 e 2022 por DMU: valor ideal de GASTL em relação à produção atual (em milhares de reais) com base em dados de 2022.



Fonte: elaborado pelo autor.

Essa indicação de que patamares menores de pessoal assistencial (COLABASS ideal) proporcionariam o mesmo nível de produção não ocorre apenas no período pós-pandemia. Para o período pré-pandemia, há a mesma indicação de valores ideais menores de COLABASS para o nível de produção alcançado em 2019 com base nos resultados da DEA-CRS. É importante observar que a pandemia exigiu dos HUFs a ampliação emergencial e efetiva de seu quadro de pessoal.

Nesse sentido, cabe mencionar que a Ebserh lançou processos seletivos emergenciais com disponibilização de vagas, sendo que, em 2020, contratou cerca de 4 mil candidatos (BRASIL, 2020). Nesse ano, as convocações do concurso nacional promovido pela estatal estavam suspensas, com base na Lei Complementar nº 173/2020, que buscou impedir o aumento da despesa com pessoal. Porém, em 2021, além das contratações emergenciais temporárias, a estatal obteve autorização emergencial para contratar profissionais efetivos aprovados em concurso público, a fim de reforçar as equipes assistenciais e administrativas nos HUFs e na administração central da instituição. Assim, em 2021, foram contratados cerca de mil profissionais para atuação temporária e 2,8 mil para o quadro efetivo (BRASIL, 2021a). O quadro de profissionais temporários remanescentes em 2022 não está contabilizado em COLABASS, justamente porque se trata de uma contratação incomum em períodos de normalidade.

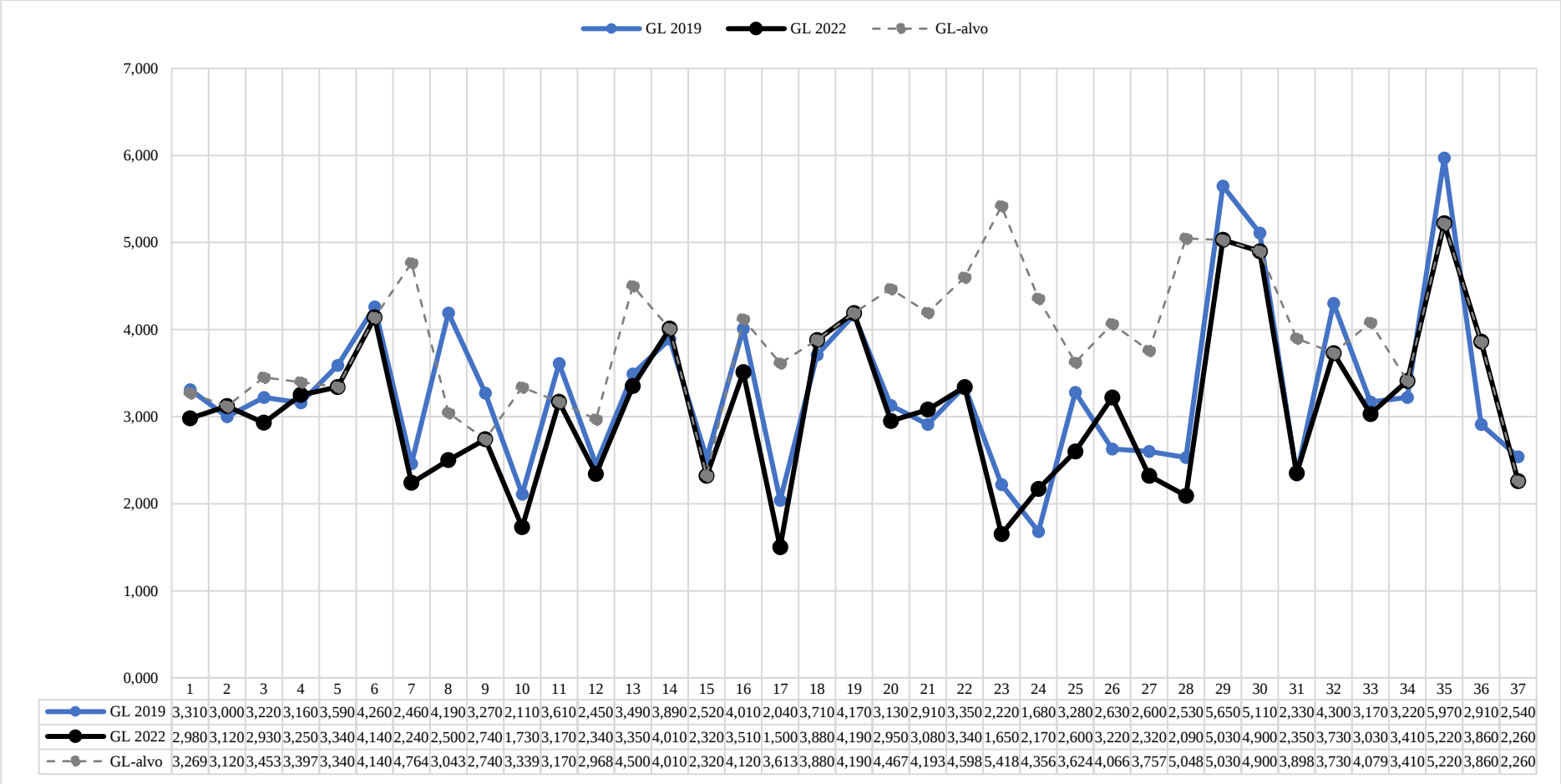
Independente da pandemia, ressalta-se que a política da Ebserh envolvia em seus primeiros anos o desligamento de profissionais com vínculos precários em atividade nos HUFs antes da assunção da gestão pela estatal, tendo em vista acórdão do Tribunal de Contas da União (TCU) que determinou a substituição dos trabalhadores com vínculos precários, com base no Decreto nº 2.271/1997, por profissionais contratados por meio de concurso público (BRASIL, 2020, 2021a). Portanto, a tendência de contratações da empresa tem forte relação com a política de recomposição de seus profissionais. Com o fechamento de 2022, a estatal declarou em seu relatório integrado anual que o quadro de pessoal efetivo dos HUFs é formado por funcionários contratados sob o regime da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e por funcionários sob o Regime Jurídico Único (RJU), e que os profissionais com vínculos precários foram totalmente substituídos por empregados concursados (BRASIL, 2022a), o que pode, no mínimo, atenuar aquela tendência de ampliação do quadro de pessoal nos próximos anos.

O GASTL, assim como COLABASS, no geral, apresentou aumento entre os exercícios de 2019 e 2022. Todos os HUFs tiveram seu GASTL maior em 2022 do que no ano anterior, exceto a DMU 8, localizada na Região Centro-Oeste, região que apresentou a menor variação entre 2019 e 2022. A DMU 8 apresentou uma queda de 15% no gasto por leito. Vale relembrar que o GASTL considera o gasto total por leito durante o ano, considerando despesa liquidada, incluindo Restos a Pagar (RAP) não processados e despesa de pessoal. O exercício de 2022 e seus resultados, certamente, ainda refletiram consequências do período pandêmico, especialmente, considerando os preços praticados no mercado e a escassez de equipamentos de proteção individual – EPIs (NICOLA et al., 2020), além das mudanças de comportamento dos pacientes na procura por cuidados de saúde e das estruturas constituídas para ampliar a capacidade de atendimento (LOBO et al., 2022).

Do ponto de vista dos *outputs*, destaca-se o comportamento das lacunas verificadas para GL, que, diferentemente, dos casos de URP e SATRES, apresentou margem para elevação do indicador (resultado dos anos *versus* alvo) mais consistente para as DMUs ineficientes (exemplos são as DMUs 7 e 23), como é possível visualizar no Gráfico 7.

Feitas as análises dos resultados com base na DEA-CRS para os anos de 2019 e 2022, na próxima seção, será analisada a mudança na fronteira de produção – sustentada pelas mudanças de eficiência técnica e mudanças técnicas) entre os anos pré e pós-pandemia da Covid-19 nos Hospitais Universitários Federais da Rede Ebserh, aplicando-se o Índice de *Malmquist*.

Gráfico 7 - Resultado da DEA para dados de 2019 e 2022 por DMU: valor ideal de GL com base em 2022.



Fonte: elaborado pelo autor.

4.2 Avaliação da Mudança de Fronteira de Produção dos HUFs nos Anos Pré e Pós-pandemia

Este estudo analisou as diferenças da produtividade no tempo com base no Índice de *Malmquist* entre os Hospitais Universitários Federais brasileiros gerenciados pela Ebserh para os anos de 2019 e 2022, considerando as variáveis de entrada e saída do modelo operacional de avaliação de eficiência técnica em hospitais de ensino, proposto nesta pesquisa. A Tabela 14 apresenta os valores de medida de produtividade (*mi*), mudança de eficiência (*ec*) e mudança técnica (*tc*) em cada hospital.

Tabela 14 - Resultado do Índice *Malmquist* para o período de 2019 e 2022.

DMU	<i>mi</i>	<i>ec</i>	<i>tc</i>	DMU	<i>mi</i>	<i>ec</i>	<i>tc</i>
1	0,886892	1,167733	0,759499	20	0,852893	0,988706	0,862636
2	0,844221	1,150868	0,733551	21	0,716493	0,830902	0,862308
3	0,838975	1,245252	0,673739	22	0,798689	0,934448	0,854718
4	0,834760	1,166089	0,715863	23	0,788240	0,913312	0,863057
5	0,539335	1,000000	0,539335	24	0,937043	1,110779	0,843591
6	0,643272	1,000000	0,643272	25	0,700860	0,873260	0,802579
7	0,868378	1,016131	0,854592	26	1,212126	1,509671	0,802907
8	0,851925	1,292626	0,659065	27	0,842662	1,130420	0,745441
9	0,778293	0,933576	0,833669	28	0,852409	0,999007	0,853257
10	0,890723	1,052643	0,846178	29	0,758904	1,000000	0,758904
11	0,818690	1,119145	0,731532	30	0,846242	1,015707	0,833156
12	0,826548	1,011752	0,816947	31	0,719441	0,850967	0,845439
13	0,892121	1,096821	0,813370	32	0,705216	0,977096	0,721747
14	0,833743	0,991360	0,841009	33	1,074216	1,237632	0,867961
15	0,831596	1,000000	0,831596	34	0,919945	1,236710	0,743865
16	0,869257	1,143986	0,759850	35	0,704257	1,000000	0,704257
17	0,757022	0,892237	0,848454	36	1,052088	1,370971	0,767404
18	0,850441	0,997835	0,852287	37	0,762503	1,000000	0,762503
19	0,807342	1,068256	0,755757				

Fonte: elaborado pelo autor por meio da ferramenta R *Studio*.

Apenas três hospitais apresentaram *mi* maior do que 1, indicando um aumento de produtividade nessas unidades, o que não ocorreu nos demais hospitais que representam 91,8% das unidades. Os valores de *mi* acima de 1 foram alcançados pelas DMUs 26 (121,21%), 33 (107,42%) e 36 (105,20%). Apesar disso, nenhuma dessas DMUs foi identificada como eficiente nos anos de 2019 e 2022, com base na DEA-CRS, porém, a melhoria de eficiência

técnica entre os dois anos foi de 50,9%, 23,7% e 37%, respectivamente, comportamento não verificado do ponto de vista da mudança técnica.

Importa destacar que esses HUFs estão entre os hospitais que apresentaram os seis maiores aumentos de leitos existentes entre 2019 e 2022; a DMU 33 apresentou o menor aumento de COLABASS (4%); a DMU 26 apresentou a segunda maior queda de GASTL (-5%); as DMUs 26 e 36 apresentaram o maior e o terceiro maior aumento em GL, quais sejam: 33% e 22%, respectivamente; as DMUs 26 e 36 também apresentaram os maiores aumentos de URP de 65% e 58%; e as três DMUs apresentaram aumento em SATRES.

A Tabela 15 apresenta, de forma sumarizada, as estatísticas descritivas gerais dos resultados relativos ao Índice de *Malmquist*, quais sejam: média (M), mínimo (Mín) e máximo (Máx), considerando as medidas apresentadas na tabela anterior.

Tabela 15 - Estatísticas descritivas com base nos resultados do Índice de *Malmquist* para os anos de 2019 e 2022.

	<i>mi</i>	<i>ec</i>	<i>tc</i>
<i>Mín</i>	0,5393	0,8309	0,5393
<i>M</i>	0,8299	1,0629	0,7839
<i>Máx</i>	1,2121	1,5097	0,8680

Fonte: elaborado pelo autor por meio da ferramenta R *Studio*.

No geral, nota-se uma diminuição de produtividade total dos fatores de produção, visto que a média de *mi* está abaixo de 1 ($M = 0,8299$). Em média, os HUFs geridos pela Ebserh apresentaram uma redução na fronteira de produção de 17%, resultado de um aumento anual de eficiência de 6,3% e de uma deterioração técnica de 13,2%. Com isso, percebe-se que as mudanças de eficiência e técnica ao longo do tempo foram insuficientes para compensar a perda de produtividade de 2022 em relação a 2019. Especificamente, o crescimento da produtividade das DMUs 26, 33 e 36, durante o período, com base nos resultados da técnica aplicada, foi sustentado principalmente pelas capacidades melhoradas desses hospitais, individualmente, para acompanharem as melhores práticas em e seu ambiente de atuação, e não pelos avanços técnicos ($tc < 1$).

Além disso, 19 HUFs (51,3%) apresentaram *ec* acima de 1, demonstrando um aumento na eficiência técnica entre os dois anos avaliados nesta pesquisa para essas unidades. Isso pode ser explicado tanto por mudanças em unidades de referência, quanto por mudanças no

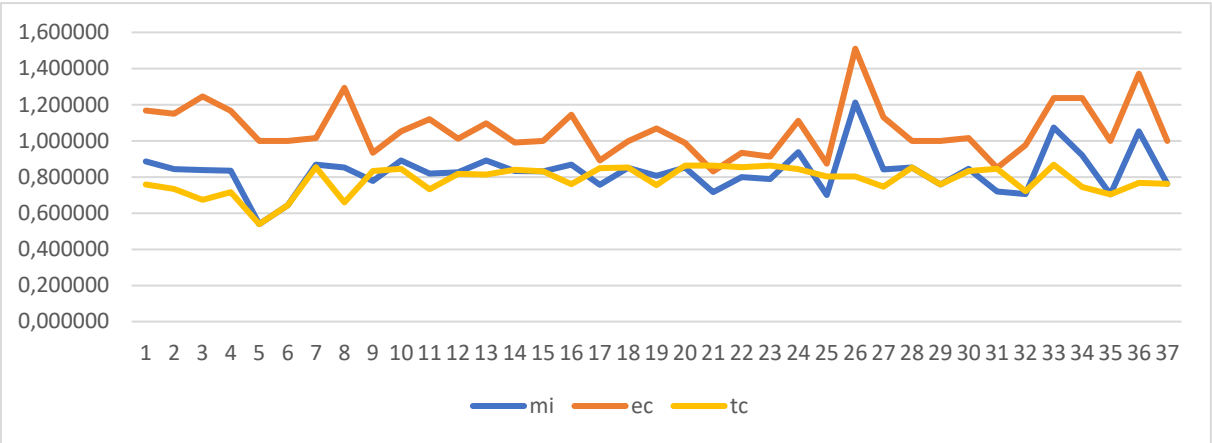
desempenho de uma DMU (como fica claro no caso das DMUs 26, 33 e 36) e, no caso da pandemia, ambas as fontes de mudança são possíveis (HESHMATI; TSIONAS; RASHIDGHALAM, 2023).

Por sua vez, a mudança técnica (*tc*) reflete mudanças na função de produção ao longo do tempo, sendo esperado seu aumento com a pandemia, dados os investimentos realizados em infraestrutura, o desenvolvimento de vacinas e de novos produtos (HESHMATI; TSIONAS; RASHIDGHALAM, 2023). Porém, essa tendência não foi confirmada para os HUFs analisados nesta pesquisa, sendo que, na média, verifica-se uma mudança técnica positiva ao longo do tempo para as unidades de decisão analisadas, porém insuficiente para sustentar um aumento na função de produção entre 2019 e 2022.

Apesar dos investimentos em infraestrutura, da mudança de paradigma de desenvolvimento e produção de vacinas e equipamentos de proteção individuais, o revés da pandemia impactou sobremaneira a produção dos HUFs brasileiros, considerando as ondas de casos reportados nos anos de 2020, 2021 e ainda em 2022, as quais atravancaram o fluxo de consultas, atendimentos ambulatoriais, cirurgias eletivas, entre outros (SANTOS et al., 2020), e provocaram a exaustão das equipes que atuaram no combate à doença (AMPOS et al., 2023).

Do ponto de vista econômico-financeiro, houve também o aumento de preços e a insuficiência de recursos disponibilizados no âmbito do SUS para cobrir os custos (SOUSA; VIEIRA; REIS, 2023). Por outro lado, no âmbito dos HUFs, considerando a visão dos residentes, na média, a qualidade do ensino melhorou. Esses fatores, em conjunto, produziram o resultado apresentado no Gráfico 8.

Gráfico 8 - Resultado da aplicação do Índice de *Malmquist* para o período de 2019 e 2022.



Fonte: elaborado pelo autor por meio da ferramenta R *Studio*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo avaliou a eficiência técnica de 37 HUFs brasileiros, aplicando a Análise de Componentes Principais – PCA para compor um modelo multidimensional com o objetivo avaliar a eficiência técnica de hospitais de ensino, superando o desafio colocado pela DEA em lidar com múltiplos *inputs* e *outputs* (LABIJAK-KOWALSKA; KADZIŃSKI, 2021), por meio da incorporação de dimensões pertinentes e suas variáveis mais significativas.

Assim, o modelo operacional integrou com êxito as três dimensões apontadas na literatura como lacunas – ensino, econômico-financeira e qualidade. Além disso, frequentemente aplicadas em outros estudos, variáveis voltadas para pessoal e assistência à saúde também foram integradas, devido a sua adequada explicação da variância do modelo. Com isso, o modelo multidimensional proposto, a partir da evolução do *framework* teórico desenvolvido como primeiro produto desta tese, integrou aspectos de ensino, econômico-financeiros, de qualidade, de pessoal e de assistência à saúde, por meio de um total de cinco variáveis, interpretadas sob a perspectiva do nível de complexidade da unidade hospitalar, da população, da localização e da regionalidade brasileira.

A proposta permitiu consolidar um avanço teórico-metodológico por meio da agregação das dimensões econômico-financeira e de qualidade em um único modelo (HADJI et al., 2014). Mais ainda, abordou a qualidade do serviço com base na experiência do usuário e suas percepções como um componente da avaliação de eficiência técnica (ONDER; COOK; KRISTAL, 2022), não do ponto de vista do paciente, mas considerando as percepções dos residentes. A “nota da Pesquisa de Satisfação dos Residentes” é uma variável que explica efetivamente a variância do modelo operacional em comparação com outros *outputs* propostos no modelo teórico-explicativo, incluindo a comparação com o “percentual de usuários satisfeitos com o atendimento”. Dessa forma, corrobora-se a qualidade e os aspectos de ensino por meio de uma única variável no modelo proposto. Apesar de valorizar a dimensão de qualidade no modelo, há que se ressaltar a subjetividade contida na variável selecionada (“nota da Pesquisa de Satisfação dos Residentes”), que consolida a percepção dos residentes por meio de um questionário. Trata-se, portanto, de uma limitação do modelo que abre uma agenda de pesquisa para a necessidade de fortalecer as variáveis representativas da dimensão de qualidade a partir da seleção complementar de indicadores mais objetivos.

A pesquisa, inicialmente, comparou os resultados obtidos pelas metodologias DEA-VRS e CRS. As pontuações médias de eficiência para ambas as abordagens foram aproximadamente 0,799 em 2019 e 0,842 em 2022, ambas inferiores à média relatada por Kiadaliri, Jafari e Gerdtham (2013) (0.846) em uma revisão sistemática e meta-análise envolvendo hospitais gerais e de ensino no Irã. Consequentemente, este estudo reforça a proposição de que a eficiência hospitalar está inversamente relacionada ao *status* de ensino (SCHNEIDER; OPPEL; SCHREYÖGG, 2020), visto que os HUFs estudados apresentaram uma média inferior à observada no estudo anterior (KIADALIRI; JAFARI; GERDTHAM, 2013).

Ao usar CRS para analisar os resultados de eficiência técnica nos HUFs geridos pela Ebserh, em 2019, sete das HUFs (aproximadamente 19%) foram identificados como eficientes. A pontuação média de eficiência técnica em 2019 foi de 0,78, com 86% dos HUFs alcançando uma pontuação superior a 0,6. Após o período da pandemia, em 2022, foram identificadas 10 DMUs eficientes (27%), com uma pontuação média de eficiência técnica em torno de 0,82, superior ao valor de 2019.

Mais HUFs nos níveis extremos de complexidade (1 e 6) demonstraram ser eficientes, e três hospitais da região Nordeste do Brasil tornaram-se eficientes em 2022, após a pandemia. Além disso, o “gasto por leito” apresentou uma tendência de aumento entre 2019 e 2022, exceto para a DMU 8, localizada na região Centro-Oeste, que teve uma redução de 15% nessa variável. Portanto, a correlação entre a regionalidade brasileira e o aumento de preços e seus impactos na eficiência técnica dos hospitais universitários antes e após a pandemia pode ser explorada em pesquisas futuras. Os resultados de 2022 ainda refletiram as consequências do período pandêmico, considerando, por exemplo, os preços de mercado (NICOLA et al., 2020). Tais constatações abrem caminho aprofundar no impacto da complexidade dos casos, da infraestrutura hospitalar e da regionalidade nos resultados de eficiência técnica dos hospitais.

Considerando a posição central do setor de saúde no debate político global devido à pandemia de Covid-19 (LUCIFORA, 2023), e os números substanciais no Brasil, as mudanças na fronteira de produção foram examinadas nesta tese entre os anos pré e pós-pandemia de Covid-19 (2019 e 2022) nos HUFs geridos pela Ebserh. De forma geral, observou-se uma diminuição na produtividade total dos fatores. Nota-se que a mudança técnica ao longo do

tempo foi insuficiente para compensar a perda de produtividade em 2022 em comparação a 2019. Cerca de metade dos hospitais teve um aumento na eficiência técnica entre os dois anos avaliados, o que pode ser explicado por mudanças nas unidades de referência ou mudanças no desempenho de uma DMU, e, no caso da pandemia, ambas as fontes de mudança são possíveis (HESHMATI; TSIONAS; RASHIDGHALAM, 2023). Isso pode ser explorado em estudos futuros. Além disso, pesquisas futuras ainda podem buscar avaliar o modelo operacional proposto nesta pesquisa com base em painéis de dados ampliados no tempo (longitudinal) para validar o modelo operacional, observando-se os resultados da aplicação do Índice de *Malmquist*.

A mudança técnica reflete alterações na função de produção ao longo do tempo, e esperava-se um aumento com a pandemia, dados os investimentos feitos em infraestrutura, desenvolvimento de vacinas e novos produtos (HESHMATI; TSIONAS; RASHIDGHALAM, 2023). No entanto, essa tendência não se confirmou para os HUFs analisados nesta pesquisa. Em média, observou-se uma mudança técnica positiva ao longo do tempo para as DMUs analisadas, mas ela foi insuficiente para sustentar um aumento na função de produção entre 2019 e 2022.

Apesar dos investimentos em infraestrutura e da mudança de paradigma no desenvolvimento de vacinas e equipamentos de proteção individual, o impacto da pandemia afetou a produção dos HUFs brasileiros, considerando as ondas de casos relatados nos anos de 2020, 2021 e ainda em 2022. Essas ondas atrasaram consultas, atendimentos ambulatoriais, cirurgias eletivas, entre outros (BIGONI et al., 2022; SANTOS et al., 2020), e levaram à exaustão das equipes clínicas (AMPOS et al., 2023). Do ponto de vista econômico-financeiro, também houve aumento de preços e recursos insuficientes disponíveis pelo SUS para cobrir os custos (SOUSA; VIEIRA; REIS, 2023). Por outro lado, dentro dos HUFs e sob a perspectiva dos residentes, em média, a qualidade da educação aumentou. Esses fatores, em conjunto, produziram o resultado apresentado neste estudo.

De modo geral, pode-se presumir que esse comportamento ocorreu, porque os hospitais de ensino são destinados ao tratamento de casos de média e alta complexidade (HOSEK; PALMER, 1983). Os equipamentos disponíveis nessas unidades foram predominantemente alocados e adaptados para o tratamento essencial e de emergência da Covid-19, certamente

abrangendo casos de diferentes complexidades, incluindo a participação de médicos residentes e profissionais de saúde, que supervisionam diretamente as atividades práticas realizadas pelos residentes nos serviços de saúde – ambos atores-chave no processo de ensino desses hospitais. O direcionamento desses atores para o tratamento da Covid-19 trouxe muitos avanços para o seu desenvolvimento; no entanto, toda a adaptação necessária pode ter acarretado um alto custo para a educação, impactando a produtividade dessas unidades.

Nessa linha, recomenda-se que estudos futuros avaliem o papel dos residentes e preceptores para entender sua contribuição para a eficiência técnica e as mudanças tecnológicas dos hospitais universitários nos períodos pré, durante e pós-pandemia. Além disso, foi apresentada como implicação gerencial a oportunidade de expandir a capacidade produtiva das DMUs com os recursos atualmente disponíveis, proporcionando uma reflexão que pode gerar implicações técnicas para a política pública brasileira, orientada para negociações que ajustem a meta de prestação de serviços de saúde nessas unidades dentro de suas respectivas Redes de Atenção à Saúde, para ampliar o atendimento prestado à população, melhor utilizando a capacidade hospitalar em termos de pessoal e recursos financeiros alocados.

Assim, como implicações gerenciais para os HUFs da Rede Ebserh relativas ao modelo operacional, com base nos resultados desta tese, a instituição pode buscar identificar pontos de ineficiência, *benchmarks* entre os HUFs e desenvolver a gestão por indicadores, estabelecendo metas, rotinas de monitoramento e plano de ação para otimização dos indicadores do modelo operacional e incluindo a avaliação e revisão da Contratualização SUS para ajuste de metas e receitas. Finalmente, a Rede Ebserh pode explorar tecnicamente variável “giro de leito”, que emergiu como indicador relevante para comparar os hospitais de ensino analisados que se tornaram eficientes e ineficientes entre 2019 e 2022. Com isso, é possível visualizar implicações técnicas, tais quais a implementação de medidas para a otimização do giro de leito, buscando melhorar a gestão de altas, automatizar processos por meio de tecnologia da informação, melhorar processos de limpeza e preparação de leitos, aprimorar o gerenciamento de equipes de saúde (planejamento de turnos, treinamentos continuados) etc.

Ressalta-se que este estudo apresenta limitações, entre as quais podemos mencionar a indisponibilidade de dados para as variáveis de pesquisa, como o “número de citações” e a “participação em grandes publicações” (MEDIN et al., 2011). Como implicação gerencial,

tendo em vista o papel do hospital de ensino, é recomendável que esses indicadores sejam desenvolvidos nos Hospitais Universitários Federais brasileiros, para que possam ser testados e, a depender dos resultados, incorporados ao modelo operacional de avaliação de eficiência de hospitais de ensino, fortalecendo a dimensão de pesquisa no modelo, não incorporada justamente pela indisponibilidade de variáveis nos hospitais avaliados. Observa-se que há um caminho a ser percorrido para desenvolvimento e monitoramento dessas variáveis que podem ser essenciais nos modelos de avaliação de eficiência de hospitais de ensino.

Por fim, vale mencionar que a amostra de hospitais universitários avaliados é específica de um único país e optou-se por avaliar apenas dois anos, permeados pela pandemia da Covid-19. Nesse sentido, uma agenda de pesquisa interessante seria abrir a "caixa-preta" dos anos de 2020 e 2021 para obter um contexto de análise mais detalhado e entender os resultados de eficiência técnica dos hospitais universitários brasileiros, bem como revisar e testar o modelo teórico-explicativo em hospitais de ensino de outros países.

O Quadro 9 resume, com base nos objetivos específicos desta pesquisa, os principais resultados, associados a possíveis linhas de pesquisas futuras, contemplando implicações gerenciais e técnicas para os hospitais estudados.

Quadro 9 - Principais resultados, agenda de pesquisa e implicações gerenciais e técnicas para a Rede Ebserh.

Objetivos Específicos	Principais Resultados	Pesquisas Futuras	Implicações Gerenciais	Implicações Técnicas
Identificar variáveis e dimensões explicativas da eficiência técnica em hospitais de ensino para incorporá-las a modelos emergentes de avaliação.	Proposição de um <i>framework</i> teórico de <i>inputs</i> e <i>outputs</i> para avaliar eficiência em hospitais de ensino com base na literatura.	Avaliar a operacionalização do <i>framework</i> teórico, considerando dados de outros hospitais para validação do modelo teórico-explicativo proposto.	Implementar o modelo operacional proposto nos HUFs da Rede Ebserh e promover sua calibração.	Desenvolver e monitorar indicadores da dimensão de pesquisa para incorporação ao modelo operacional.
Formular um modelo teórico-explicativo capaz de assimilar as variáveis de interesse.	O modelo proposto integrou com sucesso as dimensões de ensino, econômico-financeira e qualidade, bem como incorporou variáveis relacionadas a pessoal e assistência à saúde, oferecendo uma análise robusta e multidimensional da eficiência dos hospitais de ensino.			
Testar empírica e estatisticamente a aderência dos dados à modelagem proposta.				
Analisar os resultados quantitativos da avaliação da eficiência técnica e da mudança de fronteira de produção, com o objetivo de gerar implicações gerenciais para os hospitais de ensino.	O estudo revelou que a eficiência técnica média dos 37 HUFs aumentou de 0,78 em 2019 para 0,82 em 2022, com 27% dos HUFs sendo classificados como eficientes em 2022, em comparação com 19% em 2019.	Avaliar o modelo operacional com base em painéis de dados ampliados longitudinalmente para validar o modelo operacional. Incorporar indicadores de qualidade mais objetivos ao modelo (exemplo: taxa de readmissão de pacientes, taxa de mortalidade e taxa de sobrevivência).	Identificar pontos de ineficiência, <i>benchmarks</i> entre os HUFs e desenvolver metas, rotinas de monitoramento e plano de ação para otimização dos indicadores do modelo operacional, incluindo a avaliação e revisão da Contratualização SUS, nos casos em que houver margem para renegociação.	Promover medidas de otimização da variável giro de leito. Desenvolver e monitorar indicadores objetivos para a dimensão de qualidade que meçam o nível de serviço.
	Após a pandemia, os HUFs com níveis extremos de complexidade (níveis 1 e 6) demonstraram maior eficiência técnica. Três hospitais da região Nordeste se tornaram eficientes após o período pandêmico, destacando o impacto regional e de complexidade.	Aprofundar no impacto da complexidade das unidades hospitalares e da regionalidade nos resultados de eficiência técnica dos hospitais.	Avaliar cenários e propor planos de mudança de nível de complexidade para cada um dos HUFs de acordo com as lacunas de eficiência. Estudar o contexto regional e propor ações para melhor equacionar os aspectos regionais prejudiciais à eficiência dos HUFs, em especial, com foco no indicador “gasto por leito”.	Promover ajustes de complexidade estrutural nos HUFs. Promover ações conjuntas entre HUFs da mesma Região, como, por exemplo, realizando compras de insumos e contratação de serviços regionais, que promovam a otimização do gasto por leito.

Objetivos Específicos	Principais Resultados	Pesquisas Futuras	Implicações Gerenciais	Implicações Técnicas
	Diminuição na produtividade total dos fatores entre 2019 e 2022, apesar de uma mudança técnica positiva durante o período. Embora a mudança técnica tenha ocorrido, ela não foi capaz de aumentar a função de produção dos hospitais universitários ao nível esperado no período pós-pandemia.	Aplicar o Índice de <i>Malmquist</i> considerando dados de outros hospitais para validação do impacto da pandemia de Covid-19 na produtividade dos hospitais de ensino. Aplicar o Índice de <i>Malmquist</i> considerando dados de outros hospitais para comparar a eficiência técnica dos anos pré, durante e pós-pandemia da Covid-19 na produtividade dos hospitais de ensino. Avaliar o papel dos residentes e preceptores para entender sua contribuição para a eficiência técnica e as mudanças tecnológicas dos hospitais universitários nos períodos pré, durante e pós-pandemia.	Identificar pontos de ineficiência e <i>benchmarks</i> entre os HUFs para promover mudanças técnicas que resultem em ganhos de produtividade, incluindo a comparação de produtividade entre períodos além dos anos pré e pós-pandemia.	Promover capacitações e adequações gerenciais nos HUFs para alcance de metas nos indicadores de interesse.

Fonte: elaborado pelo autor.

REFERÊNCIAS

- 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, 2016.
- ALATAWI, A. D.; NIESSEN, L. W.; KHAN, J. A. M. Efficiency evaluation of public hospitals in Saudi Arabia: An application of data envelopment analysis. **BMJ Open**, v. 10, n. 1, 2020.
- ALI, M.; DEBELA, M.; BAMUD, T. Technical efficiency of selected hospitals in Eastern Ethiopia. **Health Economics Review**, v. 7, n. 1, p. 24, 20 dez. 2017.
- ALLISON, J. J. et al. Relationship of Hospital Teaching Status With Quality of Care and Mortality for Medicare Patients With Acute MI. **JAMA**, v. 284, n. 10, p. 1256–1262, 13 set. 2000.
- ALMEIDA, J. et al. The emergence of a tailored multidimensional model for evaluating efficiency in teaching hospitals: main challenges and proposition of a theoretical framework. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, p. e6266, 14 ago. 2024.
- ALSOUFI, A. et al. Impact of the COVID-19 pandemic on medical education: Medical students' knowledge, attitudes, and practices regarding electronic learning. **PLOS ONE**, v. 15, n. 11, p. e0242905-, 25 nov. 2020.
- AMPOS, L. F. et al. Implicações da atuação da enfermagem no enfrentamento da COVID-19: exaustão emocional e estratégias utilizadas. **Escola Anna Nery**, v. 27, 2023.
- ARYA, A.; YADAV, S. P. Performance Efficiency of Public Health Sector Using Intuitionistic Fuzzy DEA. **International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems**, v. 28, n. 2, p. 289–315, 2020.
- AYANIAN, J. Z.; WEISSMAN, J. S. Teaching Hospitals and Quality of Care: A Review of the Literature. **The Milbank Quarterly**, v. 80, n. 3, p. 569–593, 1 set. 2002.

AZIZ, N. A. A.; JANOR, R. M.; MAHADI, R. Comparative Departmental Efficiency Analysis within a University: A DEA Approach. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 90, p. 540–548, 2013.

BADNJEVIĆ, A.; POKVIĆ, L. G. Hospital beds. **Clinical Engineering Handbook, Second Edition**, p. 498–502, 2019.

BAĞCI, H.; KONCA, M. Evaluating the Technical Efficiency of Hospitals Providing Tertiary Health Care in Turkey: An Application Based on Data Envelopment Analysis. **Hospital Topics**, v. 99, n. 2, p. 49–63, 3 abr. 2021.

BANKER, R. D.; CHANG, H.; COOPER, W. W. Chapter 11 Simulation studies of efficiency, returns to scale and misspecification with nonlinear functions in DEA. **Annals of Operations Research**, v. 66, n. 4, p. 231–253, 1996.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078–1092, 1984.

BERGER, M.; SOMMERSGUTER-REICHMANN, M.; CZYPIONKA, T. Determinants of soft budget constraints: How public debt affects hospital performance in Austria. **Social Science and Medicine**, v. 249, n. December 2019, p. 112855, 2020.

BERNARDINO, E. et al. **Care management in coping with COVID-19 at a teaching hospital** *Rev Bras Enferm.* [s.l.: s.n.].

BIGONI, A. et al. Brazil's health system functionality amidst of the COVID-19 pandemic: An analysis of resilience. **The Lancet Regional Health - Americas**, v. 10, p. 100222, 2022.

BRASIL. **Padronização da nomenclatura do censo hospitalar - Série A. Normas e Manuais Técnicos. 2 ed.**Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. Departamento de Sistemas e Redes Assistenciais. **Revista – Brasília: Ministério da Saúde.** Brasília: [s.n.]. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/padronizacao_censo.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2023.

BRASIL. Assistência de Média e Alta Complexidade no SUS/Conselho Nacional de Secretários de Saúde. Disponível em: <https://www.conass.org.br/bibliotecav3/pdfs/colecao2011/livro_4.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2023a.

BRASIL. Lei nº 12.550, de 15 de dezembro de 2011. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/12550.htm>. Acesso em: 26 dez. 2023b.

BRASIL. Diretrizes de Regulação Assistencial do Hospital Universitário de Santa Maria. Disponível em: <<https://www.gov.br/ebserh/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-sul/husm-ufsm/governanca/superintendencia/setor-de-contratualizacao-e-regulacao/diretrizes-de-regulacao-assistencial/gestao-do-processo-de-internacao>>. Acesso em: 26 dez. 2023.

BRASIL. Relatório Integrado 2018. Brasília-DF: [s.n.]. Disponível em: <https://www.gov.br/ebserh/pt-br/aceso-a-informacao/auditorias/processos-de-contas-anuais/2018/relatorio_tcu_2018_publicado.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2023.

BRASIL. Relatório Integrado 2020 - EBSEH. Brasília: [s.n.].

BRASIL. Relatório Integrado 2021 - EBSEH. Brasília: [s.n.].

BRASIL. Certificação de Hospitais de Ensino. Brasília-DF: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saes/atencao-especializada-e-hospitalar/certificacao-de-hospitais-de-ensino#:~:text=Hospitais%20de%20Ensino%20s%C3%A3o%20estabelecimentos%20de%20sa%C3%BAde%20que,do%20Programa%20de%20Certifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20Hospitais%20de%20Ensino.>>. Acesso em: 26 dez. 2023b.

BRASIL. Relatório Integrado 2022 - EBSEH. Brasília: [s.n.].

BRASIL. Relatório Integrado 2021. Brasília-DF: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/ebserh/pt-br/transparencia/relatorio-integrado-2021-2.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2023b.

BRASIL. **Painel Informações Orçamentárias e Financeiras**. Brasília-DF: [s.n.]. Disponível em:

<<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiY2U1NTEyOTUtM2I1ZC00OWI2LWE3MDMtMmQ0YzViMGQ5MDk3IiwidCI6IjY0ZDM0ZGRkLWFmZjAtNGQ5NS1iN2YxLTA3MzRhNWY4NDVINSJ9>>. Acesso em: 25 mar. 2023a.

BRASIL. **Contratualização**. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saes/atencao-especializada-e-hospitalar/contratualizacao>>. Acesso em: 26 dez. 2023b.

BRASIL. **Pesquisas de Satisfação**. Brasília-DF: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/ebserh/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/ouvidoria-geral/pesquisas-de-satisfacao>>. Acesso em: 28 maio. 2023c.

BRASIL. **Presidente da Ebserh mostra importância dos hospitais universitários federais em audiência na Câmara dos Deputados**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ebserh/pt-br/comunicacao/noticias/presidente-da-ebserh-mostra-importancia-dos-hospitais-universitarios-federais-em-audiencia-na-camara-dos-deputados>>. Acesso em: 26 dez. 2023d.

CAIHHS. **Case Mix Index**.

CALIFORNIA HEALTH AND HUMAN SERVICES AGENCY OPEN DATA PORTAL. **Case Mix Index**. Disponível em: <<https://data.chhs.ca.gov/dataset/case-mix-index>>.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429–444, nov. 1978.

CHEN, K.-C.; LIN, C.-I.; HSIAO, Y.-J. Measuring the productivity growth and quality changes of teaching and non-teaching hospitals in Taiwan. **RAIRO - Operations Research**, v. 55, p. S1823–S1831, 2021.

CHEN, Z. et al. Technical efficiency of regional public hospitals in china based on the three-stage dea. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 24, p. 1–17, 2020.

CHERCHYE, L. et al. An introduction to “benefit of the doubt” composite indicators. **Social Indicators Research**, v. 82, n. 1, p. 111–145, 2007.

CHERVENAK, F. A.; MCCULLOUGH, L. B. Responsibly Managing the Medical School–Teaching Hospital Power Relationship. **Academic Medicine**, v. 80, n. 7, 2005.

CHIORO, A. et al. The contracting policy of teaching hospitals: What did actually change? **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 26, n. 11, p. 5691–5700, 2021.

CINAROGLU, S. Integrated k-means clustering with data envelopment analysis of public hospital efficiency. **Health Care Management Science**, v. 23, n. 3, p. 325–338, 19 set. 2020.

CINAROGLU, S. Changes in hospital efficiency and size: An integrated propensity score matching with data envelopment analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 76, n. October 2020, p. 100960, 2021.

COLLAZO, E.; RAMÍREZ URBANO, I.; GONZÁLEZ-RIPOLL, C. Clinical trial on the efficacy of various therapeutic procedures for the relief of pain in patients with fibromyalgia . **Revista Internacional de Acupuntura**, v. 9, n. 3, p. 87–94, 2015.

COOPER, H.; HEDGES, L. V; VALENTINE, J. C. **The handbook of research synthesis and meta-analysis 2nd edition**. [s.l: s.n.].

CRONIN, M. A.; GEORGE, E. The Why and How of the Integrative Review. **Organizational Research Methods**, v. 26, n. 1, p. 168–192, 6 jul. 2020.

CROSS, M. et al. Benefits, barriers and enablers of mentoring female health academics: An integrative review. **PLoS ONE**, v. 14, n. 4, p. 1–21, 2019.

DORMANN, H. et al. Assessing healthcare service quality using routinely collected data: Linking information systems in emergency care. **Journal of Medical Systems**, v. 44, n. 6, 2020.

DU, J. et al. Incorporating health outcomes in Pennsylvania hospital efficiency: an additive super-efficiency DEA approach. **Annals of Operations Research**, v. 221, n. 1, p. 161–172, 3 out. 2014.

ELSBACH, K. D.; VAN KNIPPENBERG, D. The academy of management annals: Looking back, looking forward. **Academy of Management Annals**, v. 12, n. 1, p. 1–4, 2018.

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

EUROSTAT. **Full-time equivalent (FTE)**.

FÄRE, R.; KNOX LOVELL, C. A. Measuring the technical efficiency of production. **Journal of Economic Theory**, v. 19, n. 1, p. 150–162, 1978.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, v. 120, n. 3, p. 253–290, 1957.

FERRIER, G. D.; TRIVITT, J. S. Incorporating quality into the measurement of hospital efficiency: a double DEA approach. **Journal of Productivity Analysis**, v. 40, n. 3, p. 337–355, 10 dez. 2013.

FIXLER, T.; PARADI, J. C.; YANG, X. A data envelopment analysis approach for measuring the efficiency of Canadian acute care hospitals. **Health Services Management Research**, v. 27, n. 3–4, p. 57–69, 1 ago. 2014.

FRANKLIN, G. et al. How the COVID-19 Pandemic Impacted Medical Education during the Last Year of Medical School: A Class Survey. **Life**, v. 11, n. 4, 2021.

FRENK, J. et al. Challenges and opportunities for educating health professionals after the COVID-19 pandemic. **The Lancet**, v. 400, n. 10362, p. 1539–1556, 2022.

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, 2016.

GARMATZ, A.; VIEIRA, G. B. B.; SIRENA, S. A. Assessing the technical efficiency of brazil's teaching hospitals using data envelopment analysis. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 26, p. 3447–3457, 2021.

- GIANCOTTI, M.; GUGLIELMO, A.; MAURO, M. Efficiency and optimal size of hospitals: Results of a systematic search. **PLoS ONE**, v. 12, 29 mar. 2017.
- GOK, S. M.; SEZEN, B. Capacity inefficiencies of teaching and non-teaching hospitals. **The Service Industries Journal**, v. 32, n. 14, p. 2307–2328, nov. 2012.
- GÖKŞEN, Y.; DOĞAN, O.; ÖZKARABACAK, B. A Data Envelopment Analysis Application for Measuring Efficiency of University Departments. **Procedia Economics and Finance**, v. 19, n. 15, p. 226–237, 2015.
- GREENACRE, M. et al. Principal component analysis. **Nature Reviews Methods Primers**, v. 2, n. 1, p. 100, 2022.
- HADJI, B. et al. Assessing the Relationships Between Hospital Resources and Activities: A Systematic Review. **Journal of Medical Systems**, v. 38, n. 10, p. 127, 30 out. 2014.
- HADJI, B.; DEGOULET, P. Measuring hospital technical efficiency with data envelopment analysis, application to 20 Paris public university hospitals. **Research Square - Preprint**, 2023.
- HAIR, J. et al. **Multivariate Data Analysis, Nova Jersey. 734 p.** 7th. ed. [s.l.] Pearson Education Limited, 2010.
- HESHMATI, A.; TSIONAS, M.; RASHIDGHALAM, M. An assessment of the Swedish health system's efficiency during the Covid-19 pandemic. **International Journal of Healthcare Management**, v. 16, n. 3, p. 336–352, 3 jul. 2023.
- HEYDARI, C.; OMRANI, H.; TAGHIZADEH, R. A fully fuzzy network DEA-Range Adjusted Measure model for evaluating airlines efficiency: A case of Iran. **Journal of Air Transport Management**, v. 89, n. September, p. 101923, 2020.
- HOLLINGSWORTH, B.; PEACOCK, S. J. **Efficiency measurement in health and health care.** [s.l.] Routledge, 2008. v. 6
- HOSEK, J. R.; PALMER, A. R. Teaching and hospital costs: The case of radiology. **Journal of Health Economics**, v. 2, n. 1, p. 29–46, 1983.

IMANI, A. et al. Key Indicators Affecting Hospital Efficiency: A Systematic Review. **Frontiers in Public Health**, v. 10, 2022.

JAFARI, M.; SEYEDJAVADI, M.; ZABOLI, R. Assessment of performance in teaching hospitals: Using multicriteria decision-making techniques. **Journal of Education and Health Promotion**, v. 9, n. 1, 2020.

JAHANTIGH, F. F.; OSTOVARE, M. Application of a hybrid method for performance evaluation of teaching hospitals in Tehran. **Quality Management in Health Care**, v. 29, n. 4, p. 210–217, 2020.

JEHU-APPIAH, C. et al. Ownership and technical efficiency of hospitals: evidence from Ghana using data envelopment analysis. **Cost Effectiveness and Resource Allocation**, v. 12, n. 1, p. 9, 2014.

KALIRAJAN, K. P.; SHAND, R. T. Frontier Production Functions and Technical Efficiency Measures. **Journal of Economic Surveys**, v. 13, n. 2, p. 149–172, 1 abr. 1999.

KAMINETZKY, C. P. et al. Training satisfaction for subspecialty fellows in internal medicine: Findings from the Veterans Affairs (VA) Learners' Perceptions Survey. **BMC Medical Education**, v. 11, n. 1, p. 21, 2011.

KHUSHALANI, J.; OZCAN, Y. A. Are hospitals producing quality care efficiently? An analysis using Dynamic Network Data Envelopment Analysis (DEA). **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 60, p. 15–23, dez. 2017.

KIADALIRI, A. A.; JAFARI, M.; GERDTHAM, U.-G. Frontier-based techniques in measuring hospital efficiency in Iran: a systematic review and meta-regression analysis. **BMC Health Services Research**, v. 13, n. 1, p. 312, 15 dez. 2013.

KOCISOVA, K.; HASS-SY MOTIUK, M.; KLUDACZ-ALESSANDRI, M. USE OF THE DEA METHOD TO VERIFY THE PERFORMANCE MODEL FOR HOSPITALS. **E+M Ekonomie a Management**, v. 21, n. 4, p. 125–140, 2018.

KOHL, S. et al. The use of Data Envelopment Analysis (DEA) in healthcare with a focus on hospitals. **Health Care Management Science**, v. 22, n. 2, p. 245–286, 15 jun. 2019.

KYRATZI, P.; TSAMADIAS, C.; GIOKAS, D. Measuring the efficiency and productivity change of Greek universities over the time period 2005-2009. **International Journal of Education Economics and Development**, v. 6, n. 2, p. 111–129, 2015.

LABIJAK-KOWALSKA, A.; KADZIŃSKI, M. Experimental comparison of results provided by ranking methods in Data Envelopment Analysis. **Expert Systems with Applications**, v. 173, p. 114739, 2021.

LALANI, K. et al. The Impact of COVID-19 on the Financial Performance of Largest Teaching Hospitals. **Healthcare**, v. 11, n. 14, 2023.

LELEU, H. et al. A robust analysis of hospital efficiency and factors affecting variability. **Health Services Management Research**, v. 31, n. 1, p. 33–42, 9 fev. 2018.

LOBO, M. S. DE C. et al. Planning feasible and efficient operational scenarios for a university hospital through multimethodology. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 84, p. 101450, 2022.

LONGARAY, A. et al. Using MCDA to evaluate the performance of the logistics process in public hospitals: the case of a Brazilian teaching hospital. **International Transactions in Operational Research**, v. 25, n. 1, p. 133–156, 2018.

LUCIFORA, C. Management practices in hospitals: A public-private comparison. **PloS one**, v. 18, n. 2, p. e0282313–e0282313, 24 fev. 2023.

MACÊDO, E. et al. Análise dos modelos de pagamento aplicados ao financiamento federal na perspectiva do Sistema Único de Saúde. **Jornal Brasileiro de Economia da Saúde**, v. 14, n. Supl.1, p. 65–76, 24 mar. 2022.

MARCONI, M. DE A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

- MASOOMPOUR, S. M. et al. Five-Year Trend Analysis of Capacity Utilization Measures in a Teaching Hospital 2008-2012. **Shiraz E-Medical Journal**, v. 16, n. 2, 20 fev. 2015.
- MATOS, R.; FERREIRA, D.; PEDRO, M. I. Economic Analysis of Portuguese Public Hospitals Through the Construction of Quality, Efficiency, Access, and Financial Related Composite Indicators. **Social Indicators Research**, v. 157, n. 1, p. 361–392, 10 ago. 2021.
- MEDIN, E. et al. Cost efficiency of university hospitals in the Nordic countries: a cross-country analysis. **The European Journal of Health Economics**, v. 12, n. 6, p. 509–519, 29 dez. 2011.
- MOHAMMED ALI, A.; KASSAM, A. Efficiency Analysis of Healthcare Sector. **Engineering and Technology Journal**, v. 35, p. 509–515, 1 out. 2017.
- MUJASI, P. N.; ASBU, E. Z.; PUIG-JUNOY, J. How efficient are referral hospitals in Uganda? A data envelopment analysis and tobit regression approach. **BMC Health Services Research**, v. 16, n. 1, p. 230, 8 dez. 2016.
- NGUYEN, B. H.; ZELENYUK, V. Aggregate efficiency of industry and its groups: the case of Queensland public hospitals. **Empirical Economics**, v. 60, n. 6, p. 2795–2836, 1 jun. 2021.
- NICOLA, M. et al. The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19): A review. **International Journal of Surgery**, v. 78, p. 185–193, 2020.
- ONDER, O.; COOK, W.; KRISTAL, M. Does quality help the financial viability of hospitals? A data envelopment analysis approach. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 79, p. 101105, 2022.
- ÖZGEN NARCI, H. et al. An examination of competition and efficiency for hospital industry in Turkey. **Health Care Management Science**, v. 18, n. 4, p. 407–418, 2015.
- PARK, J. et al. A study on the quality-embedded efficiency measurement in DEA. **INFOR: Information Systems and Operational Research**, v. 56, n. 2, p. 247–263, 3 abr. 2018.
- PARK, Y. et al. Clinician Interface Design for Effective Diabetic Data Visualization in Diabetes Care. **Archives of Design Research**, v. 33, n. 4, p. 95–107, 2020.

PASCOE, S. et al. Economic versus physical input measures in the analysis of technical efficiency in fisheries. **Applied Economics**, v. 35, n. 15, p. 1699–1710, 15 out. 2003.

PEIXOTO, M. G. M. Análise envoltória de dados e análise de componentes principais: uma proposta de medição do desempenho em organizações hospitalares sob a perspectiva dos Hospitais Universitários Federais do Brasil. p. 232, 2016.

PEIXOTO, M. G. M.; MUSETTI, M. A.; MENDONÇA, M. C. A. Multivariate analysis techniques applied for the performance measurement of Federal University Hospitals of Brazil. **Computers & Industrial Engineering**, v. 126, p. 16–29, dez. 2018.

PEREZ-VILLADÓNIGA, M. J.; RODRIGUEZ-ALVAREZ, A.; ROIBAS, D. The contribution of resident physicians to hospital productivity. **The European Journal of Health Economics**, v. 23, n. 2, p. 301–312, 2022.

POST, C. et al. Advancing Theory with Review Articles *. 2019.

PROSS, C. et al. Quality and resource efficiency in hospital service provision: A geoadditive stochastic frontier analysis of stroke quality of care in Germany. **PLOS ONE**, v. 13, p. e0203017, 6 set. 2018.

QUENTIN, W. et al. Hospital payment based on diagnosis-related groups differs in Europe and holds lessons for the united states. **Health Affairs**, v. 32, n. 4, p. 713–723, 2013.

RAVAGHI, H. et al. A systematic review on hospital inefficiency in the Eastern Mediterranean Region: sources and solutions. **BMC Health Services Research**, v. 19, n. 1, p. 830, 12 dez. 2019.

ROSKO, M.; AL-AMIN, M.; TAVAKOLI, M. Efficiency and profitability in US not-for-profit hospitals. **International Journal of Health Economics and Management**, v. 20, n. 4, p. 359–379, 20 dez. 2020.

RUGGIERO, J. Measuring technical efficiency. **European Journal of Operational Research**, v. 121, n. 1, p. 138–150, 2000.

SANTOS, J. L. G. DOS et al. How are university hospitals coping with the COVID-19 pandemic in Brazil? **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 33, 6 out. 2020.

SCHNEIDER, A. M.; OPPEL, E.-M.; SCHREYÖGG, J. Investigating the link between medical urgency and hospital efficiency – Insights from the German hospital market. **Health Care Management Science**, v. 23, n. 4, p. 649–660, 16 dez. 2020.

SENOT, C. et al. The Impact of Combining Conformance and Experiential Quality on Hospitals' Readmissions and Cost Performance. **Management Science**, v. 62, 12 jun. 2015.

SHAQURA, I. I.; GHOLAMI, M.; AKBARI SARI, A. Assessment of public hospitals performance in Gaza governorates using the Pabón Lasso Model. **The International Journal of Health Planning and Management**, v. 36, n. 4, p. 1223–1235, 1 jul. 2021.

SILVA, A. M. X. DA; NASCIMENTO, P. M. S. DO; BOTELHO, R. M. Saúde mental dos profissionais de enfermagem do Brasil no contexto da pandemia Covid-19. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 6, n. 13, p. 2617–2628, 20 dez. 2023.

SIMÕES, P.; MARQUES, R. C. Performance and congestion analysis of the portuguese hospital services. **Central European Journal of Operations Research**, v. 19, n. 1, p. 39–63, 2011.

SLOAN, F. A. Quality and Cost of Care by Hospital Teaching Status: What Are the Differences? **The Milbank Quarterly**, v. 99, n. 1, p. 273–327, 1 mar. 2021.

SOUSA, F. F. DE; VIEIRA, B. B.; REIS, A. DA C. Cost Analysis of Hospitalization for COVID-19 in a Brazilian Public Teaching Hospital. **Value in Health Regional Issues**, v. 34, p. 48–54, 2023.

TRICCO, A. et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. **Annals of Internal Medicine**, v. 169, 4 set. 2018.

TZENG, C.-F.; LU, C.-H.; LIN, C.-H. Community socioeconomic status and dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest.

International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 18, n. 3, p. 1–11, 2021.

UGÁ, M. A. D. Sistemas de alocação de recursos a prestadores de serviços de saúde - a experiência internacional TT - Resource allocation systems for health service providers - the international experience. **Ciênc. saúde coletiva**, v. 17, n. 12, p. 3437–3445, 2012.

UNLER, G. K. et al. A Comparison of Five Different Treatment Regimens as the First-Line Treatment of *Helicobacter pylori* in Turkey. **Helicobacter**, v. 21, n. 4, p. 279–285, 2016.

VILLA, S.; KANE, N. Assessing the impact of privatizing public hospitals in three american states: Implications for universal health coverage. **Value in Health**, v. 16, n. 1 SUPPL., p. S24–S33, 2013.

WHO. **World Health Statistics 2023 Monitoring health for the SDGs Sustainable Development Goals HEALTH FOR ALL**. [s.l: s.n.].

WHO. **Number of COVID-19 cases reported to WHO**. [s.l: s.n.].

WHO. **Midwifery education and care**.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Situation Report - 51 Coronavirus disease 2019 (COVID-19)**. [s.l: s.n.].

XENOS, P. et al. Efficiency and productivity assessment of public hospitals in Greece during the crisis period 2009–2012. **Cost Effectiveness and Resource Allocation**, v. 15, n. 1, p. 6, 2017.

XU, R. et al. Evaluation of the impact of the COVID-19 pandemic on health service utilization in China: A study using auto-regressive integrated moving average model. **Frontiers in Public Health**, v. 11, 2023.

YILDIZ, M. S.; HEBOYAN, V.; KHAN, M. M. Estimating technical efficiency of Turkish hospitals: Implications for hospital reform initiatives. **BMC Health Services Research**, v. 18, n. 1, 2018.

YOO, S. et al. Electronically implemented clinical indicators based on a data warehouse in a tertiary hospital: Its clinical benefit and effectiveness. **International Journal of Medical Informatics**, v. 83, n. 7, p. 507–516, jul. 2014.

ZARRIN, M. A mixed-integer slacks-based measure data envelopment analysis for efficiency measuring of German university hospitals. **Health Care Management Science**, v. 26, n. 1, p. 138–160, 17 mar. 2023.

APÊNDICES E ANEXOS

ANEXO 1 - Hospitais Universitários Federais da Rede Ebserh.

Região	Cidade/UF	Nome do Hospital	Sigla
Norte	Manaus/AM	Hospital Universitário Getúlio Vargas da Universidade Federal do Amazonas	HUGV-UFAM
	Belém/PA	Complexo Hospitalar Universitário da Universidade Federal do Pará	CHU-UFPA
	Palmas/TO	Hospital de Doenças Tropicais da Universidade Federal do Tocantins	HDT-UFT
	Macapá/AP	Hospital Universitário da Universidade Federal do Amapá	HU-UNIFAP
Nordeste	Maceió/AL	Hospital Universitário Professor Alberto Antunes da Universidade Federal de Alagoas	HUPAA-UFAL
	Salvador/BA	Hospital Universitário Professor Edgard Santos da Universidade Federal da Bahia	HUPES-UFBA
	Salvador/BA	Maternidade Climério de Oliveira da Universidade Federal da Bahia	MCO-UFBA
	Fortaleza/CE	Complexo Hospitalar da Universidade Federal do Ceará	CH-UFC
	São Luis/MA	Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão	HU-UFMA
	Campina Grande/PB	Hospital Universitário Alcides Carneiro da Universidade Federal de Campina Grande	HUAC-UFMG
	Cajazeiras/PB	Hospital Universitário Júlio Bandeira da Universidade Federal de Campina Grande	HUJB-UFMG
	João Pessoa/PB	Hospital Universitário Lauro Wanderley da Universidade Federal da Paraíba	HULW-UFPB
	Recife/PE	Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco	HC-UFPE
	Petrolina/PE	Hospital Universitário da Universidade Federal do Vale do São Francisco	HU-UNIVASF
	Teresina/PI	Hospital Universitário da Universidade Federal do Piauí	HU-UFPI
	Santa Cruz/RN	Hospital Universitário Ana Bezerra da Universidade Federal do Rio Grande do Norte	HUAB-UFRN
	Natal/RN	Hospital Universitário Onofre Lopes da Universidade Federal do Rio Grande do Norte	HUOL-UFRN
	Natal/RN	Maternidade Escola Januário Cicco da Universidade Federal do Rio Grande do Norte	MEJC-UFRN
	Lagarto/SE	Hospital Universitário de Lagarto da Universidade Federal de Sergipe	HUL-UFS
	Aracaju/SE	Hospital Universitário da Universidade Federal de Sergipe	HU-UFS
Centro-oeste	Brasília/DF	Hospital Universitário de Brasília da Universidade de Brasília	HUB-UNB
	Goiânia/GO	Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Goiás	HC-UFG
	Campo Grande/MS	Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul	HUMAP-UFMS
	Dourados/MS	Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados	HU-UFGD

Região	Cidade/UF	Nome do Hospital	Sigla
Sudeste	Cuiabá/MT	Hospital Universitário Júlio Muller da Universidade Federal do Mato Grosso	HUJM-UFMT
	Vitória/ES	Hospital Universitário Cassiano Antônio Moraes da Universidade Federal do Espírito Santo	HUCAM-UFES
	Belo Horizonte/MG	Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais	HC-UFMG
	Uberaba/MG	Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro	HC-UFTM
	Uberlândia/MG	Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia	HC-UFU
	Juiz de Fora/MG	Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora	HU-UFJF
	Niterói/RJ	Hospital Universitário Antônio Pedro da Universidade Federal Fluminense	HUAP-UFF
	Rio de Janeiro/RJ	Hospital Universitário Gaffrée e Guinle da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro	HUGG-UNIRIO
	São Carlos/SP	Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos	HU-UFSCAR
	Curitiba/PR	Complexo do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná	CHC-UFPR
Sul	Pelotas/RS	Hospital Escola da Universidade Federal de Pelotas	HE-UFPEL
	Rio Grande/RS	Hospital Universitário Doutor Miguel Riet Corrêa Junior da Universidade Federal do Rio Grande	HU-FURG
	Santa Maria/RS	Hospital Universitário de Santa Maria da Universidade Federal de Santa Maria	HUSM-UFSM
	Florianópolis/SC	Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina	HU-UFSC

Fonte: BRASIL (2022).

APÊNDICE A - Catálogo de variáveis teóricas-alvo encontradas no artigo apresentado na seção 2.3

Authors	Inputs	Outputs	Other variables	Flexible variables
<i>Ali, Debela e Bamud (2017)</i>	<i>Bed; drug expenditure; and health staff</i>	<i>Outpatient visit; inpatient days; and surgery</i>	<i>Teaching status; proportion of medical doctors to the total staff; proportion of inpatients treated per medical doctor; and outpatient visits to inpatient days ratio</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Cinaroglu (2020)</i>	<i>Number of staffed beds within the hospitals; FTE physicians; and FTE nurses</i>	<i>Number of admissions; number of inpatients; and the total number of inpatient and outpatient surgeries</i>	<i>GDP per capita; Life expectancy at birth; and population density</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Du, Wang, Chen, Chou and Zhu (2014)</i>	<i>Beds; doctors; nurses; total operating expenses</i>	<i>Total operating revenue; cases; survival rate</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Ferrier and Trivitt (2013)</i>	<i>Beds; FTE registered nurses (RN); FTE licensed practical nurses (LPN); FTE other labors; and residents</i>	<i>Inpatient days (IP) broken down by Medicare, Medicaid, and other payers, emergency room visits, other outpatient visits, outpatient surgeries, and inpatient surgeries</i>	<i>Case mix index</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Fixler, Paradi and Yang (2014)</i>	<i>Service Recipient Workload Units (SRWU); and bed days</i>	<i>Inpatient/Resident Discharges and Deaths; outpatient visits; inpatient surgical visits; outpatient surgical visits; Resource Intensity Weight (RIW); and Expected Length of Stay (ELOS)</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Gok and Sezen (2012)</i>	<i>Total hospital beds; number of specialist physicians; number of non-specialist physicians</i>	<i>Bed utilization rate; bed turnover rate; total surgical operations; number of births; total outpatient visits; average facility inpatient days; and number of discharges</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Hadji, Meyer, Melikeche, Escalon and Degoulet (2014)</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>

Authors	Inputs	Outputs	Other variables	Flexible variables
<i>Jehu-Appiah et al. (2014)</i>	<i>Beds; clinical staff; nonclinical staff; and expenditure</i>	<i>Inpatient days; outpatient days; deliveries; laboratory services</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Khushalani and Ozcan (2017)</i>	<i>Number of beds as a proxy for capital expenses; total number of non-physician FTEs as a proxy for labor; and total operating expenses per bed</i>	<i>Case-mix adjusted discharges; total number of surgeries; emergency visits; and outpatient visits</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Kiadaliri, Jafari and Gerdtham (2013)</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Kohl, Schoenfelder, Fügner and Brunner (2019)</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Leleu, Al-Amin, Rosko and Valdmanis (2018)</i>	<i>Case Mix Index; FTE registered nurses and licensed practical nurses; other trainees; FTE other; beds; and post admission days</i>	<i>Number of admissions (no surgical); number of inpatient surgeries; number of outpatient surgeries; number of visits; number of other visits; mortality rate: heart attack; mortality rate: heart failure; mortality rate: pneumonia; readmission: heart attack; readmission: heart failure; readmission: pneumonia; readmission rate: knee, hip; and readmission rate: all.</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Matos, Ferreira and Pedro (2021)</i>	<i>Not applicable in these format</i>			
<i>Medin et al. (2011)</i>	<i>Operating costs; and teaching and research costs</i>	<i>Diagnosis-related groups (DRG)- adjusted medical hospital cases; DRG-adjusted surgical hospital cases; outpatient visits; full-time equivalent (FTE) interns; FTE</i>	<i>Outlier days per discharge; DRG weight>5; Case-mix index; and Outpatient visits to discharge ratio</i>	<i>Not applicable</i>

Authors	Inputs	Outputs	Other variables	Flexible variables
		residents; Number of citations; Centre for Science and Technology Studies (CWTS) field normalized-citation score; share of top 5% publications		
Mujasi, Asbu and Puig-Junoy (2016)	Beds; and staff	Inpatient days; and outpatient visits	Bed occupancy rate; Outpatient visits as a proportion of inpatient days; Average Length of Stay; Hospital Size; Ownership; teaching status; distance of the teaching hospital from the capital city; population size	Not applicable
Nguyen and Zelenyuk (2021)	Beds; Drug and medical supply expenditure; medical officers (MEO); nurses (TNUR); diagnostic and health professionals (DHP); other personal care staff (OPCS); administrative and clerical staff (ACS); and domestic and other staff (DOS)	Non-admitted occasions of service; and Casemix weighted inpatient episodes	Teaching status; geographical location; and hospital size	Not applicable
Özgen Narıcı, Özcan, Şahin, Tarcın and Narıcı (2015)	Beds; Specialists; General practitioners; Nurses; and All others	Discharges; Outpatient visits; Emergency care; Surgeries; and Daycare	Population per km2 in a province; % of uninsured population in a province; settlement; Physician per 1000 population in a province; chain; ownership; Hospital being situated in a province where family physician model is being pilot; Hospital having a contract with SSI - Social Security Institution; Sum of the squared market shares of all hospitals in a given province, bounded by the values 0 and	Not applicable

Authors	Inputs	Outputs	Other variables	Flexible variables
			1; Sum of the squared market shares of all hospitals within 15 miles, bounded by the values 0 and 1; Top managers' perceived number of competitors in the province where the relevant hospital is situated; and Top managers' perceived degree of competition among general hospitals in the province where the hospital is situated, on a 5-point Likert scale	
Park, Sung, Kim, Lee and Bae (2018)	Number of doctors and nurses; and the number of employees	Medical profit from the provision of medical treatment; medical service satisfaction; and service level	Not applicable	Not applicable
Peixoto, Musetti and Mendonça (2018)	Supervision of internship and residency (SIR); days of hospitalization (DH); and type of equipment (TE); and Specific projects – Ministry of Health	Medical residence	Not applicable	Not applicable
Perez-Villadóniga, Rodríguez-Alvarez and Roibas (2022)	Number of doctors (senior, and resident); care technicians (nurses, matrons, and others); endowment of beds; and expenses on sanitary material, food, clothing, fuels, and others (SUPP), measured in constant year 2006 euros (millions of euros).	Hospital production into three output categories: non-intensive care discharges, which is a weighted (by WCU) sum of discharges in general medicine, surgery, pediatric and obstetrics medicine; outpatient visits, which is a weighted (by WCU) sum of first and successive visits and emergencies without entrance; and intensive-care discharges.	Hospital ownership (Private or Publicly Owned), and two variables related with the specialization of the hospital: the number of specialties treated in the hospital (Specialties) with a maximum value of four (general medicine, obstetrics, pediatrics, and surgery), and a Herfindahl index measuring the concentration of hospital discharges in those specialties (Herfindahl).	Not applicable
Ravaghi, Afshari, Isfahani	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable

Authors	Inputs	Outputs	Other variables	Flexible variables
<i>and Bêlorgeot (2019)</i>				
<i>Rosko, Al-Amin and Tavakoli (2020)</i>	<i>Not identified</i>	<i>Not identified</i>	<i>Operating margin; Total margin; Efficiency score; Academic medical center; Average length of stay; Beds; Herfindahl–Hirschman Index; Medicaid expansion state; Medicaid share of admissions; Medicare share of admissions; Occupancy rate; System member; and Unemployment rate</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Schneider, Oppel and Schreyögg (2020)</i>	<i>Beds; physicians; registered nurses; and nurse assistants</i>	<i>Adjusted inpatient discharges; and outpatient cases</i>	<i>Average urgency score; dispersion of medical urgency; ownership; teaching status; competition; and location</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Simões and Marques (2011)</i>	<i>Capital expenses (CAPEX); Staff; and other operational expenses (OOPEX)</i>	<i>Patients; Emergency visits; and Outpatient visits</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Xenos et al. (2017)</i>	<i>Number of doctors; number of beds; expenditure; and number of other personnel</i>	<i>Diagnostic procedures; and number of patients</i>	<i>Health prefectures; hospital type (teaching or non-teaching); and hospital size</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Yildiz, Heboyan and Khan (2018)</i>	<i>Inpatient hospital beds; non-doctor clinicians; Doctors; Devices; ICU beds; and administrative staff</i>	<i>Bed; doctors; clinicians; Number of X-Ray, MR, CT, Eletrocardiograma (ECG), Doppler Dummy; Number of administrative staff; and Intensive Care Unit (ICU) Beds</i>	<i>Hospital ownership type; income; and region</i>	<i>Not applicable</i>
<i>Yoo et al. (2014)</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Clinical indicators; performance indicators; safety indicators; and patient experience indicators</i>	<i>Not applicable</i>

<i>Authors</i>	<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>	<i>Other variables</i>	<i>Flexible variables</i>
<i>Zarrin (2023)</i>	<i>Number of beds, physicians, and nurses.</i>	<i>Number of outpatients, case-mix adjusted discharges, number of medical students.</i>	<i>Population density, mortality rate, population, education index, GDP/capita</i>	<i>Number of graduates and third-party funding income.</i>

Fonte: elaborado pelo autor na preparação do artigo apresentado na seção 2.3

APÊNDICE B - Verificação de operacionalização das variáveis teóricas-alvo.

ID	Variável teórica-alvo	Classificação original	Proxy	Perguntas de verificação	
				Há dados disponíveis?	Para quantos HUFs?
1	Leitos	<i>Input</i>	Número de leitos existentes	Sim	37
1.1	Leitos com <i>staff</i> (equipe)	<i>Input</i>	Número de leitos ativos	Sim	37
1.2	Leitos de internação	<i>Input</i>	Número de leitos de internação	Sim	37
1.3	Leitos de UTI	<i>Input</i>	Número de leitos de UTI	Sim	37
2	Número de profissionais	<i>Input</i>	Número de colaboradores	Sim	37
2.1	Profissionais assistenciais	<i>Input</i>	Número de colaboradores da área assistencial	Sim	37
2.1.1	Médicos	<i>Input</i>	Número de médicos	Sim	37
2.1.1.1	Médicos especialistas	<i>Input</i>	-	Não	-
2.1.1.2	Médicos assistentes	<i>Input</i>	-	Não	-
2.1.1.3	Médicos generalistas	<i>Input</i>	-	Não	-
2.1.2	Enfermeiros	<i>Input</i>	Número de enfermeiros	Sim	37
2.1.3	Técnicos de enfermagem	<i>Input</i>	Número de técnicos de enfermagem	Sim	37
2.2	Profissionais não-assistenciais	<i>Input</i>	Número de colaboradores da área administrativa	Sim	37
3	Equivalência da Carga-Horária Integral (FTE) de médicos, não médicos, enfermeiros, enfermeiros práticos licenciados, outros profissionais	<i>Input</i>	-	Não	-
4	Despesas	<i>Input</i>	Valor das despesas	Sim	37
4.1	Despesas operacionais	<i>Input</i>	Valor do custeio da operação	Sim	37
4.1.1	Despesas com medicamentos	<i>Input</i>	Valor das despesas com medicamentos	Sim	37
4.1.2	Despesas com material sanitário, alimentação, vestuário, combustíveis e outros	<i>Input</i>	-	Não	-
4.1.3	Outras despesas operacionais	<i>Input</i>	-	Não	-
4.1.4	Despesas operacionais por leito	<i>Input</i>	Valor do gasto por leito	Sim	37

ID	Variável teórica-alvo	Classificação original	Proxy	Perguntas de verificação	
				Há dados disponíveis?	Para quantos HUFs?
4.2	Despesas de investimento	Input	Valor das despesas de investimento	Sim	37
5	Custos	Input	-	Não	-
5.1	Custos operacionais	Input	-	Não	-
5.2	Custos de ensino e pesquisa	Input	-	Não	-
6	Índice <i>Case Mix</i> (<i>Case Mix Index - CMI</i>)	Input	Número de habilitações	Sim	37
7	Dias de pós-admissão	Input	-	Não	-
8	Dias de internação	Input	Tempo Médio de Permanência Hospitalar	Sim	37
9	Leitos-dia	Input	-	Não	-
10	Residentes	Input	Número de residentes	Sim	37
10.1	Residentes médicos	Input	Número de residentes médicos	Sim	37
11	Supervisores de internos e residentes	Input	Número de preceptores médicos	Sim	37
12	Outros <i>Trainees</i>	Input	-	Não	-
13	Tipo de equipamento	Input	Número de equipamentos	Sim	37
14	Unidades de carga de trabalho do destinatário do serviço (SRWU)	Input	-	Não	-
15	Projetos específicos do Ministério da Saúde	Input	-	Não	-
Input 1	Número de leitos	Output	Ver proxy de ID 1 (Número de leitos existentes)		
16	Taxa de ocupação hospitalar	Output	-	Sim	37
17	Giro de leito	Output	-	Sim	37
Input 2.1	Profissionais assistenciais	Output	Ver proxy de ID 2.1 (Número de colaboradores da área assistencial)		
Input 2.2	Profissionais não-assistenciais	Output	Ver proxy de ID 2.2 (Número de colaboradores da área administrativa)		
18	Receita operacional	Output	Valor da Receita SUS	Sim	37
19	DRG (<i>Diagnosis-Related Groups</i> ou Grupos Relacionados ao Diagnóstico)	Output	-	Não	-
20	Peso da intensidade do recurso (RIW)	Output	-	Não	-
21	Lucro médico da prestação de tratamento médico	Output	-	Não	-

ID	Variável teórica-alvo	Classificação original	Proxy	Perguntas de verificação	
				Há dados disponíveis?	Para quantos HUFs?
22	Casos	Output	-	Não	-
23	Número de altas	Output	-	Sim	37
24	Número de óbitos	Output	-	Sim	37
25	Taxa de sobrevivência	Output	Número de altas - Número de óbitos	Sim	37
26	Taxa de mortalidade	Output	Taxa de mortalidade institucional	Sim	37
27	Taxa de readmissão	Output	-	Não	-
28	Consultas ambulatoriais	Output	Número de consultas	Sim	37
29	Cirurgias	Output	Número de cirurgias	Sim	37
30	Procedimentos de diagnóstico	Output	Número de exames	Sim	37
30.1	Serviços laboratoriais	Output	Número de exames laboratoriais	Sim	37
31	Admissões	Output	Número de admissões	Sim	37
32	Não-admissões	Output	-	Não	-
33	Internações	Output	Número de internações	Sim	37
34	Pacientes	Output	Número de pacientes	Sim	37
35	Internação ponderada por Casemix	Output	-	Não	-
36	Tempo de permanência esperado	Output	-	Não	-
37	Dias de internação por pagantes	Output	-	Não	-
38	Número de nascimentos	Output	Número de partos	Sim	37
39	Equivalência de Carga-Horária Integral dos Internos	Output	-	Não	-
Input 10	Número de residentes	Output	Ver proxy de ID 10 (Número de residentes)		
40	Número de citações	Output	-	Não	-
41	Pontuação de citação normalizada de campo do Centro de Estudos de Ciência e Tecnologia (CWTS)	Output	-	Não	-
42	Participação das principais publicações	Output	Número de pesquisas/projetos	Sim	37
43	Número de estudantes médicos	Output	-	Sim	37
Input 13	Número de Raios-X, MR, CR, ECG, Doppler	Output	Ver proxy de ID 13 (Número de equipamentos)		
44	Pacientes ambulatoriais	Output	Número de consultórios	Sim	37

ID	Variável teórica-alvo	Classificação original	Proxy	Perguntas de verificação	
				Há dados disponíveis?	Para quantos HUFs?
45	Satisfação com o serviço médico	Output	Percentual de usuários satisfeitos com o atendimento	Sim	37
46	Nível de Serviço	Output	-	Não	-
47	Entregas	Output	-	Não	-

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: as variáveis “Tipo de equipamento” e “Número de Raios-X, MR, CR, ECG, Doppler” foram verificadas na literatura como *input* (PEIXOTO; MUSETTI; MENDONÇA, 2018) e *output* (YILDIZ; HEBOYAN; KHAN, 2018), respectivamente. Porém, dada a similaridade de seu conceito, foi utilizada a *proxy* “número de equipamentos” usada como *input* do ponto de vista da estrutura física e tecnológica disponível para a prestação de serviços dos HUFs.

APÊNDICE C - Dados dos HUFs aplicados neste estudo.

2019										
DMU	COLABASS	GASTL	GL	URP	SATRES	NC	DIST	REG	POP	
1	2.525	R\$ 1.401.000,00	3,31	280.181	7,3	1	0	Nordeste	2.596.157	
2	2.318	R\$ 1.092.000,00	3,00	281.275	6,6	1	0	Nordeste	1.061.374	
3	2.305	R\$ 1.456.000,00	3,22	362.115	6,4	1	0	Sudeste	2.392.678	
4	1.243	R\$ 1.194.000,00	3,16	216.095	6,5	1	483	Sudeste	359.090	
5	1.285	R\$ 1.019.000,00	3,59	411.425	6,4	1	543	Sudeste	725.536	
6	2.484	R\$ 944.000,00	4,26	326.396	6,0	1	0	Sul	1.871.789	
7	1.155	R\$ 1.157.000,00	2,46	137.100	7,1	2	0	Nordeste	960.667	
8	1.126	R\$ 1.421.000,00	4,19	240.764	6,0	2	0	Centro-oeste	1.414.483	
9	1.886	R\$ 1.107.000,00	3,27	163.763	7,3	2	0	Nordeste	1.494.586	
10	1.215	R\$ 1.359.000,00	2,11	140.023	6,5	2	21	Sudeste	523.664	
11	1.397	R\$ 1.125.000,00	3,61	271.495	7,0	2	289	Sul	4.843	
12	1.857	R\$ 1.405.000,00	2,45	157.562	6,4	3	0	Nordeste	2.610.987	
13	1.358	R\$ 1.439.000,00	3,49	165.621	6,5	3	0	Sudeste	331.785	
14	1.171	R\$ 986.000,00	3,89	161.986	7,0	3	0	Centro-oeste	10.319	
15	1.439	R\$ 937.000,00	2,52	154.456	7,3	3	0	Nordeste	751.932	
16	1.242	R\$ 1.691.000,00	4,01	146.491	6,9	3	0	Sul	574.200	
17	621	R\$ 1.091.000,00	2,04	53.738	7,1	4	0	Norte	2.054.731	
18	1.499	R\$ 1.648.000,00	3,71	118.994	5,7	4	0	Centro-oeste	2.923.369	
19	806	R\$ 1.128.000,00	4,17	135.107	6,5	4	230	Centro-oeste	261.019	
20	1.020	R\$ 1.522.000,00	3,13	87.323	7,0	4	262	Sudeste	557.777	
21	1.093	R\$ 872.000,00	2,91	112.490	5,8	4	0	Norte	1.367.336	
22	1.633	R\$ 1.638.000,00	3,35	154.692	6,9	4	0	Nordeste	889.618	
23	1.55	R\$ 1.214.000,00	2,22	113.528	7,2	4	0	Nordeste	868.523	
24	1.137	R\$ 1.076.000,00	1,68	84.087	5,7	4	0	Sudeste	6.625.849	
25	721	R\$ 872.000,00	3,28	152.285	6,3	4	319	Sul	191.719	
26	660	R\$ 1.960.000,00	2,63	46.458	7,0	5	0	Nordeste	2.610.987	
27	546	R\$ 1.359.000,00	2,60	79.701	6,4	5	0	Centro-oeste	694.244	

2019										
DMU	COLABASS		GASTL	GL	URP	SATRES	NC	DIST	REG	POP
28	736	R\$	968.000,00	2,53	92.144	7,1	5	126	Nordeste	418.140
29	578	R\$	992.000,00	5,65	132.064	7,0	5	713	Nordeste	388.145
30	695	R\$	925.000,00	5,11	135.068	6,3	5	0	Nordeste	751.932
31	874	R\$	1.134.000,00	2,33	98.560	6,6	5	259	Sul	324.026
32	457	R\$	1.174.000,00	4,30	67.544	6,1	5	80	Nordeste	101.642
33	1.336	R\$	2.164.000,00	3,17	66.973	6,1	5	0	Nordeste	605.309
34	215	R\$	1.212.000,00	3,22	17.254	5,4	6	477	Nordeste	63.118
35	243	R\$	1.053.000,00	5,97	25.774	5,9	6	122	Nordeste	37.232
36	269	R\$	1.302.000,00	2,91	18.613	6,6	6	234	Sudeste	256.898
37	190	R\$	907.000,00	2,54	19.664	7,0	6	0	Norte	334.454

2022										
DMU	COLABASS		GASTL	GL	URP	SATRES	NC	DIST	REG	POP
1	2.851	R\$	1.610.000,00	2,98	264.052	7,7	1	0	Nordeste	2.596.157
2	2.755	R\$	1.284.000,00	3,12	292.069	6,4	1	0	Nordeste	1.061.374
3	2.676	R\$	1.698.000,00	2,93	293.114	7,4	1	0	Sudeste	2.392.678
4	1.630	R\$	1.406.000,00	3,25	223.431	6,7	1	483	Sudeste	359.090
5	2.516	R\$	1.570.000,00	3,34	361.385	6,3	1	543	Sudeste	725.536
6	3.116	R\$	1.593.000,00	4,14	385.739	6,2	1	0	Sul	1.871.789
7	1.237	R\$	1.294.000,00	2,24	113.159	7,0	2	0	Nordeste	960.667
8	1.427	R\$	1.202.000,00	2,50	197.079	6,4	2	0	Centro-oeste	1.414.483
9	2.098	R\$	1.304.000,00	2,74	145.483	6,8	2	0	Nordeste	1.494.586
10	1.575	R\$	1.453.000,00	1,73	122.851	6,4	2	21	Sudeste	523.664
11	1.596	R\$	1.285.000,00	3,17	240.735	7,1	2	289	Sul	4.843
12	1.964	R\$	1.665.000,00	2,34	153.814	6,2	3	0	Nordeste	2.610.987
13	1.702	R\$	1.804.000,00	3,35	173.765	7,6	3	0	Sudeste	331.785
14	1.460	R\$	1.127.000,00	4,01	154.901	6,6	3	0	Centro-oeste	10.319
15	1.557	R\$	1.052.000,00	2,32	144.242	6,8	3	0	Nordeste	751.932

2022										
DMU	COLABASS	GASTL	GL	URP	SATRES	NC	DIST	REG	POP	
16	1.470	R\$ 1.784.000,00	3,51	153.827	6,1	3	0	Sul	574.200	
17	745	R\$ 1.326.000,00	1,50	62.235	6,5	4	0	Norte	2.054.731	
18	1.845	R\$ 2.027.000,00	3,88	127.373	5,9	4	0	Centro-oeste	2.923.369	
19	970	R\$ 1.235.000,00	4,19	131.554	5,2	4	230	Centro-oeste	261.019	
20	1.188	R\$ 1.831.000,00	2,95	85.453	7,2	4	262	Sudeste	557.777	
21	1.466	R\$ 1.354.000,00	3,08	111.326	6,5	4	0	Norte	1.367.336	
22	1.716	R\$ 2.078.000,00	3,34	127.181	7,2	4	0	Nordeste	889.618	
23	1.253	R\$ 1.727.000,00	1,65	126.601	8,0	4	0	Nordeste	868.523	
24	1.280	R\$ 1.289.000,00	2,17	85.438	6,4	4	0	Sudeste	6.625.849	
25	1.075	R\$ 1.128.000,00	2,60	129.303	6,2	4	319	Sul	191.719	
26	756	R\$ 1.867.000,00	3,22	73.248	8,0	5	0	Nordeste	2.610.987	
27	709	R\$ 1.603.000,00	2,32	71.499	7,1	5	0	Centro-oeste	694.244	
28	861	R\$ 1.196.000,00	2,09	83.901	7,5	5	126	Nordeste	418.140	
29	678	R\$ 1.186.000,00	5,03	119.622	6,4	5	713	Nordeste	388.145	
30	803	R\$ 1.100.000,00	4,90	119.874	7,2	5	0	Nordeste	751.932	
31	1.053	R\$ 1.423.000,00	2,35	106.860	5,7	5	259	Sul	324.026	
32	658	R\$ 1.456.000,00	3,73	84.048	4,6	5	80	Nordeste	101.642	
33	1.391	R\$ 2.197.000,00	3,03	74.126	6,7	5	0	Nordeste	605.309	
34	291	R\$ 1.217.000,00	3,41	13.899	7,8	6	477	Nordeste	63.118	
35	404	R\$ 1.145.000,00	5,22	21.247	7,4	6	122	Nordeste	37.232	
36	386	R\$ 1.358.000,00	3,86	30.782	8,3	6	234	Sudeste	256.898	
37	260	R\$ 1.122.000,00	2,26	15.341	7,3	6	0	Norte	334.454	

Fonte: dados coletados pelo autor.