

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Administração e de Turismo - FAT
Programa de Pós-Graduação em Administração Pública em Rede Nacional –
PROFIAP



Trabalho de Conclusão Final

Eficiência em educação profissional, científica e tecnológica:
um estudo sobre os Institutos Federais brasileiros

Cheila Pinto Majada

Pelotas, 2019

Cheila Pinto Majada

Eficiência em educação profissional, científica e tecnológica:

um estudo sobre os Institutos Federais brasileiros

Trabalho de Conclusão Final apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Administração Pública em Rede Nacional – PROFIAP - da Faculdade de Administração e de Turismo da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Administração Pública.

Orientador: Prof. Dr. Everton Anger Cavalheiro

Coorientador: Prof. Dr. Leonardo Rosa Rohde

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

M233e Majada, Cheila Pinto

Eficiência em educação profissional, científica e tecnológica : um estudo sobre os institutos federais brasileiros / Cheila Pinto Majada ; Everton Anger Cavalheiro, orientador ; Leonardo Rosa Rohde, coorientador. — Pelotas, 2019.

111 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação Profissional em Administração Pública em Rede Nacional, Faculdade de Administração e de Turismo, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. Eficiência. 2. Institutos federais. 3. Causalidade de Granger. 4. Análise envoltória de dados (DEA). I. Cavalheiro, Everton Anger, orient. II. Rohde, Leonardo Rosa, coorient. III. Título.

CDD : 351

Cheila Pinto Majada

Eficiência em educação profissional, científica e tecnológica:
um estudo sobre os Institutos Federais brasileiros

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Administração Pública, Programa de Pós-Graduação em Administração Pública em Rede Nacional – PROFIAP, Faculdade de Administração e de Turismo, da Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 30 de outubro de 2019.

Banca examinadora:

.....

Prof. Dr. Everton Anger Cavalheiro (Orientador) (PROFIAP/UFPeI)

Doutor em Administração pela Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Brasil.

.....

Prof. Dr. Leonardo Rosa Rohde (Coorientador) (Ceng/UFPeI)

Doutor em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil.

.....

Prof. Dr. Alejandro Martins Rodriguez (PROFIAP/UFPeI)

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Brasil.

.....

Prof. Dr. Wellington Furtado Santos (Administração/IFFar)

Doutor em Administração pela Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Brasil.

.

Dedico este trabalho à minha amada mãe (*in memoriam*), grande incentivadora dos meus estudos e quem me ensinou, em sua simplicidade, que conhecimento não ocupa espaço. De igual maneira, ao meu amado filho, Aquiles, razão da minha existência e luz da minha vida, para que nunca desista dos seus sonhos.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus, pelo discernimento, coragem e inspiração recebida para que eu pudesse concluir mais esta etapa em minha vida.

Ao meu filho, Aquiles, por ter entendido cada ausência. Meu amor, nunca foi por mim e sim por nós, como tudo que faço na vida.

Ao meu irmão, Alexandre, à minha cunhada, Luana, ao meu sobrinho, Inácio, por igualmente terem compreendido minha ausência. Obrigado por sempre estarem ao meu lado, nos momentos de alegrias e, principalmente, nos momentos difíceis.

Aos velhos amigos de todas as horas, Camila, Leandro, Otávio, Luciane e Daiana, aqueles que sempre me apoiaram e acreditaram na minha capacidade. Que ofertaram um ombro amigo e me ampararam nos momentos de desânimo.

Aos novos amigos que conheci durante o mestrado. Obrigada pelas risadas e pelos momentos de desabafo.

Ao meu orientador, professor Everton, pela paciência, dedicação, pelo incentivo quando me senti desanimada e, também, pelos “puxões de orelha” que em algumas ocasiões se fizeram necessários.

Aos professores que aceitaram fazer parte da banca, Alejandro, Leonardo e Wellington. Pessoas que eu tive a satisfação de conhecer e que passei a admirar grandemente. Assim como aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Administração Pública da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Por fim, ao Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul), sobretudo, na figura da Pró-reitora de Administração e de Planejamento (e amiga), Daniela. Também não posso deixar de agradecer aos meus colegas de setor, Ricardo, Adriano e Maria de Fátima por todo o apoio durante esta empreitada, principalmente, no período em que estive afastada.

Sem cada um de vocês não teria sido possível! Sempre os levarei no coração.

Muito Obrigada!

Resumo

MAJADA, Cheila Pinto. **Eficiência em educação profissional, científica e tecnológica**: um estudo sobre os Institutos Federais brasileiros. 2019. 111f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Faculdade de Administração e Turismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

A literatura tem demonstrado que é de praxe que a Administração Pública, na qual estão incluídos os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, objeto deste estudo, opere suas atividades por meio de recursos financeiros escassos. Por outro lado, faz-se necessário que o dinheiro público seja gerido de tal maneira que os serviços prestados pelas instituições públicas sejam eficientes, realizando o máximo possível a partir dos insumos disponíveis. À vista disso, o objetivo geral deste estudo é investigar o nível de eficiência dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia brasileiros. Para tanto, a metodologia adotada foi a Análise Envoltória de Dados com a finalidade de aferir o nível de eficiência das unidades estudadas. Além disso, utilizou-se de testes econométricos, dentre eles o teste de causalidade de Granger, como forma de comprovar a relação entre as variáveis de *inputs* e *outputs* utilizadas na análise de eficiência. Os resultados dos testes de causalidade de Granger demonstram que existe um fluxo causal entre as variáveis consideradas como *inputs* neste trabalho (alunos ingressantes, investimentos, outras despesas correntes e total de servidores) e as variáveis aqui consideradas como *outputs* (alunos retidos e alunos concluintes). Assim sendo, a partir da Análise Envoltória de Dados, foi possível concluir que a Instituição mais eficiente no ano de 2018 foi o Instituto Federal Farroupilha (IFFar). Por outro lado, no que se refere às Instituições que não alcançaram o escore máximo de eficiência, observou-se uma grande diversidade entre os resultados encontrados, sugerindo a necessidade de se tomar providências quanto à melhoria da eficiência das mesmas. Para que isso seja possível, demonstraram-se caso a caso os fatores que impediram que as Instituições ineficientes alcançassem a eficiência no ano de 2018, com o intuito de auxiliar a tomada de decisão pelos respectivos gestores a fim de que essas venham a tornarem-se eficientes.

Palavras-chave: eficiência; Institutos Federais; causalidade de Granger; análise envoltória de dados (DEA).

Abstract

MAJADA, Cheila Pinto. **Efficiency in professional, scientific and technological education: a study on Brazilian Federal Institutes**. 2019. 111f. Dissertation (Master Degree em Administração Pública) – Faculdade de Administração e Turismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

The literature has shown that it is usual that the Public Administration, which includes the Federal Institutes of Education, Science and Technology, object of this study, operate its activities through scarce financial resources. On the other hand, it is necessary that public money be managed in such a way that the services provided by public institutions are efficient, performing as much as possible from the available inputs. In view of this, the general objective of this study is to investigate the efficiency level of the Brazilian Federal Institutes of Education, Science and Technology. Therefore, the methodology adopted was the Data Envelopment Analysis with the purpose of measuring the efficiency level of the studied units. In addition, econometric tests were used, among them the Granger causality test, as a way to prove the relationship between the input and output variables used in the efficiency analysis. The results of the Granger causality tests show that there is a causal flow between the variables considered as inputs in this paper (new students, investments, other current expenses and total servers) and the variables considered here as outputs (retained students and senior students). . Thus, from the Data Envelopment Analysis, it was concluded that the most efficient institution in 2018 was the Federal Farroupilha Institute (IFFar). On the other hand, regarding the Institutions that did not reach the maximum efficiency score, there was a great diversity among the results found, suggesting the need to take steps to improve their efficiency. To make this possible, the factors that prevented inefficient institutions from achieving efficiency in 2018 were demonstrated on a case-by-case basis to assist decision-making by their managers so that they could become efficient.

Key-words: efficiency; Federal Institutes; causality of Granger; data envelopment analysis (DEA).

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Modelo Conceitual da Avaliação de Eficiência.....	65
-----------	---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Teste de Raiz Unitária (variáveis em nível e em primeira diferença).....	67
Tabela 02	Teste de Cointegração de Johansen.....	70
Tabela 03	Teste de Cointegração de Johansen.....	71
Tabela 04	Teste de Causalidade de Granger.....	72
Tabela 05	Teste de Causalidade de Granger.....	73
Tabela 06	Estatística dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> – 2018.....	76
Tabela 07	Resultado DEA – 2018 (eficiência padrão).....	77
Tabela 08	Resultado DEA – 2018 (eficiência invertida).....	78
Tabela 09	Resultado DEA – 2018 (eficiência composta).....	78
Tabela 10	Resultado DEA – 2018 (eficiência composta normalizada).....	81
Tabela 11	Grau de eficiência por níveis (Eficiência Composta Normalizada)...	82
Tabela 12	<i>Inputs</i> e <i>Outputs</i> – IFFar e IFPB.....	84
Tabela 13	Dados Socioeconômicos – IFFar e IFPB.....	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	DMUs em Análise.....	61
Quadro 02	<i>Design</i> da Pesquisa.....	66

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivo Geral e Objetivos Específicos.....	16
1.2 Justificativa.....	17
1.3 Estrutura do Trabalho.....	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 Administração Pública.....	19
2.2 Eficiência na Administração Pública.....	22
2.3 Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia.....	24
2.4 Orçamento dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia	27
2.5 Análise Envoltória de Dados (DEA).....	31
2.5.1 Conceitos básicos.....	31
2.5.2 O Modelo Charnes, Cooper e Rhodes – CCR.....	36
2.5.3 O Modelo Banker, Charnes e Cooper – BCC	39
2.6 Seleção de <i>Inputs</i> e <i>Outputs</i>.....	44
2.6.1 Teste de raiz unitária.....	49
2.6.2 Teste de cointegração.....	50
2.6.3 Teste de causalidade.....	50
2.7 Aplicações da Análise Envoltória de Dados no Setor da Educação.....	52
2.7.1 Literatura Nacional.....	52
2.7.2 Literatura internacional.....	56
3 METODOLOGIA.....	60
3.1 Caracterização da pesquisa.....	60
3.2 Análise dos dados – Visão Geral.....	60
3.2.1 Análise Envoltória de Dados.....	61
3.2.2 Definição e seleção das DMUs.....	62
3.2.3 Seleção dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i>	64
4. DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO.....	68
4.1 Análise dos resultados econométricos.....	68
4.2 Análise Envoltória de Dados.....	76
4.2.1 Comparativo – Instituição Mais e Menos Eficiente.....	83
4.3 Proposta de intervenção.....	85
5. CONCLUSÃO.....	89

REFERÊNCIAS.....	91
APÊNDICES.....	102
APÊNDICE A – Inputs Utilizados em Outros Trabalhos.....	103
APÊNDICE B – Outputs Utilizados em Outros Trabalhos.....	104
APÊNDICE C – Síntese da Literatura Nacional.....	105
APÊNDICE D – Síntese da Literatura Internacional.....	106
APÊNDICE E – Alvos por Instituição.....	107

1. INTRODUÇÃO

A política de educação profissional no Brasil encontra suas bases nas Escolas de Aprendizes Artífices, criadas em 1909, por iniciativa do então Presidente da República Nilo Peçanha. Destinadas ao ensino profissional primário gratuito, essas instituições traduziam os anseios de uma educação para o trabalho e evidenciavam a dualidade do nosso sistema educacional, marcada pela existência de tipos diferentes de escola para classes sociais distintas (GUIDI, 2016).

Desde que foram criados, esses educandários passaram por diversas alterações: em 1937 foram transformados em Liceus Industriais, destinados ao ensino profissional, de todos os ramos e graus; em 1942 passaram a ser Escolas Industriais e Técnicas, oferecendo formação profissional em nível equivalente ao secundário (BRASIL, 2016a).

No ano de 1959 foram transformadas em autarquias, passando a ser Escolas Técnicas Federais e dispendo de autonomia didática e de gestão. Já em 1994 foi instituído o Sistema Nacional de Educação Tecnológica, a partir do qual as instituições existentes foram gradativamente sendo transformadas em Centros Federais de Educação Tecnológica - CEFETs (BRASIL, 2016a).

Por fim, com o advento da Lei nº 11.892 de 2008, foi instituída, no âmbito do sistema federal de ensino, a Rede Federal de Educação Profissional Científica e Tecnológica (RFEPCT). Dessa fazem parte: os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IFs); a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR); os Centros Federais de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ) e de Minas Gerais (CEFET-MG), as Escolas Técnicas Vinculadas às Universidades Federais e o Colégio Pedro II (BRASIL, 2008).

Ressalta-se que a partir da criação da RFEPCT, os IFs passaram a atuar em um novo arranjo, característico de uma estrutura em rede, na qual as diversas organizações de ensino espalhadas pelo país são integradas sistemicamente por meio de um núcleo central, de âmbito nacional, a Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), pertencente ao Ministério da Educação (MEC). Já no que se refere ao espaço regional, os vários câmpus existentes são sistemicamente organizados tendo como núcleo central uma Reitoria (FERNANDES, 2009).

Além disso, as instituições integrantes vivenciaram alterações significativas no seu perfil institucional. Desse modo, deixaram de ser limitadas, basicamente, ao ensino técnico e passaram a ser instituições com as mesmas prerrogativas legais, administrativas e pedagógicas das Universidades Federais, podendo oferecer cursos em diversas modalidades e níveis de ensino, de cursos técnicos a cursos de doutorado (CARDOSO, 2016).

Salienta-se que são instituições referência na oferta do ensino de ciências, de um modo geral, e de ciências aplicadas, em particular, que buscam estimular o desenvolvimento do espírito crítico, voltando-se à investigação empírica. Igualmente, devem desenvolver programas de extensão e de divulgação científica e tecnológica, realizar e estimular a pesquisa aplicada, a produção cultural, o empreendedorismo, o cooperativismo e o desenvolvimento científico e tecnológico, adequando-se às peculiaridades regionais (DE FREITAS, 2018).

Diante desse contexto, convém assinalar que toda essa transformação pela qual passaram as instituições da RFEPCT significou um elevado e progressivo aumento do gasto público nesse setor da educação (PEREIRA, 2018). De acordo com o autor, a título de comparação, de 1996 até 2008, o incremento de recursos financeiros foi na ordem de aproximadamente 140%, ao passo que, quando se compara o ano de 2014 (auge do gasto público na Rede) em relação ao ano de 2008, tem-se um incremento da ordem de 195% de recursos, saltando de 4,5 bilhões para 13,3 bilhões de reais.

No que se refere à capacidade de atendimento à população, observa-se desde o primeiro ano de funcionamento da Rede um salto substantivo do número de matrículas. Conforme dados do censo da educação básica do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) (2009-2016), apenas na Educação Profissional Técnica de Nível Médio o crescimento foi de aproximadamente 115%, saltando de 158.885 matrículas em 2009 para 340.149 em 2016 (PEREIRA, 2018).

Em que pese todo o crescimento experimentado pela RFEPCT, a literatura tem demonstrado que é de praxe que a Administração Pública, na qual estão incluídos os IFs, opere suas atividades por meio de recursos financeiros escassos. Por outra via, faz-se necessário que dinheiro público seja gerido de tal maneira que os serviços prestados pelas instituições públicas sejam eficientes, realizando o máximo possível a partir dos insumos disponíveis (ALVES, 2015).

Nessa seara, destaca-se que, dentre os princípios constitucionais da administração pública brasileira, o princípio da eficiência é o mais recente, sendo inserido na Carta Magna, expressamente, em seu artigo 37, por meio da Emenda Constitucional nº 19, de 04 de junho de 1998 (BRASIL, 1988). Na visão de Justen Filho (2014), esse princípio é, de forma geral, entendido como o desempenho de atividades que satisfaçam as necessidades dos usuários, da forma menos onerosa possível.

Já para Moraes (2008), o princípio da eficiência impõe à Administração Pública a persecução do bem comum, de forma imparcial, neutra, transparente, participativa, com o mínimo de burocracia possível. E tudo isso primando pela adoção dos critérios legais e morais que permitam a melhor utilização possível dos recursos públicos, evitando-se o desperdício e garantindo uma maior rentabilidade social.

Ademais, ainda segundo o autor, a própria definição de eficiência na administração pública induz ao dever de desempenhar suas funções com rapidez, perfeição e rendimentos compatíveis, de modo a satisfazer o interesse público. Nessa mesma linha de pensamento, Di Pietro (2014), entende que o princípio da eficiência impõe ao agente público um modo de atuar que produza resultados favoráveis à consecução dos fins que cabem ao Estado atingir, utilizando-se dos meios da melhor forma possível.

Complementando, Rodrigues (2012) aduz que o princípio da eficiência busca não só a economicidade, mas também a celeridade, a presteza, a desburocratização e flexibilização da administração pública. Em suma, o princípio em tela pode ser entendido como a mensuração da produtividade do conjunto de agentes, serviços e órgãos instituídos pelo Estado (ARAGÃO, 1997; CAMÕES, PANTOJA, BERGUE, 2010).

Nesse particular, uma metodologia de análise de eficiência denominada de Análise Envoltória de Dados (DEA, do inglês *Data Envelopment Analysis*) vem apresentando um grande sucesso no estudo da eficiência de instituições de ensino e de outros setores, especialmente em organizações públicas e sem fins lucrativos (ROSANO-PEÑA, 2012). No que se refere à avaliação de eficiência de unidades educacionais, essa técnica vem sendo utilizada desde o final na década de 70, período de publicação do trabalho seminal da DEA, desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (CASADO, 2007).

De forma geral, o pressuposto fundamental da DEA é que, se uma unidade “A” é capaz de produzir $Y(A)$ unidades de produto, utilizando $X(A)$ unidades de insumos, então outras unidades poderiam também fazer o mesmo, no caso de estarem operando eficientemente. De forma similar, se uma unidade “B” é capaz de produzir $Y(B)$ unidades de produto, utilizando $X(B)$ de insumos, então outras unidades poderiam ser capazes de realizar o mesmo esquema de produção (CASADO, 2007).

Apesar de a DEA ter uma forte ligação com a teoria da produção na economia, ressalta-se que ela também pode ser utilizada como ferramenta de *benchmarking* (pontos de referência) no gerenciamento de operações em geral. Ou seja, nessa situação, as unidades consideradas eficientes pela técnica levam a uma fronteira de boas práticas (COOK; TONE; ZHU, 2014).

No caso deste estudo, as unidades em análise serão os Institutos Federais espalhados de norte a sul do Brasil. Já o resultado deste, estará focado em avaliar o nível de entrega à sociedade de um ensino público, gratuito e de qualidade por parte dessas Instituições, a fim de que, ao cabo, este trabalho sirva como um balizador para que as instituições com um resultado aquém do esperado possam ter um direcionamento na busca da tão almejada eficiência no serviço público.

Assim sendo, diante do contexto apresentado, o problema de pesquisa norteador deste trabalho é o seguinte: qual é o nível de eficiência dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia brasileiros?

1.1 Objetivo Geral e Objetivos Específicos

Dessa forma, tendo-se por base o problema de pesquisa em questão, o objetivo geral deste estudo será investigar o nível de eficiência dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia brasileiros.

Já os objetivos específicos são os seguintes:

1. Apresentar os Institutos Federais, contextualizando-os dentro da administração pública brasileira;
2. Identificar relações de causa e efeito entre os *inputs* e *outputs* dessa pesquisa;
3. Calcular o nível de eficiência dos Institutos Federais brasileiros, identificado as unidades mais e menos eficientes;

4. Propor metas para que as Instituições consideradas ineficientes venham a tornarem-se eficientes.

1.2 Justificativa

Consoante já mencionado, a RFEPCT conta com unidades espalhadas por todo o território brasileiro. Além disso, de acordo com dados do Ministério da Educação (MEC), a Rede passou por um expressivo aumento nos últimos anos com a criação de novas unidades, passando de 140 em 2002 para 644 nos dias atuais (BRASIL, 2018a).

Por outro lado, em um contexto de crise, caracterizado pela estagnação da atividade econômica em 2014, pela perspectiva de recessão para os anos posteriores e pela forte turbulência no campo político, sobretudo, a partir do ano de 2015, observou-se um movimento de redução dos recursos investidos nesse setor da educação. Na prática, os valores destinados à RFEPCT no ano de 2014 foram de 13,3 bilhões de reais, diminuiram para 13,1 bilhões em 2015 e para 12,2 bilhões em 2016 (PEREIRA, 2018).

Além disso, em 15 de dezembro de 2016, o Congresso Nacional aprovou a Emenda Constitucional nº 95, que alterou a Constituição Federal de 1988 ao instituir o chamado Novo Regime Fiscal. Também conhecida por Lei do Teto dos Gastos, essa norma teve por objetivo limitar o crescimento das despesas do governo federal, abrangendo os três poderes (BRASIL, 2016b).

Dessa forma, de modo geral, as despesas e investimentos públicos federais passaram a ser limitados aos mesmos valores gastos no ano anterior, corrigidos pela inflação medida pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Ressalta-se que esse teto orçamentário tem vigência de 20 exercícios financeiros, sendo que o Presidente da República poderá propor, a partir do décimo exercício da vigência do Novo Regime Fiscal, projeto de lei complementar para alteração do método de correção dos limites estabelecidos (BRASIL, 2016b).

Sendo assim, em um contexto de escassez de recursos públicos para manutenção e aprimoramento das instituições pertencentes à RFEPCT, necessário se faz o direcionamento de uma maior atenção à maneira como os insumos educacionais estão sendo utilizados, a fim de que os resultados almejados sejam alcançados com o máximo de eficiência possível.

Além disso, de acordo com a Teoria do Capital Humano, desenvolvida por Theodore Schultz, o indivíduo é um investimento que absorve o fator educação e auxilia no crescimento de um país. Dessa maneira, os recursos direcionados aos indivíduos são importantes formas de promover o desenvolvimento social e econômico (SCHULTZ, 1960, 1961, 1962).

Diante do exposto, em resumo, este estudo encontra justificativa em duas grandes motivações. Primeiramente, um contexto de crise enfrentada pelo país nos últimos anos que faz com que a preocupação com a melhor forma de utilização de recursos cada vez mais escassos seja de grande relevância.

Dessa motivação depreende-se que a administração pública não pode se justificar por não ter atingido um resultado favorável aos interesses coletivos por meio do argumento de que utilizou todos os recursos legais disponíveis para a execução das atividades. Pois, além da legalidade de seus atos, deve demonstrar que buscou a eficiência nos resultados e que escolheu os meios mais adequados possíveis (MUNIZ, 2007).

Em segundo lugar, é imperativo levar em consideração que as habilidades e o conhecimento adquiridos pelos indivíduos se tornam produtos para a economia, alavancando o desenvolvimento de um estado e explicando a eficiência alcançada pelos países que estão à frente tecnologicamente (SCHULTZ, 1961). Diante disso, a importância do desenvolvimento de estudos que busquem explorar a eficiência do que é investido em educação torna-se indiscutível, sobretudo, em um contexto de crise como o que é enfrentado no Brasil atualmente, aliada a espera por parte da sociedade de um serviço público eficiente.

1.3 Estrutura do Trabalho

A fim de oferecer uma visão geral deste estudo, apresenta-se a seguir, de forma breve, a organização desta dissertação:

O presente capítulo – Introdução – contextualiza o problema de pesquisa, apresenta os objetivos, justifica a importância do desenvolvimento do trabalho e define a estrutura do texto.

O capítulo 2 – Referencial Teórico - aborda tópicos sobre a Administração Pública, contemplando a eficiência nesse setor; sobre os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia e são apresentadas noções sobre o orçamento

público de uma forma geral e dessas instituições em específico. Além disso, é apresentada a Análise Envoltória de Dados (DEA), incluindo-se os conceitos gerais sobre a técnica, seus modelos básicos e os estudos encontrados na literatura nacional e internacional que se utilizaram da técnica no contexto da educação.

O capítulo 3 – Metodologia – define as variáveis de estudo, de acordo com a fundamentação teórica apresentada, descrevendo o método de pesquisa de maneira detalhada e abordando as técnicas de coleta e análise de dados.

O capítulo 4 – Diagnóstico e Proposta de Intervenção – apresenta a análise dos resultados obtidos, como forma de diagnóstico da situação estudada, bem como demonstra a proposta de intervenção deste trabalho.

E por fim o capítulo 5 traz a conclusão desta dissertação, suas limitações e sugestões de estudos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo está baseado na construção da fundamentação teórica sobre os conceitos e assuntos relacionados à administração pública, sobre a metodologia de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) e sobre os testes de causalidade de Granger. Além disso, são apresentados trabalhos presentes na literatura nacional e internacional, demonstrando o estado da arte sobre o tema aqui proposto, conforme será visto nos próximos tópicos.

2.1 Administração Pública

Do latim *administrare*, administração vem a ser “governar, dirigir ou gerir negócios públicos ou particulares” ou ainda “exercer a função de administrador” (DILGUERIAN, 1988). Já a expressão administração pública é utilizada para referenciar o conjunto de organizações e entes que são titulares da função administrativa, a qual é desempenhada, preponderantemente, pelo poder Executivo (JUSTEN FILHO, 2014).

Conforme menciona Di Pietro (2014), a expressão administração pública assume basicamente dois sentidos: a) subjetivo/formal/orgânico: ligado aos entes que exercem a atividade administrativa, sendo formado por pessoas jurídicas, órgão e agentes públicos; e b) objetivo/material/funcional: referindo-se à natureza da atividade exercida pelos entes, de forma a ser entendida como a própria função administrativa.

Quanto à função administrativa, destaca-se que é por meio dela que o Estado terá condições de cumprir os comandos normativos para a consecução dos fins públicos. Essa, por sua vez, é disciplinada pelo Direito Administrativo, o qual é um ramo do direito público que trata de princípios e regras atinentes à administração pública (NOHARA, 2014).

O direito administrativo, de acordo Meirelles et al. (2015) foi impulsionado pela teoria da separação dos poderes formulada em 1748 por Montesquieu. Em 1789, com a Revolução Francesa, veio a tripartição das funções do Estado em judiciais, legislativas e executivas, ensejando a especialização das atividades governamentais e tornando independentes os órgãos responsáveis por executá-las.

Ainda de acordo com os autores em questão, desse fato – tripartição das funções do Estado - decorreu a necessidade de que os atos da administração ativa

passassem por julgamento, o que culminou na criação dos tribunais administrativos separados dos tribunais judiciais. Desse modo foi surgindo a justiça administrativa e, conseqüentemente, foi se estruturando um direito focado na Administração e nos administrados – o direito administrativo.

Desse ramo do direito, então, decorre o fato de que o Estado pode por si próprio executar suas atividades administrativas, como também poderá fazê-lo por intermédio de outros sujeitos. Na primeira possibilidade, as competências que lhe são afetas terão de ser distribuídas dentre os órgãos que o compõe (MELLO, 2012).

Consoante o mesmo autor, transferindo a outros o exercício de certas atividades, o Estado poderá agir de duas formas: por meio de particulares ou pela criação de outras pessoas, tanto de direito público como de direito privado, conforme será visto a seguir.

Atualmente, a estrutura administrativa do Estado brasileiro é formada de um lado pela administração direta, constituída pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e Municípios; e por outro, pela administração indireta, a qual é composta pelos entes administrativos estatais, entendidos como desdobramentos do Estado e, por conseguinte, dotados de personalidade jurídica própria - de direito público ou de direito privado (MOREIRA NETO, 2006).

No contexto da administração direta observa-se a figura do órgão público, o qual nada mais é do que um “centro de competência governamental ou administrativa”. Sendo impossível que apenas um órgão se encarregue de todas as atividades inerentes ao Estado, a administração pública recorre ao rateio de funções dentre diversos órgãos (MEIRELLES et al., 2015).

Por outro lado, ainda de acordo com os autores existe a descentralização administrativa. Essa se dá quando são atribuídos poderes da Administração a outras entidades, pressupondo, assim, a existência de pessoas a parte do Estado encarregadas do exercício de atividade pública ou de utilidade pública.

Por sua vez o Decreto-Lei nº 200/1967 divide a Administração Federal em administração direta (a qual se constitui da Presidência da República e dos Ministérios) e em administração indireta (constituída por empresas públicas, sociedades de economia mista, fundações públicas e autarquias). Essas que constituem a administração indireta são entidades dotadas de personalidade jurídica própria e são vinculadas ao Ministério a que estiver relacionada a sua atividade principal (BRASIL, 1967).

Ressalta-se que nesse estudo serão analisadas entidades classificadas como autarquias. Portanto, cabe destacar que, de acordo com o artigo 5º, inciso I, do Decreto-Lei nº 200/1967, Brasil (1967), elas são definidas como:

[...] serviço autônomo, criado por lei, com personalidade jurídica, patrimônio e receita próprios, para executar atividades típicas da Administração Pública, que requeiram, para seu melhor funcionamento, gestão administrativa e financeira descentralizada.

Ademais, ressalta-se ainda a existência de outras entidades, tais como as agências reguladoras, executivas e as paraestatais (essas últimas compreendem os Serviços Sociais Autônomos – Sistema “S”, as Organizações Sociais - OS e as Organizações Sociais da Sociedade Civil de Interesse Público - OSCIP. No entanto, não serão detalhadas nesse trabalho uma vez que não são relevantes para o entendimento do foco principal abordado.

Diante desse contexto, é importante destacar que a Administração Pública tem o dever e a responsabilidade de gerir a máquina pública, estimulando o bom convívio entre os integrantes da Federação. Além disso, cabe a ela, por meio de seus gestores, a busca por soluções e métodos transformadores no que diz respeito aos anseios e peculiaridades de cada época, buscando incessantemente a satisfação do interesse público e eficiência do sistema como um todo.

2.2 Eficiência na Administração Pública

Patrimonialista, burocrática e gerencial: eis as três formas básicas de administrar o Estado que vigoraram marcadamente, porém de forma não estanque, em alguma época da história. A primeira, reinou nos Estados prévios ao capitalismo industrial e tinha por principais características a falta de distinção do patrimônio público do privado, o clientelismo e a não observância do interesse comum (BRESSER-PEREIRA, 2000).

Já a administração pública burocrática foi marcada pela dominação racional-legal Weberiana e pelo oferecimento de um serviço civil profissional baseado no universalismo de procedimentos resultante de normas procedimentais rígidas. Por sua vez, o gerencialismo – ou nova gestão pública (*new public management*) se caracterizou, inicialmente, pela tentativa de promover o ajuste estrutural das economias em crise e, em um segundo momento, pela busca da reconstrução do Estado a partir de uma reforma institucional (BRESSER-PEREIRA, 2000).

No Brasil o gerencialismo teve como base o Plano Diretor da Reforma do Aparelho do Estado datado de 1995. Sob responsabilidade do Ministério da Administração Federal e Reforma do Estado (MARE), o documento trazia a definição de instituições e o estabelecimento de diretrizes para a efetivação da administração pública dita gerencial (BRASIL, 1995).

Na visão de Abrucio (2007), a chamada reforma gerencial, além de buscar a reorganização administrativa do governo federal e o fortalecimento das carreiras de Estado por meio do aperfeiçoamento do modelo meritocrático, também teve marcas no que tange aos aspectos legais. Nesse contexto, está a reforma constitucional ocorrida por meio da Emenda Constitucional nº 19 de 1998, a qual introduziu o princípio da eficiência dentre os basilares do direito administrativo.

Com a inserção do princípio da eficiência, o artigo 37 da Constituição Federal passou a ter a seguinte redação: “A administração pública direta e indireta de qualquer dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios obedecerá aos princípios de legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência[...]” (BRASIL, 1988).

No que se refere ao serviço público o conceito de eficiência ultrapassa uma relação de otimização de recursos. Assim, o agir eficiente da administração pública deve pautar-se por duas dimensões que são indissociáveis: a) a dimensão da racionalidade e otimização no uso dos meios, conforme o conceito clássico e b) a dimensão da satisfatoriedade dos resultados da atividade administrativa pública a fim de que o Estado consiga oferecer utilidades concretas ao cidadão (MODESTO, 2014).

Como parte integrante da administração pública sob a natureza jurídica de autarquia os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia – objeto de estudo desse trabalho, os quais serão melhor detalhados a seguir - devem, também, adotar esses preceitos. Criados pela Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008, essas instituições fazem parte da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) ao lado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, dos Centros Federais de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET-RJ e de Minas Gerais - CEFET-MG, das Escolas Técnicas Vinculadas às Universidades Federais e do Colégio Pedro II (BRASIL, 2008).

2.3 Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia

Os primórdios da Rede Federal datam de 1909, ano em que o então presidente Nilo Peçanha assinou o Decreto nº 7.566, criando 19 Escolas de Aprendizagem Artífices. Anos depois, no final da década de 1930, foram criados os Liceus Industriais e, em 1942, as Escolas Industriais e Técnicas. No entanto, apenas no ano de 1959 os educandários foram categorizados como autarquias, momento no qual foram denominadas de Escolas Técnicas Federais - quando industriais ou comerciais – e de Agrotécnicas Federais - quando destinadas ao ensino agrícola (OTRANTO, 2012).

Ainda, segundo a autora, em 1978 foram criados os primeiros Centros Federais de Educação Tecnológica (Cefets) quando da transformação de três Escolas Técnicas em Cefets: do Rio de Janeiro, do Paraná e de Minas Gerais. Em 1994, com a Lei nº 8.948, de autoria do presidente Itamar Franco, foi instituído o Sistema Nacional de Educação Tecnológica, de forma que a partir disso as Escolas Técnicas Federais foram, progressivamente, sendo transformadas em Cefets. Dando sequência, em 2004, por meio do Decreto nº 5.225, os Cefets foram categorizados como instituições de educação superior, passando a ter autonomia equivalente à das universidades.

Por fim, no dia 29 de dezembro de 2008 foi instituída a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) e, dessa forma, foram criados 38 Institutos Federais de Educação a partir da adesão de 36 Escolas Agrotécnicas Federais (EAFs), de 31 Centros Federais de Educação tecnológica (CEFETs), de 8 Escolas Vinculadas às Universidades Federais (EVs) e de uma Escola Técnica Federal (ETF) (OTRANTO, 2010).

De natureza autárquica, os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia – ou apenas Institutos Federais, têm autonomia administrativa, patrimonial, financeira, didático-pedagógica e disciplinar e estão vinculados ao Ministério da Educação (BRASIL, 2008).

Além disso, são identificados como instituições pluricurriculares de educação superior, básica e profissional, sendo especializados na oferta de educação profissional e tecnológica (BRASIL, 2008). Conforme dados da Plataforma Nilo Peçanha (PNP), até dezembro de 2017, os 38 Institutos Federais existentes

contavam com quase seiscentos câmpus espalhados pelo país, onde contabilizam novecentos e quarenta e sete mil, duzentos e noventa e duas matrículas atendidas

De acordo com Brasil (2008), as finalidades e características dos Institutos Federais são expressas no artigo 6º da lei 11.892/2008, sendo as seguintes:

- a) Oferta de educação profissional e tecnológica, em todos os seus níveis e modalidades, formando e qualificando cidadãos com vistas à atuação profissional nos diversos setores da economia, enfatizando o desenvolvimento socioeconômico local, regional e nacional;
- b) Desenvolvimento da educação profissional e tecnológica como processo educativo e investigativo de geração e adaptação de soluções técnicas e tecnológicas às demandas sociais e peculiaridades regionais;
- c) Promoção da integração e da verticalização da educação básica à educação profissional e educação superior, otimizando a infraestrutura física, os quadros de pessoal e os recursos de gestão;
- d) Orientação de sua oferta formativa em benefício da consolidação e fortalecimento dos arranjos produtivos, sociais e culturais locais, identificados com base no mapeamento das potencialidades de desenvolvimento socioeconômico e cultural no âmbito de atuação do Instituto Federal;
- e) Constituição de centro de excelência na oferta do ensino de ciências, em geral, e de ciências aplicadas, em particular, estimulando o desenvolvimento de espírito crítico, voltado à investigação empírica;
- f) Qualificação como centro de referência no apoio à oferta do ensino de ciências nas instituições públicas de ensino, oferecendo capacitação técnica e atualização pedagógica aos docentes das redes públicas de ensino;
- g) Desenvolvimento de programas de extensão e de divulgação científica e tecnológica;
- h) Realização e estímulo à pesquisa aplicada, à produção cultural, ao empreendedorismo, ao cooperativismo e ao desenvolvimento científico e tecnológico, e;
- i) Promoção da produção, do desenvolvimento e da transferência de tecnologias sociais, notadamente as voltadas à preservação do meio ambiente.

Ademais, ainda considerando Brasil (2008), com base nas finalidades e características dos Institutos Federais, seus objetivos são traduzidos no artigo 7º lei 11.892/2008, da seguinte forma:

- I - ministrar educação profissional técnica de nível médio, prioritariamente na forma de cursos integrados, para os concluintes do ensino fundamental e para o público da educação de jovens e adultos;
- II - ministrar cursos de formação inicial e continuada de trabalhadores, objetivando a capacitação, o aperfeiçoamento, a especialização e a atualização de profissionais, em todos os níveis de escolaridade, nas áreas da educação profissional e tecnológica;
- III - realizar pesquisas aplicadas, estimulando o desenvolvimento de soluções técnicas e tecnológicas, estendendo seus benefícios à comunidade;
- IV - desenvolver atividades de extensão de acordo com os princípios e finalidades da educação profissional e tecnológica, em articulação com o mundo do trabalho e os segmentos sociais, e com ênfase na produção, desenvolvimento e difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos;
- V - estimular e apoiar processos educativos que levem à geração de trabalho e renda e à emancipação do cidadão na perspectiva do desenvolvimento socioeconômico local e regional; e
- VI - ministrar em nível de educação superior:
 - a) cursos superiores de tecnologia visando à formação de profissionais para os diferentes setores da economia;
 - b) cursos de licenciatura, bem como programas especiais de formação pedagógica, com vistas na formação de professores para a educação básica, sobretudo nas áreas de ciências e matemática, e para a educação profissional;
 - c) cursos de bacharelado e engenharia, visando à formação de profissionais para os diferentes setores da economia e áreas do conhecimento;
 - d) cursos de pós-graduação lato sensu de aperfeiçoamento e especialização, visando à formação de especialistas nas diferentes áreas do conhecimento; e
 - e) cursos de pós-graduação stricto sensu de mestrado e doutorado, que contribuam para promover o estabelecimento de bases sólidas em educação, ciência e tecnologia, com vistas no processo de geração e inovação tecnológica.

Ainda com base na referida lei, cada Instituto Federal tem sua proposta orçamentária anual individualizada e tem como órgãos superiores o Colégio de Dirigentes e o Conselho Superior. Além disso, os Institutos têm como órgão executivo a reitoria, a qual compreende 1 (um) reitor e 5 (cinco) Pró-reitores e contam com uma estrutura multicâmpus, sendo cada câmpus dirigido por um diretor-geral (BRASIL, 2008).

2.4 Orçamento dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia

De forma geral, as despesas públicas cresceram consideravelmente a partir da Segunda Guerra Mundial. Diante desse contexto, para que a Administração Pública consiga fazer frente a essas demandas faz-se premente que os gestores públicos recorram à utilização de instrumentos de planejamento (GIACOMONI, 2009).

Nesse sentido, salienta-se que na base do planejamento de entidades tanto públicas quanto privadas se tem o orçamento, o qual é representado de um lado pelo fluxo previsto do ingresso de receitas e, por outro, pelo quanto será aplicado nas mais diversas situações organizacionais, em um certo período de tempo (BRASIL, 2018b).

Na visão de Ribeiro (2017), inicialmente o orçamento público era composto por uma mera relação de receitas e despesas, na qual havia a proposta do gasto sem a devida preocupação com os motivos e os fins que o ensejavam. De forma oposta, atualmente, o orçamento público consiste em uma ferramenta de planejamento das ações do governo, na qual de um lado se tem a formulação das prioridades a serem executadas e de outro, a previsão de recursos disponíveis para que haja o financiamento necessário.

A relação entre os componentes do sistema de planejamento público brasileiro está previsto no artigo nº 165 da Constituição Federal de 1988 – (BRASIL, 1988). Segundo o dispositivo em comento, o referido sistema é composto pelo Plano Plurianual (PPA), pela Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e pela Lei Orçamentária Anual (LOA), a qual, por sua vez, é integrada pelo orçamento fiscal; pelo orçamento de investimento e pelo orçamento da seguridade social. Essas três peças formam a base sobre a qual devem ser desenvolvidas as técnicas orçamentárias (SANTOS; CAMACHO, 2014).

Sobre o PPA estabelece o § 1º, do art. 165 da Constituição Federal (Brasil, 1988) que:

§ 1º A lei que instituir o plano plurianual estabelecerá, de forma regionalizada, as diretrizes, objetivos e metas da administração pública federal para as despesas de capital e outras delas decorrentes e para as relativas aos programas de duração continuada.

De acordo com Giacomoni (2009) o PPA é o instrumento que orienta a elaboração de outros planos e programas de governo, incluindo-se a elaboração do orçamento anual. Ademais, constitui-se na compilação do planejamento de toda a administração pública.

Quanto à LDO, a Constituição Federal, Brasil (1988), estabelece que nela estejam contidas as metas e prioridades da administração pública federal para o próximo exercício financeiro, inclusive no que tange às despesas de capital. Além disso, é responsável por orientar a elaboração da lei orçamentária anual, por dispor sobre as alterações na legislação tributária e por estabelecer a política de aplicação das agências financeiras oficiais de fomento.

A Lei de Responsabilidade Fiscal – LRF também dispõe sobre essa peça orçamentária. Assim, o regramento em questão atribui à LDO os seguintes temas: equilíbrio entre receitas e despesas, limitação de empenho, controle de custos e avaliação dos resultados de programas financiados com recursos do orçamento e demais condições para transferências de recursos a entidades tanto públicas como privadas (BRASIL, 2000).

Já a LOA, planejamento operacional da administração pública, trata-se do orçamento público propriamente dito, pois é por meio dela que se tem a materialização do orçamento. É essa peça orçamentária que viabiliza o conteúdo abordado no PPA e na LDO, administra o equilíbrio entre o que entra e o que sai dos cofres públicos, sendo responsável por definir o montante de recursos que será disponibilizado para cada fatia da administração pública (SANTOS; CAMACHO, 2014).

Quanto aos aspectos legais, de acordo com Constituição, Brasil (1988), artigo 165, §5, a lei orçamentária anual compreende:

- I - o orçamento fiscal referente aos Poderes da União, seus fundos, órgãos e entidades da administração direta e indireta, inclusive fundações instituídas e mantidas pelo Poder Público;
- II - o orçamento de investimento das empresas em que a União, direta ou indiretamente, detenha a maioria do capital social com direito a voto;
- III - o orçamento da seguridade social, abrangendo todas as entidades e órgãos a ela vinculados, da administração direta ou indireta, bem como os fundos e fundações instituídos e mantidos pelo Poder Público.

No que tange à educação, a Carta Magna estabelece aplicações mínimas de receitas nessa área, resultantes de impostos provenientes de transferências. Dessa

forma, caberá à União aplicar anualmente nunca menos de dezoito por cento e aos Estados, Distrito Federal e Municípios no mínimo vinte e cinco por cento na manutenção e desenvolvimento do ensino (BRASIL, 1988).

No caso dos Institutos Federais, conforme menciona Cunha (2015), cada um deles constitui uma unidade orçamentária dentro do sistema orçamentário Federal. Dessa forma, cada uma das unidades contará com orçamento próprio discriminado na Lei Orçamentária Anual (LOA), o qual, de forma geral, será identificado para cada câmpus e para cada reitoria, excetuando-se o que diz respeito à pessoal, encargos sociais e benefícios aos servidores.

De acordo com o Decreto nº 7.313/2010, o qual dispõe sobre procedimentos orçamentários e financeiros relacionados à autonomia dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, a elaboração de suas propostas orçamentárias anuais deverá observar uma matriz de distribuição (BRASIL, 2010).

Essa matriz é elaborada a partir de parâmetros definidos por comissão paritária, que deverá ser constituída no âmbito do Ministério da Educação e integrada por membros indicados pelo colegiado de reitores dos Institutos Federais e pelo ministério em comento (BRASIL, 2010).

Os parâmetros a serem definidos pela comissão deverão levar em consideração, dentre outros, os seguintes critérios, conforme menciona Brasil (2010):

- a) o número de matrículas e a quantidade de alunos ingressantes e concluintes em todos os níveis e modalidades de ensino em cada período;
- b) a relação entre o número de alunos e o número de docentes nos diferentes níveis e modalidades de ensino ofertado;
- c) as diferentes áreas de conhecimento e eixos tecnológicos dos cursos ofertados;
- d) o apoio às instituições públicas de ensino, em ações e programas de melhoria da educação básica, especialmente na oferta do ensino de ciências, oferecendo capacitação técnica e atualização pedagógica aos docentes das redes públicas de ensino;
- e) a existência de programas institucionalizados de extensão e certificação, com indicadores de monitoramento;
- f) a produção institucionalizada de conhecimento científico, tecnológico, cultural e artístico, reconhecida nacional e internacionalmente;

- g) a existência de núcleos de inovação tecnológica;
- h) o número de registro e comercialização de patentes;
- i) os resultados das avaliações realizadas por sistemas nacionais de avaliação da educação em todos os níveis e modalidades de ensino, capazes de aferir a qualidade de ensino ofertado;
- j) a adesão a sistemas de informação e programas de interesse coletivo instituídos pelo Ministério da Educação; e
- k) a existência de programas de mestrado e doutorados, especialmente os profissionais, e seus respectivos resultados da avaliação pela Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

De acordo com Cunha (2015), a proposta orçamentária dos Institutos Federais, como um todo, é validada pelo Conselho Nacional das Instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica – CONIF. Já a elaboração do orçamento de cada um dos Institutos é feita por uma comissão de membros do Fórum de Planejamento – FORPLAN, o qual é um órgão de natureza consultiva e de assessoramento do CONIF.

A metodologia utilizada pela comissão em comento para elaboração da Matriz CONIF considera fatores como: número de alunos ativos, carga horária dos cursos, dias de curso, o peso dos cursos sobre as matrículas equalizadas e as bonificações para os cursos na área de agropecuária. Assim, por meio desses fatores é possível chegar a um número de matrículas ponderadas (BRASIL, 2017b).

Há de se destacar que os principais fatores que impactam no número de matrículas ponderadas, ainda de acordo com Brasil (2017b) são:

- a) Os pesos dos cursos, bem como o número de alunos ativos. Assim, por exemplo, um curso na área de engenharia se comparado com um curso na área de licenciatura possuirá um peso maior, tendo em vista que os pesos justamente significam o esforço orçamentário para a infraestrutura de laboratórios e meios pedagógicos necessários para o oferecimento dos cursos; e
- b) A bonificação de 50% no número de matrículas ponderadas para os câmpus que contam com cursos na área de agropecuária.

Já a execução do orçamento por parte dessas Instituições, ao longo do exercício financeiro, deve estar em conformidade com o disposto na programação orçamentária e financeira, estabelecida por meio de Decreto Presidencial. Além

disso, convém assinalar que tanto a execução orçamentária, quanto financeira fica condicionada à liberação dos Limites de Movimentação de Empenhos (Emissão de Notas de Empenho de Despesas), estabelecidos, também por Decreto Presidencial.

Diante desse contexto, ressalta-se que tanto a elaboração do orçamento dos Institutos Federais, quanto sua execução é um processo que perpassa diversas instâncias, envolve a participação de vários atores e se dá de forma descentralizada entre as suas unidades.

2.5 Análise Envoltória de Dados (DEA)

A seguir serão apresentados os principais conceitos sobre a Análise Envoltória de Dados (DEA), bem como seus modelos básicos e ainda serão demonstrados os principais estudos da literatura nacional e internacional que utilizaram a técnica para abordar a temática da educação.

2.5.1 Conceitos básicos

Preliminarmente à introdução ao tema da análise envoltória de dados é importante esclarecer alguns conceitos que serão utilizados no decorrer dessa seção. Assim, serão apresentadas definições sobre o que é a eficiência, a eficácia, a produtividade e, ainda, sobre o que são as *Decision Making Units* (DMUs) em um contexto organizacional.

O primeiro conceito a ser destacado é o de eficiência, o qual é bastante amplo, podendo admitir significados diferentes a depender da área do conhecimento em que se está trabalhando (MATTOS; TERRA, 2015). Para uma melhor compreensão deste estudo, torna-se importante apresentar os seguintes conceitos: eficiência produtiva - também denominada de eficiência total -, eficiência técnica e eficiência de escala.

Diante disso, conforme Mariano (2008), duas causas podem existir para uma empresa não conseguir ser produtivamente eficiente. A primeira delas está relacionada com problemas puramente técnicos, como por exemplo, a falta de treinamento dos funcionários ou problemas com maquinários. Nesse caso, fala-se em uma análise de eficiência técnica.

Já a segunda causa, ainda de acordo com o autor, relaciona-se com o fato de a empresa estar ou não produzindo em sua escala ótima de produção, originando

uma análise de eficiência de escala. Já a eficiência produtiva ou total é o índice que combina a eficiência técnica e a de escala.

De acordo com Lins e Meza (2000) as origens da análise das medidas de eficiência estão relacionadas com os estudos de Pareto-Koopmans (1951) e Debreu (1951). Dessa forma, a definição de Pareto-Koopmans para eficiência técnica dá conta que um vetor *input-output* é tecnicamente eficiente se, e só se:

- a) Nenhum dos *outputs* puder ser aumentado a menos que algum outro *output* tenha que ser reduzido ou, então, algum *input* necessite ser aumentado.
- b) Nenhum dos *inputs* possa ser reduzido a menos que algum outro *input* tenha que ser aumentado ou, então, algum *output* seja reduzido.

Ou seja, a definição acima estabelece que a eficiência técnica máxima de uma unidade somente pode ser alcançada no momento em que nenhum *input* ou *output* possa sofrer melhorias sem que algum outro *input* ou *output* seja piorado (COOPER; SEIFORD; ZHU, 2011). Sendo assim, têm-se a máxima eficiência relativa.

Por sua vez, Debreu (1951) foi responsável pela introdução de uma medida radial de eficiência técnica, chamada de coeficiente de utilização de recursos. A medida em questão possibilitou “buscar a máxima redução equiproporcional de todos os *inputs* ou a máxima expansão equiproporcional de todos os *outputs*” (LINS; MEZA, 2000, p. 2).

Farrel (1957) estendeu os trabalhos de Koopmans e Debreu. Assim, a partir desses, acabou por incluir uma componente denominada de eficiência alocativa, a qual refletia a habilidade dos produtores em selecionar o vetor *input-output* eficiente, a partir de uma análise de preços. Ou seja, para o autor, a organização seria capaz de utilizar seus recursos em proporções ótimas ao considerar os respectivos preços desses recursos (LINS; MEZA, 2000).

No entanto, ressalta-se a dificuldade de apuração desses preços de forma precisa em alguns casos, sendo esse um dos motivos que levaram os autores seminais da DEA a considerarem a medida de eficiência técnica e não a eficiência alocativa para o desenvolvimento de seus estudos (LINS; MEZA, 2000).

Nesse contexto, de acordo com Casa Nova (2002), cabe destacar que como base da análise de eficiência tem-se as curvas de produção, as quais definem uma

relação entre recursos e produtos. As hipóteses a respeito do tema determinam que existam:

- a) retornos crescentes de escala – aumento do consumo de recursos levando a um aumento mais que proporcional na obtenção de produtos;
- b) retornos constante de escala – aumento no consumo de recursos resultando em aumentos proporcionais na obtenção de produtos; e
- c) retornos decrescentes de escala – situação na qual o incremento no consumo de recursos leva a aumentos menos que proporcionais na quantidade obtida de produtos.

Ademais, segundo a autora, soma-se a essas, a hipótese de livre descarte, na qual para determinado nível de consumo de recursos, pode-se produzir a quantidade máxima ou qualquer quantidade inferior.

Salienta-se que Charnes, Cooper e Rhodes (1978) chegaram à formulação do modelo CCR da DEA considerando uma análise com retornos constantes de escala (CRS – *Constant Returns to Scale*). Em outro momento, o estudo foi estendido por Banker, Charnes e Cooper (1984), incluindo retornos variáveis de escala (VRS – *Variable Returns to Scale*), passando a ser chamado de modelo BCC. Sendo esses os modelos básicos da técnica: CCR (ou CRS) e BCC (ou VRS), os quais serão melhor descritos oportunamente. (CASA NOVA, 2002; MELLO et al., 2005; ROSANO-PEÑA, 2008).

Dando continuidade à explicação dos termos, quanto à eficácia, cumpre esclarecer que essa leva em consideração apenas o que foi produzido, sem preocupar-se com os recursos necessários para a produção. É a capacidade de atingimento da produção estabelecida como meta. Por exemplo, um curso pré-vestibular que tinha por meta aprovar 10 alunos nas 20 vagas ofertadas em determinado curso, conseguiu aprovar 16 vestibulandos. Certamente é possível afirmar que o pré-vestibular foi eficaz, no entanto, nada se pode afirmar sobre a eficiência do processo em questão, pois a quantidade de recursos utilizados nessa situação não é conhecida, tampouco os resultados obtidos pelos cursos concorrentes (MELLO et al., 2005).

Já a produtividade é compreendida como um indicador de eficiência produtiva do sistema analisado. Dessa forma, quanto maior for a produtividade de determinado sistema, mais eficiente ele será. Ademais a produtividade agrega

diferentes unidades de medida, por exemplo, quilograma colhido por área plantada (kg/m^2), ao passo que a eficiência é sempre um valor adimensional situado entre 0 e 1 (MARIANO, 2008).

Por outra via, um sistema autônomo que se utiliza de um conjunto de entradas (*inputs*) para produzir um conjunto de saídas (*outputs*) é denominado de Unidade Tomadora de Decisão (*Decision Making Unit* – DMU). Uma empresa, uma unidade administrativa, uma pessoa, um país, uma máquina, dentre outros exemplos, podem representar uma DMU (COOPER; SEIFORD; ZHU, 2011).

Conforme explicam Mello et al. (2005), o que define uma maior ou menor produtividade de uma unidade são as decisões por ela tomadas. Nesse contexto, uma DMU pode ser definida como qualquer sistema produtivo que transforma um conjunto de entradas (*inputs*) em um conjunto de saídas (*outputs*), sempre se baseando em decisões conscientes de qual caminho seguir.

De acordo com Charnes, Cooper e Rhodes (1978), a mensuração de eficiência dessas unidades produtivas é um importante indicador para controle e planejamento de desempenho. A disseminação de métodos quantitativos aptos a avaliar essa medida e auxiliar a tomada de decisão por parte dos gestores foi motivada, sobretudo, pelo desenvolvimento da Análise envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA).

Salienta-se que as origens da DEA estão ligadas ao estudo de doutorado de Edwardo Rhodes, na Escola de Assuntos Urbanos e Públicos da Universidade Carnegie Mellon. Rhodes, sob a supervisão de William Wager Cooper, tinha por objetivo avaliar o programa educacional público *Follow Through* por meio da comparação do desempenho de escolas participantes do programa em questão (CHARNES et al., 1997).

Para tanto, de forma geral, o estudo em epígrafe levou em consideração a eficiência técnica dos educandários, os quais se utilizavam de múltiplos insumos para gerar múltiplos produtos que não poderiam ser avaliados pelo preço de mercado. A solução desse desafio culminou na formulação do modelo Charnes, Cooper e Rhodes (CCR) do DEA e na publicação no *European Journal of Operations Research*, no ano de 1978, do primeiro documento introduzindo a análise envoltória (CHARNES et al., 1997).

Conforme menciona Belloni (2000) a DEA é uma técnica que busca estimar a eficiência dos planos de operação executados por unidades produtivas

homogêneas, as DMUs. Para serem consideradas homogêneas, essas unidades devem utilizar-se de um mesmo universo de recursos para produzir um mesmo universo de resultados, dado um contexto tecnológico similar.

Na visão de Lee e Kin (2014), a DEA é uma abordagem não paramétrica, ou seja, não requer suposições sobre a forma funcional de uma função de produção e nem informações prévias a respeito dos *inputs* e *outputs* a serem utilizados. Dessa maneira, de forma geral, a eficiência relativa de uma DMU será dada pela relação entre as saídas ponderadas e as entradas ponderadas, na comparação com as outras DMUs.

Ademais, conforme os autores, a DEA permite que cada DMU escolha os pesos de entrada e saída que melhor irão maximizar sua eficiência. Assim, as DMUs que atingem 100% de eficiência são consideradas eficientes, ao passo que as DMUs com escores de eficiência abaixo de 100% são consideradas ineficientes. Nesse caso, para cada DMU ineficiente, a DEA demonstra um conjunto de DMUs eficientes que podem ser usadas como *benchmarks* (pontos de referência).

Em suma, a partir do cálculo feito, será possível determinar quais dentre as DMUs analisadas apresentam as melhores práticas, quais delas são ineficientes e quais são as mudanças necessárias nos níveis de insumos/produtos para que essas últimas unidades se tornem eficientes. Desse modo, a técnica poderá ser utilizada para a identificação de recursos ociosos ou inutilizados, na formulação de políticas de redução de custos, na expansão que venha a otimizar o potencial de crescimentos e no entendimento do porte ideal do empreendimento, dentre outros (ROSANO-PEÑA, 2008).

Ademais, cumpre salientar que existem dois modelos clássicos de projeção das unidades ineficientes na fronteira de eficiência. Um deles é o modelo orientado para a redução máxima do nível de *input* para uma mesma produção de *output* (orientação ao *input*); o outro é o modelo orientado para elevação do *output* para um mesmo nível de *input* (orientação ao *output*). Dessa forma, além da escolha do modelo a ser utilizado (CCR ou BCC, por exemplo) existe a necessidade de estabelecimento da melhor orientação para o caso analisado (MACEDO; CASA NOVA; DE ALMEIDA, 2010).

Abordados os conceitos gerais da DEA, a seguir serão apresentadas as principais características dos modelos básicos da técnica.

2.5.2 O Modelo Charnes, Cooper e Rhodes – CCR

Conforme já mencionado, o modelo em questão foi apresentado por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978. Os autores buscaram compreender a eficiência em um contexto de múltiplas saídas e múltiplas entradas e sem a exigência de pesos pré-atribuídos (BANKER, CHARNES e COOPER, 1984).

Quando o modelo CCR é orientado a *inputs*, a eficiência será obtida a partir da otimização da divisão entre a soma ponderada das saídas (*output* virtual) e a soma ponderada das entradas (*input* virtual). Além disso, o modelo admite que para cada DMU seja atribuído o conjunto de pesos que mais a beneficiará, com a ressalva de que esses mesmos valores aplicados a outras DMUs não resultem em uma razão superior a 1 (MELLO et al., 2005). Nas equações (1) são formalizadas as condições mencionadas, originando o Modelo CCR orientado a *inputs* em sua forma fracionária.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } Eff_0 = \left(\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}} \right) \\
 & \text{s.a.} \\
 & \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, k = 1, \dots, n \\
 & v_i, u_j \geq 0, \forall i, j
 \end{aligned} \tag{1}$$

Onde:

Eff_0 – representa a eficiência da DMU 0 em avaliação;

u_j – representa o peso do *output* j da DMU 0, $j = 1, \dots, s$;

v_i – representa o peso do *input* i da DMU 0, $i = 1, \dots, r$;

y_{jk} – representa o *output* j da DMU k, $k = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, s$;

x_{ik} – representa o *input* i da DMU k, $k = 1, \dots, n$ e $i = 1, \dots, r$;

y_{j0} – representa o *output* j da DMU 0, $j = 1, \dots, s$;

x_{i0} – representa o *input* i da DMU 0, $i = 1, \dots, r$;

A primeira restrição apresentada no modelo (1) deve ser desdobrada de acordo com o número de DMUs, ou seja, é uma restrição para cada DMU e permite encontrar os pesos mais favoráveis de *inputs* e *outputs* para a DMU em análise, com a ressalva de que esses mesmos pesos aplicados a outras DMUs não resultem em uma razão superior a 1; a segunda restrição representa a restrição de não negatividade dos pesos (variáveis de decisão) e a função objetivo maximiza a eficiência DMU 0 em análise (MACIEL, 2015).

Ressalta-se que a formulação (1), fracionária, pode ser transformada em um problema de programação linear (PPL), dando origem ao Modelo CCR dos

Multiplicadores linearizado, nesse caso com orientação a *input*, conforme mostra a formulação (2). Para tanto, é necessário forçar o denominador da função objetivo a ser igual a uma constante, geralmente igual a 1 (MOTA, 2016). Cabe ressaltar que esse fato ocorre porque a resolução do problema fracionário (1) admite inúmeras soluções ótimas, ao passo que o modelo linear busca a solução mais representativa para a DMU em análise (COOPER et al., 2011).

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Eff_0 &= \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} \\
 \text{s.a.} \\
 \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} &= 1 \\
 \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} &\leq 0, \forall k \\
 v_i, u_j &\geq 0, \forall i, j
 \end{aligned} \tag{2}$$

Onde:

Eff_0 – representa a eficiência da DMU 0 em avaliação;
 u_j – representa o peso do *output* j da DMU 0, $j = 1, \dots, s$;
 v_i – representa o peso do *input* i da DMU 0, $i = 1, \dots, r$;
 y_{jk} – representa o *output* j da DMU k, $k = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, s$;
 x_{ik} – representa o *input* i da DMU k, $k = 1, \dots, n$ e $i = 1, \dots, r$;
 y_{j0} – representa o *output* j da DMU 0, $j = 1, \dots, s$;
 x_{i0} – representa o *input* i da DMU 0, $i = 1, \dots, r$;

Nesse caso, a primeira restrição equivale à obrigatoriedade de que o denominador da função objetivo seja uma constante, normalmente igual à unidade; a segunda restrição impede que haja maior saída da DMU (quantidade de *outputs*) do que insumos (quantidade de *inputs*), ao passo que a terceira restrição impossibilita que os pesos assumam valores negativos (MARIZ, 2015).

Ressalta-se que nas equações (1) e (2) as variáveis de decisão são os pesos v_i e u_j . Esses são denominados de multiplicadores, derivando daí a nomenclatura dos modelos em questão (CHARNES, COOPER E RHODES, 1978).

Já a modelagem orientada a *output* na formulação dos multiplicadores pode ser observada em (3):

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Eff_0 &= \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} \\
 \text{s.a.} \\
 \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} &= 1 \\
 \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} &\leq 0, \forall k \\
 v_i, u_j &\geq 0, \forall i, j
 \end{aligned} \tag{3}$$

Onde:

Eff_0 – representa a eficiência da DMU 0 em avaliação;
 u_j – representa o peso do *output* j da DMU 0, $j = 1, \dots, s$;
 v_i – representa o peso do *input* i da DMU 0, $i = 1, \dots, r$;
 y_{jk} – representa o *output* j da DMU k, $k = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, s$;
 x_{ik} – representa o *input* i da DMU k, $k = 1, \dots, n$ e $i = 1, \dots, r$;
 y_{j0} – representa o *output* j da DMU 0, $j = 1, \dots, s$;
 x_{i0} – representa o *input* i da DMU 0, $i = 1, \dots, r$;

É importante ressaltar que todo problema de programação linear possui um problema dual a ele associado. Esse também é chamado de modelo do envelope, ao passo que aquele é denominado de modelo dos multiplicadores, conforme já mencionado (MARIZ, 2015).

Nesse caso, em (4) é possível observar a formulação dual.

$$\begin{aligned} \text{Min } h_0 = \\ \text{s.a.} \\ h_0 x_{i0} \geq \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k, \quad i = 1, \dots, r \\ y_{j0} \leq \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k, \quad j = 1, \dots, s \\ \lambda_k \geq 0, \quad k = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (4)$$

Onde:

h_0 – representa o fator de redução dos inputs da DMU 0 em avaliação;
 x_{i0} – representa o *input* i da DMU 0, $i = 1, \dots, r$;
 x_{ik} – representa o *input* i da DMU k, $k = 1, \dots, n$ e $i = 1, \dots, r$;
 y_{jk} – representa o *output* j da DMU k, $k = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, s$;
 y_{j0} – representa o *output* j da DMU 0, $j = 1, \dots, s$;
 λ_k – representa o fator de contribuição da DMU k para formação da eficiência

Na formulação (4), h_0 consiste na eficiência da DMU. Esse valor de eficiência deve ser multiplicado por todos os *inputs*, quando o modelo é orientado a *input*, para que se obtenham valores que coloquem a DMU na fronteira eficiente, ou seja, provocando um decréscimo no valor dos *inputs*. Ademais se ressalta que a primeira restrição garante que essa redução em cada um dos *inputs* não ultrapasse a fronteira definida pelas DMUs eficientes e a segunda restrição considera que a redução nos *inputs* não altera o nível atual dos *outputs* da DMU (MELLO et al., 2005).

Conforme pode ser observado, esse modelo busca valores de λ_k que minimizem h_0 sendo λ_k a contribuição da DMU k na formação do alvo da DMU0, fornecendo uma análise até então não obtida coma abordagem dos multiplicadores

do problema. Em suma, o valor de λ_k indica possíveis unidades que funcionam como *benchmarks* (modelo das melhores práticas) para DMU em análise (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

Assim, quando o valor de λ_k é nulo, a DMU k não é *benchmark* para a DMUo em análise. Quando $\lambda_k > 0$, a DMU k é *benchmark* para a unidade ineficiente, de forma que quanto maior o valor de λ_k , maior é a importância da DMU k como referência para a DMUo analisada (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

2.5.3 O Modelo Banker, Charnes e Cooper – BCC

O modelo em questão foi criado em 1984 por Banker, Charnes e Cooper. Diferentemente do modelo CCR, permite retornos variáveis de escala, de forma a admitir que as DMUs operem em escalada diferenciada, o que dentro do modelo dos multiplicadores significa uma variável a mais e no modelo envelope, uma restrição a mais. Além disso, o modelo BCC admite que a produtividade máxima se dê de acordo com a escala de produção. (BANKER, CHARNES e COOPER, 1984).

O modelo (5) representa o modelo BCC dos multiplicadores com orientação a *inputs*, já linearizado. Cabe ressaltar, que assim como no modelo (2) CCR linearizado, o modelo (5) BCC linearizado busca maximizar o índice de eficiência, com a diferença de que a soma ponderada dos *outputs* é acrescida do fator de escala u^* (MACIEL, 2015).

$$\begin{aligned} \text{Max Eff}_0 &= \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} + u_* \\ \text{s.a.} \\ \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} &= 1 \\ \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + u_* &\leq 0, k = \\ &1, \dots, n \\ v_i, u_j &\geq 0, u_* \in \mathfrak{R} \end{aligned} \quad (5)$$

Onde:

Eff_0 – representa a eficiência da DMU 0 em avaliação;
 u_j – representa o peso do *output* j da DMU 0, $j = 1, \dots, s$;
 v_i – representa o peso do *input* i da DMU 0, $i = 1, \dots, r$;
 y_{jk} – representa o *output* j da DMU k , $k = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, s$;
 x_{ik} – representa o *input* i da DMU k , $k = 1, \dots, n$ e $i = 1, \dots, r$;
 y_{j0} – representa o *output* j da DMU 0, $j = 1, \dots, s$;
 x_{i0} – representa o *input* i da DMU 0, $i = 1, \dots, r$;
 u_* – representa o fator de escala;

Nesse caso, tem-se que a função objetivo representa a eficiência; a primeira restrição assegura que a soma ponderada dos *inputs* seja igual a 1; a segunda restrição é aplicada de acordo com o número de DMUs e garante que os pesos escolhidos se aplicados às outras DMUS não crie uma razão maior que 1, ao passo que a terceira restrição impõe a não negatividade dos pesos. Nesse caso u^* representa o fator de escala, desse modo ressalta-se que o fator de escala u^* pertence ao conjunto dos números Reais, de tal modo que quando se tem orientação a *inputs*, u^* positivo indica retornos crescentes de escala; o valor de u^* negativo indica retornos decrescentes de escala e se u^* for nulo, indica retornos constantes de escala (MACIEL, 2015).

O modelo (6) a seguir representa o modelo BCC do envelope com orientação a *inputs*.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } h_0 \\
 & h_0 x_{i0} \geq \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k, \forall i \\
 & y_{j0} \leq \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k, \forall j \\
 & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k
 \end{aligned} \tag{6}$$

Onde:

H_0 – representa o fator de redução dos inputs da DMU 0 em avaliação;

x_{i0} – representa o *input* i da DMU 0, $i = 1, \dots, r$;

x_{ik} – representa o *input* i da DMU k , $k = 1, \dots, n$ e $i = 1, \dots, r$;

y_{jk} – representa o *output* j da DMU k , $k = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, s$;

y_{j0} – representa o *output* j da DMU 0, $j = 1, \dots, s$;

λ_k – representa o fator de contribuição da DMU k para formação da eficiência

Em (6) a função objetivo minimiza h_0 , ou seja, tem por objetivo a redução de todos os *inputs* da DMU 0 em avaliação. O primeiro grupo de restrições garante que a redução em cada um dos *inputs* não ultrapasse a fronteira definida pelas DMUs eficientes; já o segundo garante a manutenção do nível atual dos *outputs* daquela DMU. Para a DMU 0, em análise, os λ 's indicam o conjunto de *benchmarks* dessa DMU, cujo somatório deve ser igual a 1, conforme descrito na terceira restrição. Aqui as variáveis de decisão são h_0 e λ 's. A quarta restrição impõe não negatividade para os λ 's (MACIEL, 2015).

A formulação (7) representa o modelo BCC dos multiplicadores orientado a *output* linearizado, ou seja, em forma de problema de programação linear (PPL).

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Eff_0 &= \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} + v_* \\
 \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} &= 1 \\
 - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - v_* &\leq 0, \forall k \\
 v_i, u_j &\geq 0, u_* \in \Re
 \end{aligned} \tag{7}$$

Eff_0 – representa a eficiência da DMU 0 em avaliação;
 u_j – representa o peso do *output* j da DMU 0, $j = 1, \dots, s$;
 v_i – representa o peso do *input* i da DMU 0, $i = 1, \dots, r$;
 y_{jk} – representa o *output* j da DMU k, $k = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, s$;
 x_{ik} – representa o *input* i da DMU k, $k = 1, \dots, n$ e $i = 1, \dots, r$;
 y_{j0} – representa o *output* j da DMU 0, $j = 1, \dots, s$;
 x_{i0} – representa o *input* i da DMU 0, $i = 1, \dots, r$;
 v_* - representa o fator de escala;

Nesse caso a função objetivo representa a eficiência; 1ª restrição representa a normalização e a 2ª restrição garante que os pesos escolhidos aplicados às outras DMUs não crie uma razão maior que 1 ao passo que v^* é interpretado como fator de escala. Ademais, quando v^* for positivo a situação será de retornos decrescentes de escala; quando v for negativo a situação será de retornos crescentes de escala e se v^* for nulo, será de retornos constantes de escala (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984).

Por sua vez o modelo (8) representa o modelo BCC do envelope com orientação a *outputs*.

$$\begin{aligned}
& \text{Max } h_0 \\
& \text{s.a.} \\
& x_{i0} \geq \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k, \forall i \\
& h_0 y_{j0} \leq \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k, \forall j \\
& \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\
& \lambda_k \geq 0, \forall k
\end{aligned} \tag{8}$$

Onde:

h_0 – representa o fator de redução dos outputs da DMU 0 em avaliação;

x_{i0} – representa o input i da DMU 0, $i = 1, \dots, r$;

x_{ik} – representa o input i da DMU k , $k = 1, \dots, n$ e $i = 1, \dots, r$;

y_{jk} – representa o output j da DMU k , $k = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, s$;

y_{j0} – representa o output j da DMU 0, $j = 1, \dots, s$;

λ_k – representa o fator de contribuição da DMU k para formação da eficiência

Mister faz-se salientar que a aplicação do modelo BCC é utilizada quando as unidades de produção em análise estão em condições diferentes de escalas, de tecnologias e etc. Ademais também é indicada quando não existe garantia de proporcionalidade entre as variáveis da análise (SANTOS, 2013).

Sintetizando, a análise envoltória de dados é uma ferramenta matemática que mede a eficiência relativa de uma DMU, ou seja, compara o que foi produzido (outputs), dado os recursos (inputs), com que poderia ter sido produzido no mesmo contexto. Ademais, presta-se a determinar a eficiência de unidades produtivas, nas quais não seja relevante ou não se deseje somente o aspecto financeiro, comparando certo número de DMUs que realizam tarefas similares e se diferenciam nas quantidades de inputs que consomem e de outputs que produzem (CORREIA, 2011).

Ademais, por meio de técnicas de programação linear, baseadas em valores observados de insumos e produtos, constrói uma fronteira eficiente composta daquelas unidades que são eficientes e, como o próprio nome indica, "envolve" ou limita aquelas que não são. Desta forma, a DEA responde às questões de como medir a eficiência relativa e de como propor melhorias, tanto nos insumos quanto

nos produtos, para as unidades que não estão na fronteira se tornarem eficientes (CANAL; AMADO; HURTADO, 2015).

Quanto aos dois modelos clássicos apresentados (CCR E BCC), cumpre esclarecer que a principal diferença entre eles se refere ao retorno de escala de suas atividades. Assim sendo, o modelo CCR admite que variações na quantidade de *inputs* produzam variações proporcionais nos *outputs*, assumindo retornos constantes de escala. Já o modelo BCC considera retornos variáveis de escala - crescentes, decrescentes e constantes (MARIZ, 2015).

Assim, o índice que o modelo CCR retorna é chamado de eficiência técnica global ou eficiência produtiva, pois para que uma unidade seja eficiente nesse modelo ela precisa ter eficiência técnica e de escala. Já o modelo BCC, a partir da introdução do fator de escala, permite isolar a parte da ineficiência produtiva que se deve à ineficiência técnica no sentido estrito (ROSANO-PEÑA; ALBUQUERQUE; MARCIO, 2012).

Complementando, Mariano (2008) esclarece que o modelo BCC compara apenas as DMUs que operem em escala semelhante. Dessa forma, a eficiência da DMU em análise é obtida pela divisão de sua produtividade pela maior produtividade dentre as DMUs que têm o mesmo tipo de retorno de escala que ela.

Há de se chamar atenção para o fato de que modelos de DEA são extremamente benevolentes com as variáveis avaliadas. Essa característica pode fazer com que ocorram empates entre as unidades 100% eficientes, uma vez que a DMU pode estar sendo eficiente ao considerar apenas algumas das variáveis, aquelas que lhe são mais favoráveis (MELLO et al, 2005).

Essa avaliação benevolente da DEA tradicional reduz a capacidade de discriminação do modelo, uma vez que várias unidades poderão ser consideradas 100% eficientes. Diante disso, uma das possibilidades de correção desse problema se dá por meio da utilização da fronteira invertida, a qual é composta pelas DMUs com as piores práticas gerenciais (MACIEL et al, 2014).

O cálculo da fronteira invertida é feito por meio da inversão entre *inputs* e *outputs* e dessa forma é possível identificar as DMUs falso-eficientes, pois ela produz uma avaliação pessimista do modelo. Em suma, na avaliação invertida, o escore das DMUs é baseado nas suas piores práticas, admitindo-se uma avaliação mais desfavorável para cada uma delas (PIMENTA; MELLO, 2005).

Diante dos resultados gerados a partir da aplicação das fronteiras tradicionais (otimistas) e essa mencionada anteriormente (pessimista) é possível proceder-se ao cálculo da fronteira composta. Em resumo esse cálculo consiste em uma média aritmética entre as fronteiras otimista e pessimista, mostrando-se um método efetivo de contornar o problema da baixa discriminação entre as DMUs. Ademais, também é possível calcular a eficiência composta normalizada, a qual é resultante da divisão do valor da eficiência composta pelo maior valor entre todos os valores de eficiência composta (MACIEL et al, 2014).

Isso posto, ressalta-se que outro aspecto fundamental da técnica são as variáveis em estudo, sobre as quais estarão apoiados os resultados do modelo. A seguir será melhor detalhado esse ponto.

2.6 Seleção de *Inputs* e *Outputs*

Na literatura DEA, a problemática sobre seleção de variáveis tem sido pouco debatida. Dessa forma, é predominante entre os trabalhos que a abordagem da seleção de variáveis se dê conforme a opinião de especialistas ou até mesmo em função da disponibilidade de dados (SENRA et al, 2007).

Nesse contexto, é importante ressaltar que o fato de uma diferente escolha de variáveis conduzir a resultados diferentes não se trata de uma fraqueza da DEA. Na verdade, escolher variáveis diferentes significa que se pretende levar em conta uma dimensão diferente do problema, ou seja, olhar para as DMUs segundo outro ponto de vista (SENRA et al, 2007). Assim, cada conjunto de *inputs* e *outputs* utilizados enfocará uma determinada perspectiva da situação a ser estudada.

De outra banda, no que se refere ao setor educacional, salienta-se que esse possui uma série de características que o distingue dos demais setores de produção. Nesse diapasão, é possível destacar que são inúmeros os insumos e produtos educacionais existentes a serem trabalhados em distintas pesquisas, entretanto, principalmente no Brasil, o que se percebe é que existe escassez de dados de qualidade para o setor, dificultando dessa forma, a escolha dos insumos e produtos do processo produtivo em questão (DALLA VECCHIA, 2014).

Ademais, conforme menciona Da Silva Filho (2016) a análise da eficiência no âmbito educacional tem sido alvo de diversos estudos no cenário nacional e internacional. No entanto, não existe um consenso na escolha dos insumos e

produtos a serem utilizados para medir a eficiência desse setor. Tal situação pode ser observada nos Apêndices A e B, em que é demonstrado um resumo dos *inputs* e de *outputs* utilizados em outros trabalhos

Na literatura nacional, por exemplo, vários foram os estudos que utilizaram DEA para avaliar o setor educacional e, nesses, as mais diversas variáveis de *inputs* e *outputs* foram utilizadas. Nesse contexto, Ramos e Ferreira (2007), com a finalidade de avaliar 23 Centros Federais de Educação Tecnológica do Brasil (CEFETs), utilizaram como variáveis de entrada o valor do orçamento, o quantitativo de corpo docente e a titulação do corpo docente e como *outputs* o quantitativo de matrículas, a quantidade de egressos e o resultado na prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Já Carvalho (2014), ao estudar 6 câmpus do Instituto Federal Tocantis (IFTO), selecionou como *inputs* o quantitativo de alunos ingressantes, o valor do orçamento, o índice de titulação do corpo docente e o quantitativo de técnicos. As variáveis de *outputs* utilizadas foram o total de alunos formados e de alunos integralizados.

Dalla Vecchia (2014), no seu estudo de 31 Instituições Públicas da região Nordeste do Brasil utilizou as seguintes variáveis de *inputs*: alunos matriculados na graduação por docentes em exercício, índice de qualificação do corpo docente e despesas gerais por alunos matriculados. Já as variáveis de *outputs* selecionadas foram: o total de concluintes na graduação e o Índice Geral de Cursos (IGC).

Por sua vez Mota (2014), na avaliação de 9 câmpus do Instituto Federal da Bahia elegeu como variáveis de entrada o orçamento de custeio, o orçamento de investimento, o número de professores e de servidores técnicos. As variáveis de saída foram o número total de publicações, o índice de titulação do corpo docente, o número total de formados e o número de matrículas.

Alves (2015) para avaliar 10 câmpus do Instituto Federal do Amazonas (IFAM) selecionou como variável de *input* a despesa corrente total. Já as variáveis de *output* foram o número total de alunos matriculados nos cursos básicos, técnicos, de graduação e de pós graduação, o total de beneficiários na pesquisa e extensão e o total de alunos assistidos na assistência estudantil.

Furtado e Campos (2015) na avaliação de 19 Institutos Federais utilizaram como variáveis de *input* os gastos correntes por aluno matriculado, o índice de

titulação do corpo docente e a relação quantidade de alunos por professor. Já a variável de *output* selecionada foi a relação de concluintes por aluno matriculado.

Guidi (2016), com a finalidade de avaliar 38 Institutos Federais, elegeu como variáveis de *input* a rotatividade de servidores em cargos em comissão, o grau de difusão das normas internas da instituição, o grau de padronização dos procedimentos operacionais, a capacitação de recursos humanos, a infraestrutura, o índice de titulação docente, a relação aluno por docente e o quantitativo de câmpus. Como *outputs* foram utilizados a nota média final no ENEM e o índice de eficiência acadêmica.

Deus (2017) ao avaliar 40 órgãos da Rede Federal utilizou como variáveis de entrada o gasto total, o total de docentes com especialização, o total de docentes com mestrado, o total de docentes com doutorado e o total de técnicos administrativos. Como variáveis de saída o autor utilizou o total de matrículas e o Índice Geral de Curso (IGC).

Já Melonio (2017), na avaliação de 50 Universidades Federais Brasileiras, selecionou como *inputs* o custo corrente por aluno equivalente, o total de aluno em tempo integral por professor, o total de aluno em tempo integral por funcionário, o grau de participação estudantil, o grau de envolvimento com pós-graduação e o índice de qualificação do corpo docente. Como *outputs* foram utilizados a taxa de sucesso na graduação e o total de funcionário por professor.

Krieser (2018) para avaliar 19 Institutos Federais de Educação selecionou como *inputs* o gasto corrente por aluno, a titulação do corpo docente e a relação aluno por professor. Por sua vez o *output* utilizado foi o total de concluintes por matrícula atendida.

Silva (2018) avaliou 35 Universidades Federais Brasileiras. Para tanto utilizou como *inputs* os gastos totais per capita (por aluno), os gastos com custeio per capita (por aluno) e o gastos com docentes per capita (por aluno) e como *output* a nota obtida pela Universidade no Ranking Folha – RUF.

No que se refere à literatura internacional também é possível trazer à baila alguns trabalhos que bem ilustram a falta de consenso na literatura sobre quais variáveis de *inputs* e *outputs* utilizar para a avaliação da educação. No caso de Abbott e Doucouliagos (2002) para a avaliação de 23 Institutos Técnicos e de Ensino Superior Vitorianos, foram selecionadas como variáveis de entrada o total de docentes (equivalente a tempo integral), o total de funcionários não docentes, o

dispêndio de capital e o custo da energia. Como variável de saída os autores elegeram o total de horas de contato com o estudante.

Já Liu et al (2004), na avaliação de 38 institutos tecnológicos de Taiwan, utilizou como *inputs*: a área de construção, o total de professores, os gastos anuais, o tamanho da coleção da biblioteca e o total de periódicos. Por sua vez, os *outputs* foram: o total de graduados, os gastos com pesquisa e a renda da colaboração escola-indústria e educação continuada.

Wolszczak-derlacz e Parteka (2011) se propuseram a avaliar 259 Institutos de Educação Superior públicos de 7 países europeus. Para tanto elegeram como variáveis de entrada o número de funcionários acadêmicos, o total de alunos e as receitas totais e como variáveis de saída o total de graduações (resultado do ensino) e o total de publicações científicas (resultado da pesquisa).

Em Lu (2012) na avaliação de 40 universidades públicas de Taiwan foram utilizados como *inputs*: outros custos operacionais, despesas de gestão e assuntos gerais e custos de ensino, total de professores em tempo integral, total de mão de obra de administração, equipamentos de *software* e *hardware* e trabalhos acadêmicos. Como *outputs* foram utilizados a renda subsidiada e a receita de ensino.

Já Wolszczak-derlacz (2014) na avaliação de 31 instituições de ensino superior públicas polonesas selecionou como *inputs* a receita total, o total de acadêmicos e o total de funcionários. Como *outputs*, o total de publicações indexadas na *Web of Science*, o total de citações, o valor das bolsas de pesquisa e o total de diplomados, tanto em período integral, como em meio período.

Por sua vez Jablonsky (2016) para avaliar 9 faculdades econômicas de universidades públicas da República Tcheca utilizou como *inputs*: o total de funcionários acadêmicos e o custo de mão de obra do corpo docente. Já os *outputs* utilizados foram: total de alunos, total de alunos formados e o total de publicações.

Sav (2017) ao avaliar 144 universidades de pesquisa, 201 universidades e faculdades abrangentes, 313 faculdades associadas e 340 faculdades associadas II, utilizou como *inputs* o total de inscrições de estudantes, o emprego do corpo docente e as despesas institucionais não docentes em apoio acadêmico e estudantil. Já os *outputs* utilizados foram as horas de crédito de graduação, as horas de crédito de pós-graduação, a taxa de sucesso na graduação e a taxa de sucesso na pós-graduação.

Em síntese, é possível observar a utilização das mais diversas variáveis de *inputs* e de *outputs* tanto na literatura nacional quanto na internacional. No entanto, de forma geral, nota-se uma predominância das variáveis de entrada relacionadas à quantidade de alunos por professor, ao índice de titulação do corpo docente, ao quantitativo de corpo docente, ao dispêndio financeiro e ao quantitativo de técnicos administrativos.

Com relação às variáveis de *outputs* utilizadas, também se verifica que diversos tipos foram considerados. No entanto, é possível perceber o predomínio da variável que mensura a quantidade de alunos concluintes e o número de alunos matriculados nas instituições estudadas.

Assim sendo, tendo em vista a falta de direcionamento na literatura a cerca de quais variáveis melhor se adequam para o estudo da eficiência no setor educacional, optou-se pela utilização de testes econométricos que possam embasar a escolha dos *inputs* e *outputs* utilizados neste estudo. Dessa forma, procedeu-se a aplicação do teste de causalidade proposto por Granger.

Esse teste tem por objetivo superar as limitações do uso simples de correlações entre variáveis. Essa distinção é de fundamental importância uma vez que a correlação não implica por si só causalidade, ou seja, relação de causa e efeito. A identificação de uma relação estatística entre duas variáveis, por mais forte que seja, não pode ser o único critério para estabelecer uma relação causal entre elas (GRANGER, 1969).

Assim sendo, o teste de causalidade de Granger procura determinar o sentido causal entre duas variáveis, estipulando que X "Granger-causa" Y se valores passados de X ajudam a prever o valor presente de Y (GRANGER, 1969).

No entanto, para que a análise, e ajuste do modelo econométrico sejam feitos corretamente, Gujarati e Porter (2011), e Muller (2017) ressaltam a importância de serem seguidas algumas etapas, que são pré-definidas quando se realiza o processo de estimação de um modelo econométrico. Segundo os autores em epígrafe, o caminho a ser seguido dependerá dos resultados dessas técnicas pré-estabelecidas, que assegurarão um resultado mais confiável para a utilização do modelo escolhido.

Assim, as seções 2.6.1 e 2.6.2 abordam os testes que devem ser realizados previamente ao teste de causalidade de Granger, ou seja, o teste de raiz unitária e o

teste de cointegração de Johansen. Já a seção 2.6.3 aborda a teoria sobre o teste de causalidade em comento.

2.6.1 Teste de raiz unitária

O teste de raiz unitária é um dos testes mais populares no últimos anos (GUJARATI; PORTER, 2011). Caso tenha-se uma série não estacionária pode-se dizer que ocorre um problema de raiz unitária, com isto sabe-se que a variância Y_t é não estacionária (GUJARATI; PORTER, 2011). Uma série temporal que tenha uma raiz unitária é conhecida como passeio aleatório, o que é a representação de uma serie temporal não estacionária. O ponto inicial para o processo da raiz unitária é dado em (1):

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \quad -1 \leq \rho \leq 1 \quad (1)$$

Na equação (1), u_t é um termo de erro. Se $\rho = 1$ teremos um modelo de passeio aleatório sem deslocamento, portanto, uma série não estacionária. Gujarati e Porter (2011), salientam que a fim de verificar se a série é ou não estacionária deve se aplicar o teste de raiz unitária, em que pode-se estimar a raiz de maneiras distintas, conforme as equações 2, 3 e 4.

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (2)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (3)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (4)$$

Em (2) ΔY_t é um passeio aleatório, em (3) ΔY_t é um passeio aleatório com deslocamento, e em (4) ΔY_t é um passeio aleatório com deslocamento em torno de uma tendência determinística, em que t é a variável tempo (GUJARATI e PORTER, 2011). Ainda segundo os autores, através da equação 2 pode-se testar a hipótese nula ($\delta = 0$) que indica que a série possui raiz unitária ou que a série é não estacionária, ou ainda que a série possui tendência. Já se utilizando da hipótese alternativa ($\delta < 0$), irá sinalizar que a série é estacionária. No caso da série temporal não ser estacionária, procedeu-se pela diferenciação nas séries.

2.6.2 Teste de cointegração

Para analisar a relação de dependência entre as variáveis do estudo, torna-se necessário a utilização de um teste de cointegração, um conjunto de séries são definidas como cointegradas quando ocorre uma combinação linear destas séries estacionárias (ALEXANDER, 2011). Duas variáveis são definidas como cointegradas quando ocorre um equilíbrio de longo prazo entre elas (GUJARATI; PORTER, 2011).

O teste de cointegração de Johansen é baseado nos autovalores de uma matriz estocástica e busca a combinação linear com maior estacionariedade (ALEXANDER, 2011). O autor ainda complementa que o procedimento de Johansen é mais informativo do que outros métodos. Para utilizar-se do método de Johansen é preciso modelar uma matriz ($n \times p$) de séries temporais, em que cada coluna representa uma série temporal. Na metodologia de Johansen é necessário determinar a ordem de defasagem de Y_t , pois através deste procedimento é possível obter-se os resíduos estacionários da série. A seguinte equação é utilizada para realizar o teste.

$$\Delta Y_t = \Gamma_t \Delta Y_{t-1} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta Y_{t-k+1} + \vartheta Y_{t-k} + \Phi D_t + u_t \quad (5)$$

Onde: $\Gamma_i = -(I - A_1 - \dots - A_i)$, ($i = 1, 2, \dots, k - 1$), e $\vartheta = -(I - A_1 - \dots - A_k)$. A vantagem de descrever o modelo neste sistema é de que são incorporadas informações de longo e curto prazo. Baseando-se no posto de ϑ a metodologia apresenta três situações:

- ϑ possui posto completo. Neste caso temos que há $\rho = r$ colunas linearmente independentes, ou seja, as séries em Y_t são estacionárias.
- ϑ possui posto igual a zero, então não existe cointegração nas séries temporais.

ϑ possui posto reduzido. Este é o caso mais importante, quando há $r \leq (p - 1)$ séries cointegradas em Y_t , podemos escrever $\vartheta = \alpha \beta$ sendo que α é uma matriz ($n \times p$) que representa a velocidade de ajustamento dos parâmetros da matriz no curto prazo e β é uma matriz ($n \times p$) de coeficientes de cointegração de longo prazo.

2.6.3 Teste de causalidade

O conceito de causalidade no sentido de Granger refere-se a precedência temporal entre variáveis. Conforme Granger (1988), em um modelo com duas variáveis, existindo a relação de cointegração entre elas, então existirá a

causalidade em pelo menos uma direção. A causalidade pode ocorrer de maneira unidirecional de uma variável x para uma variável y , ou vice-versa, ou ainda ser bilateral. (GUJARATI; PORTER, 2011).

Conforme Carneiro (1997), o teste de causalidade assume que a informação relevante para a predição das variáveis X e Y esta contida apenas nas séries de tempo sobre essas duas variáveis. Portanto, uma série estacionaria X , causa no sentido de Granger, uma outra série estacionaria Y . Ainda segundo o autor, o teste envolve estimar as seguintes regressões:

$$X_t = \sum a_i Y_{t-i} + \sum b_i X_{t-i} + u_{1t} \quad (61)$$

$$Y_t = \sum c_i Y_{t-i} + \sum d_i X_{t-i} + u_{2t} \quad (7)$$

em que u_{it} são os resíduos que assumimos como não correlacionados.

Na equação (6) caracteriza que os valores de X estão relacionados a valores passados do próprio X assim como valores defasados de Y . Já na equação (7) caracteriza um comportamento similar para a variável Y . Segundo Carneiro (1997) após as estimações podemos distinguir quatro casos diferentes:

1. *Causalidade unilateral de Y para X* : quando os coeficientes estimados em (6) para a variável defasada Y são diferentes de zero ($\sum a_i \neq 0$), e o conjunto de coeficientes estimados em (7) para a variável X não forem estatisticamente diferentes de ($\sum d_i = 0$).
2. *Causalidade unilateral de X para Y* : quando os conjuntos de coeficientes defasados para Y na equação (6) não forem estatisticamente diferente de zero ($\sum a_i = 0$), e o conjunto de coeficientes defasados para a variável X em (7) forem ($\sum d_i \neq 0$).
3. *Bicausalidade ou simultaneidade*: quando os conjuntos de coeficientes de X e Y forem estatisticamente diferentes de zero em ambas regressões.
4. *Independência*: quando em ambas regressões os conjuntos de coeficientes defasados de X e Y forem estatisticamente iguais a zero.

Portanto, se a variável X Granger-causa a variável Y , então mudanças em X devem preceder mudanças em Y ao longo do tempo. (CARNEIRO, 1997), sendo esse o postulado fundamental da técnica. Explanado sobre esse teste e sobre as etapas que devem ser realizadas previamente a ele, ou seja, o teste de raiz unitária e o teste de cointegração de Johansen, prossegue-se com a apresentação de

estudos da literatura nacional e internacional que tiveram por objetivo mensurar a eficiência do setor educacional.

2.7 Aplicações da Análise Envoltória de Dados no Setor da Educação

A Análise Envoltória de Dados (DEA) vem sendo utilizada para avaliação do setor educacional desde 1978, quando da publicação do estudo seminal de Charnes, Cooper e Rhodes, no qual o objetivo era avaliar escolas participantes de um programa público educacional denominado de *Follow Through*. Desde então, o método vem apresentando um sucesso crescente no estudo da eficiência de instituições de ensino e de outros setores, especialmente no de organizações públicas e sem fins lucrativos (ROSANO-PEÑA; ALBUQUERQUE; MARCIO, 2012).

Dessa forma, nesta seção serão descritos alguns trabalhos referentes à literatura nacional e internacional nos quais a DEA foi aplicada no âmbito da educação. Além disso, foram criados dois quadros a fim de sintetizar os trabalhos encontrados quanto ao método, à amostra e às variáveis utilizadas, encontrando-se disponíveis no Apêndice C e no Apêndice D deste trabalho, respectivamente.

2.7.1 Literatura Nacional

Ramos e Ferreira (2007) realizaram uma aplicação da DEA para avaliar a existência de retornos constantes ou variáveis de escala no desempenho de instituições de ensino tecnológico no Brasil, com ênfase no ensino médio. Os principais resultados demonstraram haver retornos variáveis de escala para orçamento e corpo docente, mas retorno constante para titulação do corpo docente. As implicações teóricas dos achados sugeriram que uma análise de cada insumo deve ser realizada antes de modelar o insumo virtual e escolher o modelo de DEA a ser aplicado.

O trabalho de Carvalho (2014) tratou-se de um estudo de caso, desenvolvido por meio da DEA, feito em um conjunto de 6 unidades do Instituto Federal do Tocantins (IFTO). Do modelo aplicado, dadas as características da metodologia, obteve-se que 4 das 6 unidades analisadas eram eficientes e 2, ineficientes. Percebeu-se, ainda, um *gap* considerável entre os escores obtidos pelas DMUs

eficientes e as ineficientes, além disso, constatou-se que as unidades instaladas em cidades que servem de polo regional tendiam a ser consideradas eficientes.

Dalla Vecchia (2014) analisou a eficiência das Instituições de Educação Superior (IES) públicas da região Nordeste do Brasil por meio da DEA. Ademais, utilizando-se do Índice de Malmquist¹, determinou mudanças na produtividade total das IES por meio de painéis.

Ao longo do período analisado foi possível verificar oscilações na eficiência das IES, provocando, conseqüentemente, deslocamentos na fronteira. Na média geral o número de IES ineficientes foi superior ao número de IES eficientes, fato que demonstra a deterioração do produto educacional, indicando a importância de políticas e investimentos no setor, a fim de reestabelecer e aperfeiçoar o desempenho das IES do nordeste brasileiro.

Mota (2014), em um contexto de grande expansão da rede federal de educação tecnológica com grande aporte de recursos financeiros às instituições, analisou a eficiência relativa dos câmpus do Instituto Federal da Bahia (IFBA). O principal método de análise empregado foi o quantitativo, com o uso da DEA.

Nesse caso, os resultados demonstraram a existência de diferenças significativas de eficiência entre as unidades (DMUs) do Instituto em questão, apontando para a necessidade de redução das despesas de custeio na maioria dos câmpus. Somado a isso está a necessidade de aumentar as publicações a fim de alcançarem o patamar das unidades que ocupam a fronteira de eficiência.

Furtado e Campos (2015) tiveram como objetivo identificar a escala de eficiência técnica dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia e a relação dos custos, indicativos de expansão e retenção junto aos escores de eficiência. A análise compreendeu o período de 2012 e 2013 e os resultados referentes à eficiência demonstraram que apenas 31% dos Institutos analisados atingiram o escore de eficiência no ano de 2012 e, também, no ano de 2013.

Evidências demonstraram que os Institutos considerados eficientes apresentaram melhores resultados médios de concluintes por alunos matriculados e menores gastos correntes por alunos matriculados. Essa constatação indica que a obtenção do resultado não está condicionada a maiores dispêndios.

¹ Utilizado para avaliar os índices de produtividade ao longo do tempo, decompondo-os em índices que captam variação da eficiência técnica e mudanças tecnológicas (PEREIRA; SILVEIRA, 2016)

Guidi (2016), ao longo do desenvolvimento do seu estudo, discutiu a Teoria Institucional e sua aplicação ao contexto educacional dos IFs, com ênfase na compreensão da relação existente entre os fatores políticos e econômicos e suas influências na eficiência educacional desses institutos. No que se refere aos aspectos metodológicos empregados, foram utilizadas a DEA para medir a eficiência dos IFs, bem como a pesquisa qualitativa, com o intuito de verticalizar o conhecimento, por meio da aplicação de questionários com os trinta e oito Reitores dos Institutos.

Os resultados revelaram que a eficiência dos Institutos Federais é influenciada por fatores institucionais não apenas políticos e econômicos, mas também educacionais, administrativos e sociais, consequência da necessidade de atender a complexidade do contexto educacional. Uma implicação desse estudo é a abertura de uma nova visão para análise e reflexão das relações institucionais que exercem influência na eficiência dos Institutos Federais, buscando, nesse conhecimento, que a educação voltada para ciência e tecnologia se torne o fio condutor para uma formação técnica de excelência para a juventude brasileira.

Deus (2017) teve como objetivo geral analisar a eficiência com a qual os Institutos Federais aplicam o orçamento recebido anualmente, conciliando a contratação de docentes e técnicos administrativos e confrontando os resultados obtidos por meio de ofertas de matrículas no período de 2011 a 2014. Os resultados apontaram que 16 instituições tiveram seu grau de eficiência máxima igual a 1.00, dentre as quais se destaca o Instituto Federal do Mato Grosso do Sul, o qual apresentou o menor valor gasto por matrícula (R\$ 5.138,41).

Além disso, dentro do universo das instituições com grau igual a 1.00, o Instituto Federal de Goiás (IFG) destacou-se como a unidade com menor proporção de alunos por docente, totalizando 14,81 alunos para cada docente na instituição. Esse resultado foi seguido pelo Instituto Federal do Paraná (IFPR) com 15,40 alunos por docente e logo depois pelo Instituto Federal do Acre (IFAC) com 17,43 alunos por docente. Já Instituto Federal da Paraíba (IFPB) apresentou um total de 56,87 alunos por docente, sendo o maior resultado dentre todos os 40 órgãos analisados.

Outro ponto do trabalho em questão foi a análise por meio de *benchmarks*. Nesse caso, o IFPR apresentou índice de *benchmarks* maior em relação aos demais Institutos, representando o quanto cada instituição pode contribuir para o desenvolvimento e agregação de valor ao resultado final de cada órgão.

Melonio (2017) buscou avaliar a eficiência das IFES em relação aos gastos de recursos públicos no período da Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), no período de 2010 a 2012 e, também, no período pós-REUNI, de 2013 a 2015, por intermédio da DEA e do índice de Malmquist. O cálculo da análise de eficiência para os anos de 2010 e 2015 mostrou que em 2010 as IFES consideradas eficientes eram 58% da amostra, ao passo que no ano de 2015 eram 40% da amostra.

Nesses dois anos comparativos, destacaram-se como eficientes: a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, a Universidade Federal de Lavras, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre.

Já na análise do índice de Malmquist, verificou-se que somente cinco IFES (10% da amostra) apresentaram aumento da produtividade, sendo que o maior aumento ocorreu na Universidade Federal de Pelotas (25,8%), seguida da Universidade Federal do Tocantins (13,2%), da Universidade Federal do ABC (9,9%), da Universidade Federal Rural da Amazônia (8,7%) e da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (4,1%). Ademias, com os resultados apresentados na pesquisa, não foi possível afirmar que o fim do projeto REUNI tenha impactado diretamente na eficiência das IFES, mas se pode verificar indícios de que houve mudanças perceptíveis.

Krieser et al (2018) analisaram a eficiência técnica da educação, em especial nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IFs), por meio da DEA. Identificada a fronteira de eficiência técnica dos IFs, foi elaborado um *ranking* com os resultados obtidos e identificadas as unidades que serviram de referência (*benchmark*) para as demais.

O estudo desenvolvido por Silva (2018) teve como objetivo mensurar a eficiência dos gastos das Universidades Federais Brasileiras a fim de propor medidas de aplicação de recursos mais eficientes à Universidade Federal de Goiás (UFG). Para tanto, utilizou-se da DEA, cujos resultados apontaram que a UFG esteve entre as Universidades Federais relativamente ineficientes no período de 2012 a 2015.

A partir dessas informações foram propostas quatro medidas para melhorar os indicadores de desempenho da Universidade em questão, quais sejam: (a) reduzir o número cursos ofertados; (b) reduzir os índices de evasão escolar; (c)

aumentar a oferta de vagas em cursos de graduação e (d) melhorar os resultados no Ranking Universitário Folha (RUF).

A partir das pesquisas identificadas acima, é possível constatar que os estudos utilizaram diferentes modelos da análise envoltória, bem como diferentes variáveis para avaliar a eficiência das atividades educacionais. Conforme Guidi (2016), “essa diversidade abre possibilidades para que os estudos voltados para a aferição do desempenho educacional não se restrinjam a uma linha de pensamento única e oportunizem estratégias heurísticas teóricas e empíricas”. O próximo tópico discorre sobre os achados da literatura internacional sobre o tema.

2.7.2 Literatura internacional

Abbott e Doucouliagos (2002) utilizaram a DEA para estimar a eficiência técnica e de escala dos Institutos Técnicos e de Ensino Superior Vitorianos, em 1995. Os resultados apresentados mostraram que os 23 institutos estudados tinham potencial para melhorias na eficiência técnica, seja sob a forma de maior produção, dados os insumos existentes, seja pela provisão do mesmo nível de saída com insumos reduzidos.

Descobriu-se que a eficiência da escala é geralmente alta e que os retornos potenciais à escala alcançados através de combinações provavelmente seriam limitados. Também foi constatado que a maioria dos institutos operava com grande capacidade de atendimento. Quanto aos determinantes da ineficiência técnica, existiram indicativos de haver um *trade-off* entre a eficiência e a provisão de bens sociais, tais como o acesso para os deficientes e a provisão de instalações de cuidados infantis.

A provisão de programas de treinamento de pessoal, por outro lado, pareceu fornecer uma contribuição positiva para a eficiência técnica dos institutos. Finalmente, como seria de esperar, a utilização mais elevada da capacidade e as classes maiores estão associadas a níveis mais elevados de eficiência técnica.

O estudo de Liu, Lee e Tzeng (2004) utilizou a DEA para examinar a eficiência gerencial de 38 institutos técnicos de Taiwan, que haviam sido atualizados de faculdades juniores em 1998. Além disso, avaliou as variações de eficiência gerencial para cada instituto individualmente entre 1995 e 1998. As análises incluíram as influências do tipo de escola, da localização geográfica e do tamanho da escola nos desempenhos de eficiência gerencial.

Os resultados da análise indicaram os seguintes pontos principais: primeiro, há uma correlação significativa entre tipos de escola e eficiência relativa, uma vez que dez das doze escolas relativamente eficientes são privadas. Isso indica que essas alcançaram melhor eficiência gerencial, embora tenham menos recursos.

Segundo, há uma correlação significativa entre o tamanho da escola e a eficiência relativa. Escolas com mais de 201 turmas atingiram a melhor eficiência gerencial em escala econômica. Além disso, não há significativa correlação entre localização geográfica e eficiência gerencial, indicando que a localização geográfica não terá um efeito significativo sobre a eficiência.

Casu e Thanassoulis (2006) tiveram como objetivo avaliar a eficiência de custos em serviços administrativos centrais em universidades do Reino Unido. Dessa forma, a partir da DEA buscaram identificar práticas que levassem a serviços administrativos centrais eficientes em termos de custo nessas instituições.

De acordo com os autores, os conselhos de financiamento das instituições de ensino superior têm progressivamente desenvolvido sistemas elaborados para medir o desempenho universitário no ensino de qualidade e pesquisa. De fato, o financiamento das universidades está ligado ao seu desempenho em pesquisa. Por outro lado, a contribuição da boa qualidade custo-eficiente dos serviços administrativos centrais para obter resultados satisfatórios em atividades de ensino e pesquisa não é avaliada diretamente.

Os resultados indicaram uma ineficiência considerável de custos em serviços administrativos. Além disso, ressalta-se que as instituições eficientes em termos de custos apresentam características variadas, incluindo o fato de serem instituições especializadas, instituições com um elevado número de estudantes, instituições altamente orientadas para a investigação e instituições com custos administrativos inferiores à média.

Wolszczak-derlacz e Parteka (2011) examinaram a eficiência e seus determinantes em um conjunto de instituições de ensino superior (IES) de vários países europeus. A análise foi baseada em uma amostra de 259 IES públicas de 7 países da Europa no período de 2001 a 2005. A técnica utilizada foi a DEA em dois estágios, primeiro avaliando os escores fornecidos, em seguida, regredindo-os em covariáveis potenciais com o uso de uma regressão truncada *bootstrap*.

Os resultados indicaram uma considerável variabilidade de pontuações de eficiência dentro e entre países. O tamanho da unidade (economias de escala), o

número e a composição das faculdades, as fontes de financiamento e a composição do gênero da equipe estão entre os determinantes cruciais do desempenho dessas unidades. Especificamente, os autores encontraram evidências de que uma maior participação de fundos de fontes externas e um número maior de mulheres entre funcionários acadêmicos melhoram a eficiência da instituição.

Lu et al (2012) por meio da DEA em dois estágios objetivou avaliar o custo e a eficiência de ensino e pesquisa das universidades públicas de Taiwan. O estudo também empregou uma regressão truncada para discutir se o capital intelectual afeta a eficiência operacional das universidades.

Os resultados demonstraram que as universidades são muito melhores em lidar com eficiências de custo do que com as eficiências de ensino e pesquisa. Já a análise de regressão indicou que o capital intelectual desempenha um papel importante em influenciar a eficiência do ensino e da pesquisa. Por fim, um roteiro conceitual para estratégias de melhoria de desempenho foi apresentado, a fim de ajudar os gestores a melhorarem a eficiência operacional das instituições.

O artigo desenvolvido por Wolszczak-derlacz (2014) apresentou uma medida de eficiência para pesquisa científica e ensino de 31 instituições de ensino superior públicas polonesas, entre os anos 2001-2008. Devido aos diferentes perfis das instituições estudadas, os cálculos foram realizados separadamente para universidades e universidades técnicas.

Os valores médios para as pontuações de eficiência indicaram que no caso de universidades técnicas a produção de pesquisa deveria ser 64% maior e para as universidades, 44%. No que diz respeito à eficiência do ensino, as universidades técnicas deveriam aumentar a produção em 47% e as universidades em 24%. Os resultados levam à conclusão de que existe uma correlação negativa entre as atividades de ensino e pesquisa nas instituições estudadas. Ressalta-se que os maiores grupos tinham relativamente baixa pesquisa com alta eficiência de ensino ou o inverso.

O artigo de Jablonsky (2016) tratou de sistemas de produção onde as unidades de tomada de decisão foram descritas por suas entradas e saídas em vários períodos consecutivos. O objetivo do estudo foi de formular novos modelos dessa classe que permitissem avaliar a eficiência das unidades decisórias em toda a cadeia produtiva.

Os modelos de DEA multiperíodo de eficiência e supereficiência apresentados foram ilustrados por meio da análise da pesquisa e do desempenho docente de 19 faculdades econômicas da República Tcheca no período de quatro anos, de 2009 a 2012.

Para Sav (2017), a Grande Recessão induzida pela crise financeira acelerou as décadas de declínio do financiamento estatal para o ensino superior público dos EUA, ao mesmo tempo em que aumentou as pressões políticas para demonstrar melhorias nas eficiências operacionais entre todas as universidades e faculdades. A partir desse contexto, utilizando-se da DEA em dois estágios, o autor buscou, primeiramente, estimar as eficiências dessas instituições em dez anos acadêmicos, de 2004 a 2013.

Em um segundo momento, buscou estimar os efeitos das reduções do financiamento estatal sobre as eficiências operacionais das instituições estudadas. Em paralelo contabilizou os grandes beneficiários de matrículas de alunos devido aos fundos da *Pell Grant* (subsídio que o governo federal dos EUA fornece para determinados estudantes). Os resultados apontaram que, embora as estimativas de eficiência tenham variado amplamente entre as instituições, existem fortes evidências de que reverter as decisões legislativas estaduais e aumentar o financiamento estatal melhorariam a eficiência do ensino superior.

Apresentados alguns estudos presentes na literatura nacional e internacional sobre a educação, desenvolvidos com auxílio da DEA, a seguir é demonstrada a metodologia a ser utilizada neste trabalho.

3 METODOLOGIA

Nesse capítulo são descritas as etapas do procedimento metodológico utilizadas para a consecução da pesquisa. São abordados tópicos sobre a caracterização da pesquisa, bem como, sobre o passo a passo adotado na análise dos dados.

3.1 Caracterização da pesquisa

Quanto aos objetivos essa pesquisa é classificada como descritiva. Tal assertiva se dá em conformidade com o pensamento de Vergara (2009) quando busca revelar características de determinada população. Nesse caso, este trabalho pretende descrever quais são as unidades mais e menos eficientes dentre os Institutos Federais brasileiros, bem como descrever quais são as atitudes necessárias a serem tomadas pelas instituições ineficientes a fim de que atinjam a eficiência.

Quanto aos procedimentos é classificada como documental. Conforme Marconi e Lakatos (2003), nesse caso, a fonte de coleta de dados são os documentos, os quais são denominados de fontes primárias.

No que tange a análise dos dados, é quantitativa, tendo em vista que busca explicar o fenômeno de maneira objetiva, prezando pela imparcialidade do pesquisador. Conforme Creswell (2007) é um processo de investigação de um problema social ou humano baseado no processo de teste de uma teoria composta por variáveis, mensuradas com números e rigidamente controladas pelo planejamento ou analisadas através de procedimentos estatísticos.

Demonstrada a caracterização da pesquisa, nos tópicos a seguir, esmiúça-se o passo a passo adotado na metodologia utilizada.

3.2 Análise dos dados – Visão Geral

Preliminarmente cabe destacar que os dados foram coletados diretamente dos Relatórios de Gestão das instituições pesquisadas, documentos esses que se encontram disponíveis no site do Tribunal de Contas da União. Após a coleta, foram tabulados em planilhas eletrônicas (Excel®) e analisados pelo método de Análise

Envoltória de Dados (DEA), que é um método não paramétrico, utilizado para calcular a eficiência comparada de unidades de produção, as *Decision Making Units* (DMUs).

Para a realização da análise em comento, utilizou-se o software Sistema Integrado de Apoio à Decisão (SIAD), versão 3.0, desenvolvido pelo grupo de apoio à decisão da Universidade Federal Fluminense, com o objetivo de resolver os problemas de programação linear da Análise Envoltória de Dados. (Meza et al., 2005). Já para as análises econométricas necessárias utilizou-se o software EViews.

3.2.1 Análise Envoltória de Dados

Conforme melhor abordado no na seção 2.5 desta dissertação, a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) foi desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978. Nesse trabalho seminal, em linhas gerais, os autores tinham por objetivo comparar unidades produtivas (*Decision Making Units* - DMUs) que tivessem como característica a realização de tarefas similares, utilizando-se de *inputs* para a geração de *outputs* no caso em que ambos ou alguns deles (*inputs/outputs*) não pudessem ser avaliados pelo preço de mercado.

Conforme Rosaño - Penha (2008), a DEA é aplicada com sucesso no estudo da eficiência da administração pública. Nesse contexto, tem sido utilizada para comparar estabelecimentos de saúde (hospitais, clínicas), prisões, países, departamentos educacionais (escolas, faculdades, universidades e institutos de pesquisas), dentre outros.

Para Liu et al. (2013), a educação, objeto de avaliação deste estudo, é uma das cinco principais áreas de aplicação dessa abordagem, mostrando-se popular na avaliação desse setor. Isso se deve, sobretudo, ao fato de o setor educacional ser composto por múltiplos insumos e produtos, o que vai ao encontro da possibilidade de estimação da fronteira de eficiência gerada pela DEA. Além disso, por ser uma técnica não paramétrica, não há necessidade de estabelecimento da forma funcional da função de produção, e, portanto, não causa na referida estimação o possível problema de má especificação do modelo.

Ademais, ao avaliar a eficiência escolar, a DEA tem as seguintes características: é uma ferramenta poderosa para os tomadores de decisão na análise da fase econômica, além de atribuir ponderações adequadas a todos os

itens de avaliação de acordo sua importância relativa e, em seguida, demonstrar as características daqueles institutos-alvo individuais (LIU; LEE; TZENG, 2004).

Cumprido esclarecer que nesta pesquisa será utilizada a técnica DEA com retornos variáveis de escala (VRS ou BCC), com orientação a saída (produtos/*outputs*). De acordo com Della Vecchia (2014), o modelo BCC apresenta-se como o mais adequado, principalmente pelo fato do setor educacional ser dinâmico, pois, alterações nos insumos não necessariamente vão gerar elevações na produção na mesma proporção.

Quanto ao modo de projeção das unidades ineficientes na fronteira de eficiência, a orientação a produto foi escolhida, pois se verifica que o setor educacional busca elevar o nível de produtos em um contexto de escassez de insumos, indo ao encontro do que estabelece Dalla Vecchia (2014). Além disso, destaca-se que foi o modo de projeção utilizado, também, nos trabalhos de Wolszczak-derlacz e Parteka (2011), Wolszczak-derlacz (2014), Carvalho (2014), Mota (2014), Alves (2015), Furtado (2015), Melonio (2017), Sav (2017) e Krieser et al. (2018).

3.2.2 Definição e seleção das DMUs

Inicialmente, cabe frisar que para a determinação das DMUs que serão analisadas é necessário que se observe a homogeneidade entre elas. Nesse caso, por DMU homogêneas compreendem-se aquelas que realizam as mesmas tarefas, com os mesmos objetivos, nas mesmas condições de mercado e que utilizem as mesmas variáveis, com exceção de sua magnitude (GOLANY; ROLLS, 1989). Por esses motivos optou-se por analisar DMUs de um mesmo segmento de Instituições (Institutos Federais). Diante do exposto, o quadro 01 sintetiza as DMUs que serão analisadas.

Quadro 01 – DMUs em análise

Sigla	Descrição	Sigla	Descrição
IFAC	Instituto Federal do Acre	IFPB	Instituto Federal da Paraíba
IFAL	Instituto Federal de Alagoas	IFPE	Instituto Federal de Pernambuco
IFAM	Instituto Federal do Amazonas	IFPI	Instituto Federal do Piauí
IFAP	Instituto Federal do Amapá	IFPR	Instituto Federal do Paraná
IFB	Instituto Federal de Brasília	IFRJ	Instituto Federal do Rio de Janeiro
IFBA	Instituto Federal da Bahia	IFRN	Instituto Federal do Rio Grande do Norte
IFBAIANO	Instituto Federal Baiano	IFRO	Instituto Federal de Rondonia
IFCATARINENSE	Instituto Federal Catarinense	IFRR	Instituto Federal de Roraima
IFCE	Instituto Federal do Ceará	IFRS	Instituto Federal do Rio Grande do Sul
IFES	Instituto Federal do Espírito Santo	IFS	Instituto Federal de Sergipe
IFF	Instituto Federal Fluminense	IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
IFFar	Instituto Federal Farroupilha	IFSERTAO-PE	Instituto Federal do Sertão de Pernambuco
IFG	Instituto Federal de Goiás	IFSP	Instituto Federal de São Paulo
IFGOIANO	Instituto Federal Goiano	IFSUDESTEMINAS	Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
IFMA	Instituto Federal do Maranhão	IFSUL	Instituto Federal Sul-rio-grandense
IFMG	Instituto Federal de Minas Gerais	IFSULDEMINAS	Instituto Federal do Sul de Minas Gerais
IFMS	Instituto Federal de Mato Grosso do Sul	IFTM	Instituto Federal do Triângulo Mineiro
IFMT	Instituto Federal de Mato Grosso	IFTO	Instituto Federal de Tocantins
IFNORTEDEMINAS	Instituto Federal do Norte de Minas Gerais	CEFET MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
IFPA	Instituto Federal do Pará	CEFET RJ	Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

Fonte: elaboração própria (2019)

Com relação ao quadro 01, destaca-se que o número de DMUs é o principal pré-requisito para se realizar uma análise de eficiência confiável, no entanto, não existe um número ideal formalizado, apenas algumas recomendações (GUIDI, 2017). Para Dyson et al. (2001), afim de se conseguir um nível razoável de discriminação, o número de unidades operacionais precisa ser no mínimo $2*(m \times s)$, em que $m \times s$ é a multiplicação do número de *inputs* e *outputs*.

Já para Cooper et al. (2001), o número de DMUs deve ser pelo menos o triplo do número total de fatores de entrada e saída considerados quando se utiliza o modelo DEA.

Observa-se que, neste estudo, o número de unidades analisadas é de 40, pelo menos o triplo do número de entradas e saídas consideradas e pelo menos o dobro do produto de *inputs* por *outputs*. Conseqüentemente, o modelo DEA desenvolvido observa as recomendações dos autores citados quanto ao número de DMUs a fim de se obter uma boa discriminação nos resultados.

3.2.3 Seleção dos *inputs* e *outputs*

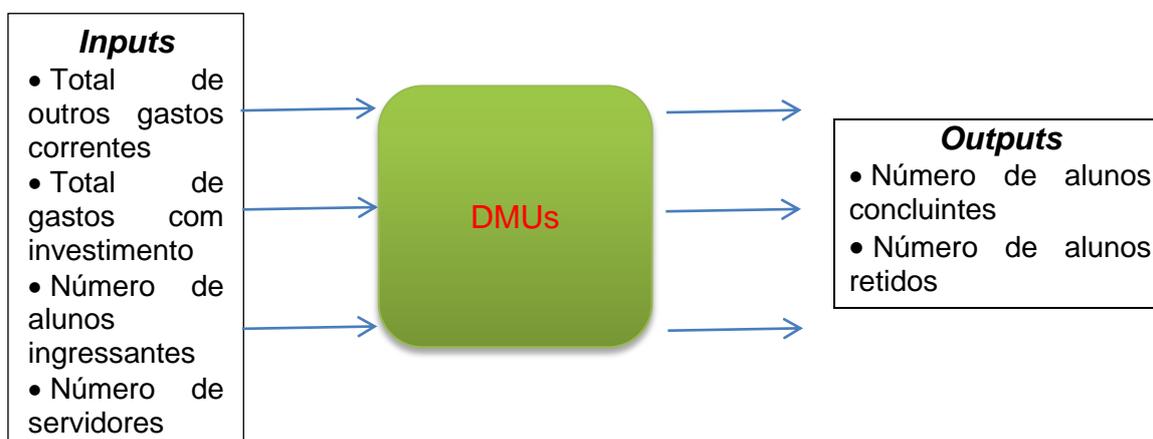
Conforme menciona Dalla Vecchia (2014), o setor educacional possui uma série de características que o distingue dos demais setores de produção. Nesse diapasão, é possível destacar que são inúmeros os insumos e produtos educacionais existentes a serem trabalhados, entretanto, principalmente no Brasil, o que se percebe é que existe escassez de dados de qualidade para o setor, dificultando dessa forma, a escolha dos insumos e produtos do processo produtivo em questão (DALLA VECCHIA, 2014).

À vista disso, observou-se que diante da obrigatoriedade Constitucional, insculpida nos artigos 70 e 71 da Carta Magna, a prestação de contas é dever tanto do Presidente da República quanto dos administradores de órgãos e entidades do setor público (BRASIL, 1988). Assim sendo, anualmente, toda Instituição que recebe recursos públicos deve elaborar sua prestação de contas e encaminhá-la ao Tribunal de Contas da União, sendo esse um documento que possui informações padronizadas para as Instituições do mesmo segmento.

Dessa forma, os *inputs* e *outputs* aqui utilizados foram coletados diretamente desses documentos, uma vez que existe limitação da informação disponível e que os relatórios de gestão são fontes fidedignas de dados. Assim, foram coletados os

dados lá disponíveis de forma que, por fim, as variáveis em análise são as seguintes, conforme detalhado na figura 01.

Figura 01 – Modelo Conceitual da Avaliação de Eficiência



Fonte: elaboração própria (2019).

Como é possível observar a partir da figura 01, as variáveis de *inputs* coletadas dos Relatórios de Gestão são as seguintes: total de outros gastos correntes, total de gastos com investimento, número de alunos ingressantes e número de servidores. Já os *outputs* selecionados são o número de alunos concluintes e o número de alunos retidos.

A variável total de outros gastos correntes é entendida como os gastos totais do exercício, deduzidos os gastos com pessoal, benefícios, Pis/Pasep, investimentos e inversões financeiras. Já os gastos com investimento são aquelas despesas relacionadas com aquisição de máquinas, equipamentos, realização de obras, aquisição de participações acionárias de empresas, aquisição de imóveis, e concessão de empréstimos para investimento (BRASIL, 2018c).

A variável número de alunos ingressantes corresponde ao número de alunos que ingressou em um curso no ano de referência. Por sua vez, o número de servidores corresponde ao número de professores, reunindo os efetivos e substitutos/temporários mais os servidores administrativos (BRASIL, 2018c).

Quanto aos *outputs* selecionados, tem-se a considerar que o número de alunos concluintes corresponde ao somatório dos alunos formados com os alunos integralizados em fase escolar (aqueles que concluíram a carga horária das

unidades curriculares de um curso no ano de referência, mas não concluíram todos os componentes curriculares – estágio, trabalho de conclusão de Curso, extensão ou o Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes - ENADE) (BRASIL, 2018c).

Já os alunos retidos são aqueles que permanecem matriculados por período superior ao tempo previsto para integralização de um curso, sendo esse um *output* indesejável (BRASIL, 2018c). Dessa forma, não se pretende maximizá-lo na aplicação da DEA e para contornar essa situação, quando da inserção dos dados no SIAD, adotou-se o recomendado por Rosano-Peña (2008), no sentido de tratar o número de alunos retidos como *inputs*, uma vez que se trata de um *output* indesejável.

Cumprе esclarecer que diversos outros trabalhos utilizaram as variáveis destacadas na avaliação do setor da educação. Salienta-se que a variável alunos ingressantes foi utilizada por Carvalho (2014) e a variável outras despesas correntes, por Alves (2014), como também por Furtado e Campos (2015). Já a despesa de capital aparece no trabalhos de Abbott e Doucouliagos (2002) e a variável servidores, nos trabalhos de Abbott e Doucouliagos (2002), Liu et al. (2004) e de Ramos e Ferreira (2007).

Por sua vez a variável alunos concluintes é abordada nos estudos de Liu et al. (2004); Ramos e Ferreira (2007); Carvalho (2014); Dalla Vecchia (2014) e Mota (2014). No que tange à variável alunos retidos, ressalta-se que foi utilizada por Guidi (2016).

De outra banda, salienta-se que a fim de compreender o relacionamento entre as variáveis em comento, buscou-se por meio de técnicas econométricas demonstrar a relação entre elas. Nesse contexto, o teste de raiz unitária foi realizado com o intuito de se verificar possíveis anomalias nos dados. Ressalta-se que, caso sejam encontradas anomalias, os dados devem ser submetidos a uma transformação, conforme segue explicado no item 4.1 deste trabalho.

Logo após, os dados foram submetidos ao teste de cointegração de Johansen, para que possam ser verificadas as dependências entre as variáveis. E por fim foi aplicado o teste de causalidade de Granger para verificar a existência de impactos das variáveis de *inputs* sobre as variáveis de *output*, e definir, caso o impacto exista, se o mesmo é unidirecional ou bidirecional.

Em resumo, busca-se por meio da aplicação do teste de causalidade de Granger demonstrar se existe fluxo causal entre as variáveis de *input* e de *outputs*.

Pois, conforme Alexander (2005, p.374 e 375), “diz-se que a *variável x causa y* no sentido Granger se a variável *x* defasada melhora a previsão de *y*, mesmo após a variável *y* defasada ser incluída entre as variáveis explicativas”.

Apresentada a metodologia norteadora deste trabalho, a seguir demonstra-se o quadro *design* da pesquisa como um todo, com o objetivo de melhor visualizar a dimensão e escopo do estudo.

Quadro 02 – *Design* da Pesquisa

Problema de Pesquisa	Objetivos Específicos	Variáveis de Análise	Técnicas de Coleta de Dados	Técnica de Análise de Dados
Qual é o nível de eficiência dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia brasileiros?	Apresentar os Institutos Federais, contextualizando-os dentro da administração pública brasileira	-	Pesquisa Bibliográfica	Análise de Conteúdo
	Identificar relações de causa e efeito entre os <i>inputs</i> e <i>outputs</i> dessa pesquisa	Inputs <ul style="list-style-type: none"> • Outros gastos correntes • Gastos com investimentos • Número de alunos ingressantes • Número de servidores 	Pesquisa Documental	Causalidade de Granger
	Calcular o nível de eficiência dos Institutos Federais brasileiros, identificado as unidades mais e menos eficientes			Outputs <ul style="list-style-type: none"> • Número de alunos concluintes • Número de alunos retidos
	Propor metas para que as Instituições consideradas ineficientes venham a tornarem-se eficientes	Contribuição da Pesquisa		

Fonte: elaboração própria (2019)

O quadro 02 sintetiza o problema de pesquisa, relacionando-o com os objetivos específicos propostos. Além disso, demonstra as variáveis em análise, as técnicas de coleta e de análise de dados e, por fim, relaciona a contribuição da pesquisa com o seu objetivo específico norteador, qual seja: propor metas para que as Instituições consideradas ineficientes venham a tornarem-se eficientes.

Abordada a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho, a seguir discorre-se sobre a seção denominada de Diagnóstico e Proposta de Intervenção.

4. DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Nesse capítulo é apresentada a análise dos resultados obtidos como forma de diagnóstico da situação estudada. Salienta-se que um primeiro momento foi aplicado o teste de causalidade de Granger a fim de demonstrar a interligação das variáveis em estudo, englobando os testes de raiz unitária, bem como o teste de cointegração de Johansen. Ato contínuo, aplicou-se a Análise Envoltória de Dados (DEA), a qual serve como subsídio para a elaboração da proposta de intervenção deste trabalho.

4.1 Análise dos resultados econométricos

A fim de se analisar a causalidade entre alunos ingressantes, alunos concluintes, investimentos, outras despesas correntes, total de servidores e alunos retidos, deve-se verificar se estas séries são estacionárias. Assim, realizou os testes de raiz unitária. Na tabela 01 apresenta-se os resultados do teste.

Tabela 01 - Teste de raiz unitária (variáveis em nível e em primeira diferença)

Variável	Diferença	μ	π	α
Alunos ingressantes	0	93,22	90,94	34,58
	1	122,84 ***	130,14 ***	234,08 ***
Alunos concluintes	0	49,51	69,61	28,51
	1	142,98 ***	179,97 ***	169,70 ***
Investimentos	0	124,19 ***	119,07 ***	170,36 ***
	1	190,97 ***	166,88 ***	271,77 ***
Outras despesas correntes	0	106,64 **	105,70 **	14,90
	1	164,79 ***	155,64 ***	185,58 ***
Total de servidores	0	64,92	95,63	28,43
	1	111,31 **	132,48 ***	131,57 ***
Alunos retidos	0	140,14 ***	131,33 ***	79,11
	1	104,30 ***	164,86 ***	267,21 ***

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; μ Com intercepto e com tendência. π Com intercepto. α Sem intercepto e sem tendência

Fonte: elaboração própria (2019)

Observa-se da tabela 01 que o teste de raiz unitária foi aplicado tanto às variáveis em nível, quanto em primeira diferença. As variáveis em teste foram: Alunos ingressantes, Alunos concluintes, Investimentos, Outras despesas correntes, Total de servidores e Alunos retidos para o período de 2011 a 2018 (em bases anuais) para os 40 Institutos Federais Brasileiros. Já os modelos determinísticos aplicados foram: sem tendência e sem intercepto,

com intercepto e com intercepto e com tendência.

Da análise dos resultados, observa-se que, com exceção da variável investimento, que rejeitou a hipótese nula de raiz unitária (estatística 124,19; 119,07 e 170,36, com significância de 1%, para os modelos determinísticos: com intercepto e com tendência, com intercepto e sem tendência e sem intercepto, respectivamente), as variáveis Alunos ingressantes, Alunos concluintes, Outras despesas correntes, Total de servidores e Alunos Retidos em nível (diferença 0) não são estacionárias, pois aceitaram a hipótese nula de raiz unitária, em pelo menos uma das modelagens: com intercepto, tendência e intercepto e sem tendência e sem intercepto.

Segundo Alexander (2001) o número de defasagens incluídas deve ser o suficiente para se remover qualquer autocorrelação dos resíduos. Sendo assim, realizou-se a primeira diferença das variáveis em questão, uma vez que Gujarati e Porter (2011) argumentam que este tipo de transformação pode tornar estacionária uma série temporal não estacionária. Após essa transformação se rejeitou a hipótese nula de raiz unitária para as variáveis em comento, com nível de significância de 1%.

Após procedeu-se com o teste de cointegração para verificar se há relação de longo prazo entre as séries de dados, conforme destacado nas tabelas 02 e 03. Ressalta-se que as séries de dados precisam ser estacionárias a fim de obter-se resultados consistentes no teste em questão, com isso, utilizou-se as variáveis Alunos ingressantes, Alunos concluintes, Outras despesas correntes, Total de servidores e Alunos retidos em primeira diferença e a variável Investimentos, em nível, indo ao encontro do teste disposto na tabela 01 (Teste de raiz unitária (variáveis em nível e em primeira diferença)).

Tabela 02 - Teste de Cointegração de Johansen

H0	Concluintes cointegrados a Ingressantes			Concluintes cointegrados a Investimentos (variável em nível)			Concluintes cointegrados a Outras Despesas Correntes			Concluintes cointegrados a Servidores		
<i>Lags</i>	μ	Π	α	μ	π	α	μ	π	α	μ	π	α
2	ND	-1,50 ***	-2,99 ***	ND	-2,19 ***	-6,12 ***	ND	-7,55 ***	-4,06 ***	ND	-3,78 ***	-4,14 ***
Sig.												
1	-0,25 ***	-5,40 ***	-7,52 ***	1,07 ***	-2,79 ***	-5,40 ***	-7,02 ***	-5,10 ***	-4,74 ***	-0,70 ***	-2,28 ***	-4,96 ***
Sig.												
0	-16,03 ***	-19,66 ***	-18,78 ***	-12,85 ***	-13,27 ***	-14,21 ***	-9,06 ***	-12,46 ***	-14,26 ***	-16,95 ***	17,15 ***	-15,83 ***
Sig.												

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%. ND: não disponível. μ Com intercepto e com tendência. π Com intercepto. α Sem intercepto e sem tendência
 Fonte: elaboração própria (2019)

Observa-se da tabela 02 que o teste em de cointegração foi aplicado aos modelos determinísticos sem tendência e sem intercepto, com intercepto e com intercepto e com tendência. Já as variáveis em análise foram: a variação do número de concluintes cointegrada à variação do número de ingressantes, ao volume de investimentos, à variação das outras despesas correntes e à variação do número de servidores.

Quanto aos resultados, evidencia-se que se rejeitou a hipótese nula de não cointegração ($H_0: \mu_t \sim I(1)$: não há cointegração) para até dois *lags*, com significância de 1%, utilizando-se o intercepto, tendência e intercepto e sem tendência e sem intercepto. Nesse caso, denota-se uma relação de dependência temporal entre as variáveis, uma vez que Gujarati e Porter (2011) argumentam que a cointegração de duas (ou mais) séries temporais sugere que há relação de longo prazo, ou de equilíbrio entre elas.

A tabela 03 demonstra o mesmo teste (Johansen) aplicado ao restante das variáveis em estudo.

Tabela 03 - Teste de Cointegração de Johansen

H0	Retidos cointegrados a ingressantes			Retidos cointegrados a Investimentos (variável em nível)			Retidos cointegrados a outras Despesas Correntes			Retidos cointegrados a Servidores		
Lags	μ	Π	α	μ	Π	α	μ	Π	α	μ	Π	α
2	ND	-10,75	-6,62	ND	-14,09	-10,10	NA	-22,25	-11,61	ND	-19,69	-9,91
Sig.	-	***	***	-	***	***	-	***	***	-	***	***
1	-6,17	-4,01	-6,42	-3,79	-8,81	-9,94	-3,41	-6,02	-7,14	-3,43	-7,10	-7,34
Sig.	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
0	-11,65	-11,43	-12,05	-9,78	-10,69	-12,67	-7,34	-10,51	-10,79	-10,27	-10,40	-11,94
Sig.	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%. ND: não disponível. μ Com intercepto e com tendência. Π Com intercepto. α Sem intercepto e sem tendência

Fonte: dados da pesquisa (2019)

Observa-se da tabela 03 que o teste em questão foi aplicado aos modelos determinísticos sem tendência e sem intercepto, com intercepto e com intercepto e com tendência. Já as variáveis em análise foram: a variação do número de retidos cointegrada à variação do número de ingressantes, ao volume de investimentos, variação das outras despesas correntes e variação do número de servidores.

Quanto aos resultados, evidencia-se que se rejeitou a hipótese nula de não cointegração ($H_0: \mu_t \sim I(1)$: não há cointegração) para até dois lags, com significância de 1%, utilizando-se o intercepto, tendência e intercepto e sem tendência e sem intercepto. Nesse caso, conforme já mencionado, denota-se uma relação de dependência temporal entre as variáveis, uma vez que Gujarati e Porter (2011) argumentam que a cointegração de duas (ou mais) séries temporais sugere que há relação de longo prazo, ou de equilíbrio entre elas.

Segundo Alexander (2001), esta relação de interdependência temporal entre as variáveis, conforme demonstrado nas tabelas 02 e 03, pode sugerir a existência de algum fluxo causal o qual pode identificar relações de antecedência-defasagem do tipo Granger. Portanto após identificar a cointegração é possível realizar o teste de causalidade, o qual é apresentado nas tabelas 04 e 05.

Tabela 04 - Teste de Causalidade de Granger

L a g	VarCon~ VarIng	VarIng~ VarCon	VarCon~ Inv	Inv~ VarCon	VarCon~ VarOutras	VarOutras ~VarCon	VarCon~ VarServ	VarServ~ VarCon
1	2,76*	17,16 ***	0,01	0,45	0,01	0,03	2,88 *	2,47
2	8,91***	6,54 ***	0,10	1,74	1,73	0,60	2,57 *	1,48
3	2,26 *	10,43 ***	0,05	2,21 *	0,88	0,87	1,59	4,15 ***
4	0,27	11,29 ***	0,26	2,20 *	1,02	3,71 ***	0,34	5,21 ***
5	0,57	10,64 ***	0,55	0,10 *	2,36 **	1,04	0,29	4,56 ***
6	0,73	1,47	1,96	5,17 ***	4,18 ***	1,00	0,53	2,39 *
7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Legenda: ~ não causa Granger; * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; ND: não disponível

Fonte: Elaboração própria (2019)

Na tabela 04, observa-se o teste de causalidade de Granger aplicado às variáveis: Variação do Número de Concluintes (VarConc), Variação do Número de Ingressantes (VarIng), Investimentos (Invest), Variação de Outras Despesas Correntes (VarOutras) e Variação do Número de Servidores (VarServ) em bases anuais, no período de 2012 a 2018.

Da análise dos resultados dispostos na tabela 04, tem-se que a variação de ingressantes causa concluintes até o quinto lag, com significância de 1%, e a variação de concluintes causa ingressantes até o terceiro lag, porém, salienta-se que no primeiro e terceiro lags a hipótese do teste foi rejeitada com 10% de significância (resultados do teste F: 2,76 e 2,26, respectivamente). Em outras palavras, uma variação no número de ingressantes irá impactar no número de concluintes a partir do primeiro até o quinto ano. Já a variação nos concluintes irá impactar o número de ingressantes até o terceiro ano, sobretudo no segundo ano, uma vez que resta demonstrado que a hipótese do teste foi rejeitada com 1% de significância.

Ademais, observa-se que foi rejeitada a hipótese do teste de que variação no volume de investimentos não causa concluintes do terceiro ao sexto lag (esse último com 1% de significância). Por outro lado, não se evidencia que a variação de concluintes cause variação no volume de investimentos. Ou seja, uma alteração no volume de investimentos irá impactar no número de concluintes nos terceiro, quarto e quinto anos (testes F, respectivamente: 2,21, 2,20 e 0,10 com significância de 10%), como também no sexto ano (significância de 1%). Além disso, percebe-se que a variação no número de concluintes não apresenta impacto no volume de investimentos.

Já a variação em outras despesas correntes causa concluintes apenas no quarto *lag* (teste F: 3,71; significância de 1%) e a variação de concluintes causa despesas correntes nos *lags* quinto e sexto. Dessa forma, a variação no volume de outras despesas correntes irá ter impacto no número de concluintes apenas no quarto ano, ao passo que a alteração no número de concluintes irá impactar o volume de despesas correntes nos quinto e sexto anos, com significância de 5% e de 1%, respectivamente.

Já a variação de servidores causa concluintes a partir do terceiro *lag* e a variação de concluintes causa servidores nos *lags* primeiro e segundo, porém com significância de 10%. Assim sendo, a variação de servidores causará variação no número de concluintes a partir do terceiro ano e a variação de concluintes causa variação no número de servidores nos primeiro e segundo anos.

Na tabela 05, observa-se o teste de causalidade de Granger aplicado às variáveis: Variação do Número de Retidos (VarRet), Variação do Número de Ingressantes (VarIng), Investimentos (Invest), Variação de Outras Despesas Correntes (VarOutras) e Variação do Número de Servidores (VarServ) em bases anuais, no período de 2012 a 2018.

Tabela 05 - Teste de Causalidade de Granger

<i>L</i> <i>a</i> <i>g</i>	VarRet~ VarIng	VarIng~ VarRet	VarRet~ Inv	Inv~ VarRet	VarRet~ VarOutras	VarOutras ~VarRet	VarRet~ VarServ	VarServ~ VarRet
1	0,34	0,30	0,01	2,14	0,01	0,32	0,01	0,55
2	1,83	4,69 **	0,01	1,87	1,06	3,90 **	0,12	0,45
3	2,41*	4,61 ***	0,01	2,41*	0,24	9,48 ***	0,33	0,56
4	1,25	6,01 ***	0,23	3,51 ***	0,24	5,62 ***	2,41 *	0,39
5	0,75	4,74 ***	0,23	2,61 **	0,46	4,19 ***	1,41	0,51
6	1,10	1,26	1,70	1,70	1,29	1,40	0,54	3,17 **
7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Legenda: ~ não causa Granger; * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; ND: não disponível

Fonte: Elaboração própria (2019)

A partir da tabela 05, observa-se que a variação dos ingressantes causa retidos do segundo (teste F: 4,69; significância de 5%) ao quinto *lag* (terceiro ao quinto com significância de 1%) e a variação de retidos causa ingressantes apenas no terceiro *lag* (teste F: 2,41; significância de 10%). Ou seja, a variação de ingressantes impacta no número de alunos retidos do segundo ao quinto ano e a variação de retidos causa ingressantes apenas no terceiro ano.

Já variação no volume de investimentos causa retidos do terceiro ao quinto *lag*, alternando o valor de significância do teste: no terceiro ano, 10% ; no quarto 1% e no quinto, 5%. Por outro lado, não se evidencia a que a variação de retidos cause variação no volume de investimentos, representando que não existe relação de bicausalidade no caso em tela.

Ademais, rejeitou-se a hipótese do teste de que variação em outras despesas correntes não causa retidos do segundo ao quinto *lag*, com significância de 5% no segundo e de 1% para os demais anos (teste F: 3,90; 9,48; 5,62 e 4,19; respectivamente). Por outro lado, não se evidencia que a variação de retidos cause variação no volume de despesas correntes. Dessa maneira, a variação em outras despesas correntes irá impactar no número de retidos a partir do segundo até o quinto ano, porém também, nesse caso, não se observa a relação contrária.

Por fim, rejeitou-se com 5% de significância que a variação de servidores não causa retidos no sexto *lag* (teste F: 3,17) e que a variação de retidos não causa servidores no quarto *lag* (teste F: 2,41; significância de 10%). Em outras palavras a variação no número de servidores irá impactar no número de retidos apenas no sexto ano e a variação no número de retidos impacta no número de servidores no quarto ano.

Retomando o exposto nessa seção, ressalta-se que até se chegar ao teste de causalidade de Granger, faz-se importante observar algumas etapas, que são pré-definidas quando se realiza o processo de estimação de um modelo econométrico, conforme dispõe Gujarati e Portter (2011). Assim sendo, o primeiro teste realizado procurou identificar se as séries temporais referentes a alunos ingressantes, alunos concluintes, investimentos, outras despesas correntes, total de servidores e alunos retidos, são estacionárias.

Dessa análise, restou demonstrado que apenas a variável investimento é estacionária em nível (diferença 0). Já as demais variáveis - alunos ingressantes, alunos concluintes, outras despesas correntes, total de servidores e alunos retidos - aceitaram a hipótese nula de raiz unitária, em pelo menos uma das modelagens: com intercepto, tendência e intercepto e sem tendência e sem intercepto. Assim sendo, foi necessário realizar a primeira diferença das variáveis em questão, uma vez que Gujarati e Porter (2011) argumentam que este tipo de transformação pode tornar estacionária uma série temporal não estacionária.

Hatemi-J e Irandoust (2005) ressaltam a necessidade de se realizar, além dos testes de estacionariedade, também os de cointegração, sendo esse o segundo passo adotado após a realização do teste de raiz unitária. Assim sendo, procedeu-se à aplicação do teste de cointegração de Johansen, no qual se evidencia a rejeição da hipótese nula de não cointegração para até dois *lags*, com significância de 1%, utilizando-se o intercepto, tendência e intercepto e sem tendência e sem intercepto.

Em suma, tal processo demonstra que existe um equilíbrio de longo prazo entre as séries temporais das variáveis alunos ingressantes, alunos concluintes, investimentos, outras despesas correntes, total de servidores e alunos retidos, cujas trajetórias têm alguma relação estrutural. Dessa forma os resultados indicam a existência de uma combinação linear entre as séries que apresentam estacionariedade.

De posse dos resultados dos testes de raiz unitária e de cointegração de Johansen, foi possível desenvolver o testes de causalidade propostos por Granger (1969). Ressalta-se que tal teste tem a finalidade de identificar se as alterações em uma dada variável precedem, de forma sistemática, às alterações em outra variável (CHRISTOFOLETTI; MARTINES-FILHO, 2011).

Os resultados dos testes de causalidade de Granger demonstram que existe um fluxo causal entre as variáveis consideradas como *inputs* neste trabalho (alunos ingressantes, investimentos, outras despesas correntes e total de servidores) e as variáveis aqui consideradas como *outputs* (alunos retidos e alunos concluintes). Dessa forma, os resultados evidenciam uma íntima relação dentre essas variáveis de entrada e de saída, vindo a reforçar a utilização dos *inputs* e *outputs* em epígrafe para a mensuração da eficiência do setor educacional.

Ademais, salienta-se que diversos outros trabalhos utilizaram as variáveis destacadas na avaliação do setor da educação. Salienta-se que a variável alunos ingressantes foi utilizada por Carvalho (2014) e a variável despesas correntes, por Alves (2014), como também por Furtado e Campos (2015). Já a despesa de capital aparece nos trabalhos de Abbott e Doucouliagos (2002) e a variável servidores, nos trabalhos de Abbott e Doucouliagos (2002), Liu et al. (2004) e de Ramos e Ferreira (2007).

Por sua vez a variável alunos concluintes é abordada nos estudos de Liu et al. (2004); Ramos e Ferreira (2007); Carvalho (2014); Dalla Vecchia (2014) e Mota

(2014). No que tange à variável alunos retidos, ressalta-se que foi utilizada por Guidi (2016).

Demonstrados os resultados dos testes econométricos e a íntima relação das variáveis em estudo, passa-se para a análise de eficiência dos Institutos Federais brasileiros por meio da Análise Envoltória de Dados.

4.2 Análise Envoltória de Dados

Na visão de Lee e Kin (2014), a DEA é uma abordagem não paramétrica, ou seja, não requer suposições sobre a forma funcional de uma função de produção e nem informações prévias a respeito dos *inputs* e *outputs* a serem utilizados. Dessa maneira, de forma geral, a eficiência relativa de uma DMU será dada pela relação entre as saídas ponderadas e as entradas ponderadas, na comparação com as outras DMUs.

Ademais, conforme os autores, a DEA permite que cada DMU escolha os pesos de entrada e saída que melhor irão maximizar sua eficiência. Assim, as DMUs que atingem 100% de eficiência são consideradas eficientes, ao passo que as DMUs com escores de eficiência abaixo de 100% são consideradas ineficientes. Nesse caso, para cada DMU ineficiente, a DEA demonstra um conjunto de DMUs eficientes que podem ser usadas como *benchmarks* (pontos de referência).

Diante do exposto, nesta seção, de forma geral, analisa-se a eficiência do conjunto de 40 Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia espalhados pelo país. Na Tabela 06, apresentam-se os dados estatísticos dos *inputs* e *outputs* utilizados para apuração da análise em epígrafe no ano de 2018.

Tabela 06 - Estatística dos *inputs* e *outputs* - 2018

Estat.	Outras Despesas Correntes (R\$)	Investimentos (R\$)	Servidores	Ingressantes	Concluintes	Retidos
Max.	146.808.549,73	15.038.121,64	4.798	35.742	16.014	8.097
Min.	18.861.050,28	8.760,00	659	2.100	908	652
Média	61.359.720,92	3.246.383,14	1.914	9.279	4.490	3.121
Med.	59.646.356,83	2.760.976,25	1.805	7.042	3.398	2.745
Desvio	26.810,41	2.859,37	820	6.506	3.160	1.640

Fonte: elaboração própria (2019)

A Tabela 06 evidencia, de forma genérica, o comportamento, em termos de grandezas das variáveis de *inputs* e *outputs* utilizadas na análise de eficiência dos

Institutos Federais no ano de 2018. Observa-se que o máximo de alunos concluintes foi de 16.014 (Instituto Federal de São Paulo) e de alunos retidos foi de 8.097 (Instituto Federal do Maranhão). No que se refere à media de valores aplicados, tem-se que a categoria outras despesas correntes somou R\$ 61.359.720,92 e a categoria investimentos R\$ 3.246.383,14. Já o valor médio de servidores foi de 1.914 e o de alunos ingressantes foi de 9.279.

Ressalta-se que, para a obtenção dos resultados por meio da DEA, foi utilizado o *software* Sistema Integrado de Apoio à Decisão (SIAD), versão 3.0. Esse é capaz de calcular quatro fronteiras de eficiência: fronteira padrão, invertida, composta e composta normalizada. Os resultados são ordenados para que sejam mostrados em ordem decrescente: unidades mais eficientes até as menos eficientes.

Preliminarmente, cabe frisar que o escore de eficiência assume valor entre 0 e 1, onde 1 significa que a DMU é eficiente e portanto opera sem desperdício de recursos; valores menores do que 1 indicam que a DMU é ineficiente e opera com desperdício de recursos (DALLA VECHIA, 2014).

A Tabela 07 sintetiza os dados para a eficiência padrão obtidos após implementação dos dados no software.

Tabela 07 – Resultado DEA – 2018 (eficiência padrão)

Unidade	Efic.	Unidade	Efic.	Unidade	Efic.	Unidade	Efic.
IFAC	1,00	IFSC	1,00	IFPE	0,85	IFAL	0,66
IFAP	1,00	IFSERTAO-PE	1,00	IFSUL	0,82	IFCATARINENSE	0,66
IFB	1,00	IFSP	1,00	IFTO	0,82	IFRO	0,66
IFBA	1,00	IFSUDESTEDEMINAS	1,00	IFTM	0,80	IFS	0,64
IFES	1,00	IFSULDEMINAS	1,00	IFPR	0,78	IFNORTEDEMINAS	0,64
IFFar	1,00	CEFET MG	1,00	IFRJ	0,78	CEFET RJ	0,59
IFG	1,00	IFPA	0,91	IFAM	0,76	IFMS	0,55
IFRN	1,00	IFBAIANO	0,86	IFPI	0,73	IFGOIANO	0,52
IFRR	1,00	IFCE	0,85	IFMG	0,72	IFMA	0,50
IFRS	1,00	IFMT	0,85	IFF	0,70	IFPB	0,44

Fonte: elaboração própria (2019)

De acordo com a tabela 07, ao analisar a fronteira padrão, observa-se que 16 Instituições atingiram o nível máximo de eficiência no ano de 2018. Esse total representa 40% das unidades pesquisadas, sendo elas: o Instituto Federal do Acre (IFAC), o Instituto Federal do Amapá (IFAP), o Instituto Federal de Brasília (IFB), o Instituto Federal da Bahia (IFBA), o Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), o

Instituto Federal Farroupilha (IFFAR), o Instituto Federal de Goiás (IFG), o Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), o Instituto Federal de Roraima (IFRR), o Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), o Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), o Instituto Federal do Sertão de Pernambuco (IFSERTAO-PE), o Instituto Federal de São Paulo (IFSP), o Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais (IFSUDESTEDEMINAS), o Instituto Federal do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) e o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Esse resultado denota a estrutura benevolente do método clássico de cálculo, uma vez que várias unidades alcançaram o escore máximo de eficiência.

Na tentativa de aumentar a discriminação entre as DMUs estudadas, procedeu-se o cálculo da fronteira invertida, portanto, as DMUs consideradas mais eficientes nesta fronteira, a bem da verdade, são aquelas consideradas mais ineficientes, de forma a identificar as que estariam operando com as piores práticas gerenciais (MACIEL et al., 2014). A tabela 08 identifica esses valores.

Tabela 08 – Resultado DEA – 2018 (eficiência invertida)

Unidade	Efic.	Unidade	Efic.	Unidade	Efic.	Unidade	Efic.
IFAC	1,00	IFS	0,93	IFTM	0,74	IFSULDEMINAS	0,63
IFBA	1,00	IFGOIANO	0,93	IFTO	0,73	IFAP	0,62
IFMA	1,00	IFAM	0,88	IFF	0,69	IFMT	0,59
IFMS	1,00	IFB	0,86	IFCATARINENSE	0,69	IFBAIANO	0,57
IFPB	1,00	IFCE	0,85	IFSUDESTEDEMINAS	0,68	IFSERTAO-PE	0,57
IFPI	1,00	IFRJ	0,84	IFRN	0,68	IFPE	0,56
IFRR	1,00	CEFET MG	0,84	IFPR	0,66	IFRS	0,53
IFSC	1,00	IFNORTEDEMINAS	0,80	IFSUL	0,66	IFPA	0,54
IFSP	1,00	IFRO	0,78	IFMG	0,66	IFES	0,51
CEFET RJ	1,00	IFAL	0,75	IFG	0,65	IFFar	0,47

Fonte: elaboração própria (2019)

A partir da tabela 08, verifica-se que o Instituto Federal do Acre (IFAC), o Instituto Federal da Bahia (IFBA), o Instituto Federal do Maranhão (IFMA), o Instituto Federal do Mato Grosso do Sul (IFMS), o Instituto Federal da Paraíba (IFPB), o Instituto Federal do Piauí (IFPI), o Instituto Federal de Roraima (IFRR), o Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), o Instituto Federal de São Paulo (IFSP) e Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Sukow da Fonseca (CEFET RJ) não foram considerados eficientes no ano de 2018, representando 25% do total.

Ademais, observa-se que os Institutos Federais do Acre (IFAC), da Bahia (IFBA), de Roraima (IFRR), de Santa Catarina (IFSC) e de São Paulo (IFSP) estavam sendo considerados eficientes na análise da fronteira padrão. Assim, entende-se que essas Instituições estão localizadas tanto na fronteira eficiente quanto na ineficiente, sendo intercessões entre essas duas fronteiras.

Esse resultado decorre de problemas no modelo BCC, conforme explanado em Soares de Mello et al. (2008), mais especificamente do fato de uma DMU com o maior valor de um dos *outputs* ser sempre eficiente independente dos valores das outras variáveis. Assim, se uma DMU tiver maior valor em um dos *outputs*, ela está localizada na fronteira clássica; se tiver o menor valor num dos *inputs* está também localizada na fronteira invertida.

Ainda segundo os autores, a utilização da fronteira invertida permite uma análise mais sofisticada do problema, uma vez que essa avalia as DMUs naquilo que elas são ineficientes, ou seja, a DMU deve se “especializar” naquilo que ela possui excelência e, não deve possuir um desempenho ruim nas outras tarefas. Dessa forma, a fronteira invertida permite a identificação de DMUs consideradas “falsa eficientes”, pois DMUs consideradas eficientes através da fronteira padrão são consideradas ineficientes através da fronteira invertida, caracterizando uma falsa eficiência.

Diante disso, confrontando-se os resultados da eficiência padrão e da eficiência invertida restam como eficientes os Institutos Federais do Amapá (IFAP), de Brasília (IFB), do Espírito Santo (IFES), Farroupilha (IFFAR), de Goiás (IFG), do Rio Grande do Norte (IFRN), do Rio Grande do Sul (IFRS), do Sertão de Pernambuco (IFSERTAO-PE), do Sudeste de Minas Gerais (IFSUDESTEDEMINAS), do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) e o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) representando 27,5% do total pesquisado. Ressalta-se que cinco dessas Instituições estão localizadas na região Sudeste do país, destacando-se o fato de que três delas estão inseridas no Estado de Minas Gerais.

Segundo Macedo et al. (2005), um índice que combine as eficiências da fronteira clássica e da fronteira invertida será capaz de fornecer uma visão de eficiência onde a DMU eficiente deve ter um bom desempenho naquilo em que ela é melhor, mas não pode ter um mau desempenho no critério em que ela for pior.

Assim, utiliza-se o índice de eficiência composta o qual é obtido pela média aritmética entre os dois índices em tela (clássico e invertido).

Conforme Soares de Mello et al. (2003), nesse caso, para que uma DMU possua alta eficiência, deve ter um elevado grau de pertinência em relação à fronteira otimista e baixo grau em relação à fronteira pessimista. Assim, todas as variáveis são levadas em conta no índice final. Dessa forma, não basta a DMU ter bom desempenho naquilo em que ela é melhor, também não pode apresentar um mau desempenho no critério em que for pior. A tabela 09 demonstra os valores para a eficiência composta em comento.

Tabela 09 – Resultado DEA – 2018 (eficiência composta)

Unidade	Efic.	Unidade	Efic.	Unidade	Efic.	Unidade	Efic.
IFFar	0,76	IFBAIANO	0,65	IFF	0,51	IFAM	0,44
IFES	0,74	IFPE	0,64	IFCE	0,50	IFRO	0,44
IFRS	0,73	IFMT	0,63	IFAC	0,50	IFNORTEDEMINAS	0,42
IFSERTAO-PE	0,72	IFSUL	0,58	IFBA	0,50	IFPI	0,36
IFPA	0,69	CEFET MG	0,58	IFRR	0,50	IFS	0,36
IFAP	0,68	IFB	0,57	IFSC	0,50	IFGOIANO	0,30
IFSULDEMINAS	0,68	IFPR	0,56	IFSP	0,50	CEFET RJ	0,30
IFG	0,67	IFTO	0,55	IFCATARINENSE	0,49	IFMS	0,27
IFRN	0,66	IFTM	0,53	IFRJ	0,47	IFMA	0,25
IFSUDESTEDEMI NAS	0,66	IFMG	0,53	IFAL	0,46	IFPB	0,22

Fonte: elaboração própria (2019)

Dos resultados apresentados na Tabela 09, de modo análogo aos resultados da eficiência padrão e da eficiência invertida, aqui também se verifica grande variação na classificação das Instituições. Apesar disso, a partir dos resultados da eficiência composta foi possível estabelecer um novo ranking das Instituições analisadas. Nesse, conforme pode ser observado, o Instituto Federal Farroupilha (IFFar) restou como a Instituição mais eficiente dentre as analisadas.

Salienta-se que para uma DMU ter máxima eficiência composta, ela precisa ter bom desempenho na fronteira padrão e, também, não ter bom desempenho na fronteira invertida. Ou seja, a DMU deve ser boa naquelas características em que tem bom desempenho e não pode ser tão ruim naquelas em que seu desempenho não é dos melhores (DA SILVEIRA et al, 2012).

Nesse caso é importante destacar que o IFFar, na análise de eficiência invertida, de acordo com o demonstrado na Tabela 08, ficou em última colocação.

Conforme destacado anteriormente, tal aferição significa que o fato de a Instituição ter ficado em última no ranking demonstra que ela detém as melhores práticas, haja vista que o cálculo da fronteira invertida é feito por meio da inversão entre *inputs* e *outputs*. Ou seja, as Instituições melhor colocadas na verdade são as mais ineficientes, por sua vez, as piores classificadas, são as que possuem um melhor resultado.

Seguindo, para se obter um índice em que as unidades eficientes têm valor unitário, é feita a normalização da eficiência composta, dividindo-se seus valores pela maior de todas as eficiências desse segmento. A tabela 10 demonstra esses valores.

Tabela 10 – Resultado DEA – 2018 (eficiência composta normalizada)

Unidade	IE	Unidade	IE	Unidade	IE	Unidade	IE
IFFar	1,00	IFBAIANO	0,84	IFF	0,66	IFAM	0,58
IFES	0,97	IFPE	0,84	IFCE	0,66	IFRO	0,57
IFRS	0,96	IFMT	0,82	IFAC	0,65	IFNORTEDEMINAS	0,55
IFSERTAO-PE	0,93	IFSUL	0,76	IFBA	0,65	IFPI	0,48
IFPA	0,90	CEFET MG	0,76	IFRR	0,65	IFS	0,47
IFAP	0,89	IFB	0,74	IFSC	0,65	IFGOIANO	0,39
IFSULDEMINAS	0,89	IFPR	0,73	IFSP	0,65	CEFET RJ	0,39
IFG	0,88	IFTO	0,71	IFCATARINENSE	0,64	IFMS	0,36
IFRN	0,86	IFTM	0,69	IFRJ	0,62	IFMA	0,33
IFSUDESTEDEMINAS	0,86	IFMG	0,69	IFAL	0,60	IFPB	0,29

Fonte: dados da pesquisa (2019)

Assim, da análise da tabela 10, observa-se que o IFFar continua liderando o ranking, uma vez que esse é o resultado normalizado, ou seja, todos os valores da Tabela 09 - Resultado DEA – 2018 (eficiência composta) – foram divididos pelo valor máximo alcançado, nesse caso pertencente ao IFFar. Dessa forma, percebe-se que esse Instituto teve o melhor aproveitamento de seus recursos para geração dos seus *outputs*.

Com o intuito de categorizar os resultados, na Tabela 11 são demonstrados os índices de eficiência (IE) calculados pela eficiência composta normalizada, de acordo com a classificação proposta por Ray & Bhadra (1993).

Tabela 11 – Grau de eficiência por níveis (Eficiência Composta Normalizada)

Grau de eficiência	Unidades
Eficientes (IE=1)	1
Ineficiência Fraca ($0,9 \leq IE < 1$)	4
Ineficiência moderada ($0,7 \leq IE < 0,9$)	13
Ineficiência forte ($IE < 0,7$)	22

Fonte: adaptado de Ray & Bhadra (1993)

Por meio da Tabela 11 foi possível sumarizar as unidades eficientes de acordo com os escores calculados pela eficiência composta normalizada. Dessa forma, as instituições foram caracterizadas em eficientes, fracamente ineficientes, moderadamente eficientes e fortemente ineficientes.

Percebe-se que apenas 05 Instituições dentre as 40 pesquisadas possuem um nível de eficiência maior do que 0,9, ou seja, 12,5% do total, sendo elas: o IFFar, o IFES, o IFRS, o IFSERTÃO-PE e o IFPA. Destaca-se que a região Sul, especificamente o Rio Grande do Sul, possui a maioria de IFs nesse patamar (IFFar e IFRS); as regiões norte, sudeste e nordeste contam com um Instituto Federal nesse nível de eficiência, respectivamente o IFPA, o IFES e o IFSERTÃO-PE. Como pode se perceber a única região não contemplada nesse caso foi a região centro-oeste.

Ademais, destaca-se que a maioria dessas unidades (com eficiência maior que 0,9) possui em sua estrutura mais de 17 câmpus, ou seja, são unidades de porte relevante. No que se refere ao nível de *inputs*, ressalta-se que tendo a mediana dos valores como referência, as unidades que foram mais eficientes, em geral, apresentaram um valor a maior de outras despesas correntes, investimentos, número de ingressantes e de servidores do que essa medida estatística. Esse fato pode ser explicado pelo tamanho das Instituições.

Com relação aos *outputs*, ressalta-se que a variável número de alunos concluintes nessas unidades teve uma predominância maior do que a mediana. Já a variável alunos retidos na maioria dessas Instituições apresentou um valor menor do que a mediana dos valores, indicando que essas Instituições são eficientes no que devem ser – formar alunos e evitar um grande número de alunos retidos.

Dentre as DMUs com ineficiência forte (menor que 0,7), observa-se que existem Institutos dos mais diversos portes, indo de unidade com cinco câmpus (Instituto Federal de Roraima) até unidades com mais de trinta câmpus, como é o

caso do Instituto Federal do Ceará, que possui 35 câmpus, e do Instituto Federal de São Paulo, o qual possui 37 câmpus. Ademais, a maioria dessas Instituições está localizada nas regiões nordeste e sudeste do país.

Importante destacar a diferença nos valores encontrados da unidade mais eficiente, o Instituto Federal Farroupilha (IFFar) para a menos eficiente, o Instituto Federal da Paraíba (IFPB), o qual teve um índice de eficiência de apenas 0,29. Dessa forma, a próxima seção faz esse comparativo.

4.2.1 Comparativo – Instituição Mais e Menos Eficiente

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFar) foi criado por meio da integração do Centro Federal de Educação Tecnológica de São Vicente do Sul, de sua Unidade Descentralizada de Júlio de Castilhos, da Escola Agrotécnica Federal de Alegrete, e do acréscimo da Unidade Descentralizada de Ensino de Santo Augusto que anteriormente pertencia ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves (BRASIL, 2019).

É uma Instituição localizada no Estado do Rio Grande do Sul e atualmente é formada pela Reitoria, com sede na cidade de Santa Maria e por 11 câmpus: Alegrete, Frederico Westphalen, Jaguari, Júlio de Castilhos, Panambi, Santa Rosa, Santo Ângelo, Campus Santo Augusto, São Borja, São Vicente do Sul, e o câmpus Avançado Uruguaiana (BRASIL, 2019).

Por sua vez o Instituto Federal da Paraíba (IFPB), está localizado na região nordeste do Brasil. Foi criado mediante integração do Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba (CEFET-PB) e da Escola Agrotécnica Federal de Sousa (BRASIL, 2019b).

Sua Reitoria está instalada na cidade de João Pessoa. Atualmente o IFPB é composto por 21 unidades no total, sendo os câmpus: Cabedelo, Cajazeiras, Campina Grande, Catolé do Rocha, Esperança, Guarabira, Itabaiana, Itaporanga, João Pessoa, Monteiro, Patos, Picuí, Princesa Isabel, Santa Rita, Sousa, Avançado Cabedelo Centro, Avançado João Pessoa Mangabeira e Avançado Soledade. As unidades em processo de implantação são: câmpus Avançado de Areia, Centro de Referência de Santa Luzia e câmpus Avançado em Implantação de Pedras de Fogo.

Na tabela 12 é possível visualizar o nível de *inputs* e *outputs* da Instituição mais eficiente, o IFFar e da Instituição menos eficiente, o IFPB.

Tabela 12 – *Inputs e Outputs* – IFFar e IFPB

DMU	<i>Inputs</i>				<i>Outputs</i>	
	Outras despesas Correntes	Investimentos	Servidores	Ingressantes	Concluintes	Retidos
IFFar	R\$ 51.748.951,15	R\$ 3.667.473,63	1.489	7.085	4.629	1.433
IFPB	R\$ 72.113.204,24	R\$ 6.928.011,04	2.355	8.242	2.377	4.224

Fonte: elaboração própria (2019)

Conforme pode ser observado na Tabela 12, o IFFar com um nível de *inputs* (outras despesas correntes, investimentos, servidores e alunos ingressantes) consideravelmente menor do que os valores do IFPB conseguiu que seu número de alunos concluintes fosse praticamente o dobro daquele observado no Instituto menos eficiente da amostra. Já o número de alunos retidos no IFFar foi quase três vezes menor, ratificando, dessa forma a discrepância nos índices de eficiência apresentados entre as duas Instituições (1 e 0,29).

Comparando-se os Estados do Rio Grande do Sul e da Paraíba onde estão inseridos os dois Institutos Federais mais e menos eficientes é possível observar o seguinte, conforme detalhado na tabela 13.

Tabela 13 – Dados Socioeconômicos– IFFar e IFPB

Dados	Rio Grande do Sul (RS)	Paraíba (PB)
Rendimento nominal mensal domiciliar per capita	R\$ 1.705,00	R\$ 898,00
Índice de desenvolvimento humano (IDH)	0,746	0,658
IDEB – Anos iniciais do ensino fundamental (2017)	5,6	4,7
IDEB – Anos finais do ensino fundamental (2017)	4,4	2,6

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019)

Conforme pode ser observado o Estado do Rio Grande do Sul (RS) onde está localizado o IFFar possui como rendimento nominal mensal domiciliar praticamente o dobro do valor referente ao Estado da Paraíba, onde se encontra o IFPB. Ademais, percebe-se que o IDH do RS também é maior, assim como os resultados do IDEB, de forma que nos anos finais do ensino fundamental o valor em questão para o Estado da PB é de apenas 2,6 ao passo que no RS esse índice chega a 4,4.

Esse fato pode levar a crer que os resultados aquém do esperado podem estar associados não só à ineficiência de gestão, mas também ao impacto negativo do ambiente onde as instituições estão inseridas. Por outro lado o pressuposto fundamental da DEA é que, se uma unidade “A” é capaz de produzir Y(A) unidades

de produto, utilizando $X(A)$ unidades de insumos, então outras unidades poderiam também fazer o mesmo, no caso de estarem operando eficientemente (CASADO, 2007). Dessa forma, cabe aos gestores das Instituições envidarem o máximo de esforços a fim de que se obtenha o máximo de eficiência.

Ademais, é importante ressaltar que o fato de uma diferente escolha de variáveis conduzir a resultados diferentes não se trata de uma fraqueza da DEA. Na verdade, escolher variáveis diferentes significa que se pretende levar em conta uma dimensão diferente do problema, ou seja, olhar para as DMUs segundo outro ponto de vista (SENRA et al, 2007). Assim, cada conjunto de *inputs* e *outputs* utilizados enfocará uma determinada perspectiva da situação a ser estudada.

Por fim, é possível perceber não só o IFPB se encontra nessa situação de ineficiência, uma vez que grande parte das instituições estudadas também está nessa situação. Desse modo, faz-se necessário traçar metas para que as Instituições que ficaram fora da curva de eficiência sejam até ela conduzidas, conforme demonstrado no item 4.3.

Nesse contexto, é importante ressaltar que as metas e os *benchmarks* das DMUs ineficientes devem ser calculados a partir da fronteira clássica. A fronteira invertida e o índice combinado servem apenas para discriminar dentre as DMUs eficientes da fronteira clássica, aquelas que foram eficientes de maneira mais uniforme, ou seja, aquelas que foram muito bem nos critérios em que elas são melhores, mas que não foram ruins nos critérios em que elas são piores (DE ALMEIDA; MARIANO; REBELATTO, 2007).

4.3 Proposta de intervenção

Ressalta-se que, além do cálculo da eficiência relativa de cada DMU, a aplicação da técnica DEA permite obter-se outras informações. É o caso da estimação de valores para cada um dos *inputs* e *outputs* para que as DMUs que não conquistaram 100% de eficiência se tornem eficientes. De acordo com Zanini (2008) os cálculos de projeções são realizados para todas as DMUs que se encontram com escores que as caracterizam como ineficientes, demonstrando os fatores que as tornaram presentes neste grupo.

Diante do exposto, a partir dos dados referentes ao ano de 2018, é possível estabelecer metas para os diferentes fatores analisados. Ressalta-se que, no

Apêndice E – Alvos por Instituição, apresentam-se as projeções de valores (alvos), sugeridos pelo DEA, para que as instituições não eficientes obtenham eficiência, sendo um resumo do que será explanado próximos parágrafos.

No caso do Instituto Federal de Alagoas (IFAL) para que a Instituição alcance a máxima produtividade, considerando-se a relação ótima insumo/produto, é necessário que se reduza o montante de despesas classificadas como “outras despesas correntes” na ordem de 24,5%. Ademais, também é imperioso que reduza o quadro de pessoal em cerca de 13% e a quantidade de alunos considerados “retidos” em 9,7%. Por outro lado, é necessário envidar esforços para que o número de alunos concluintes aumente em 49,7%.

Relativamente ao Instituto Federal do Amazonas (IFAM), para que a Instituição passe a integrar a curva de eficiência, é necessário que reduza o número total de servidores em 2,4% e o número total de alunos retidos em 37%. Já no que se refere aos alunos concluintes, ressalta-se que a unidade analisada deve diligenciar no sentido de que haja um aumento de 30% no quantitativo total.

Já o Instituto Federal Baiano (IFBAIANO) deve diminuir as despesas classificadas como outras despesas correntes em cerca de 26%, a quantidade de servidores em 19% e quantidade de alunos retidos em 1%. Já o número de alunos concluintes deve ser majorado em 16%.

No que tange ao Instituto Federal Catarinense (IFC), tem-se a considerar que a Instituição deve diminuir o quantitativo de servidores em 6% e de alunos retidos em 6%. Em que pese a necessária pequena diminuição nas variáveis em questão, o número de alunos concluintes deve aumentar em quase 50%.

Já o Instituto Federal do Ceará (IFCE) deve diminuir a quantidade de alunos retidos em 24% e aumentar a quantidade de alunos concluintes em 22%. O Instituto Federal Fluminense (IFF), por sua vez, para que venha obter sua máxima produtividade deve diminuir o número de alunos retidos em 32%. Por outro lado deve aumentar a quantidade de alunos concluintes em 29%.

Por seu turno, o Instituto Federal Goiano (IFGOIANO) deve diminuir o percentual de alunos retidos em 35% e aumentar o número de concluintes em 91%. O Instituto Federal do Maranhão (IFMA), por seu turno, deve diminuir a despesa com investimentos, bem como o número de alunos retidos em 50%, aproximadamente; o total de servidores deve ser minorado em 7,4%. Já o número de alunos concluintes deve ser majorado em 96%.

Já o Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) deve reduzir sua força de trabalho em 6% e o número de alunos retidos em 9%. Já o número de alunos concluintes deve aumentar em 40%. Quando ao Instituto Federal do Mato Grosso do Sul (IFMS) esse deve pautar-se pela diminuição em 20% do total de servidores. Outro ponto que precisa ser melhorado é o número de alunos concluintes, o qual deve ser aumentado em 82%.

O Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT) deve diminuir o número de servidores em 2% e o de alunos retidos em 48%. Já os concluintes devem ser aumentados em 16%. No Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNORTEDEMINAS) a recomendação é de que o número de alunos retidos seja minorado em 27%. Ademais o número de concluintes deve ser majorado em 54%.

No Instituto Federal do Pará (IFPA) para que a Instituição se torne eficiente é necessário que se diminua o total de servidores em 21%. No que se refere ao número de alunos concluintes, ressalta-se que deve ter um aumento de 10%.

Já o Instituto Federal da Paraíba (IFPB) precisa diminuir o valor destinado a investimentos na ordem de 51% e o número de alunos retidos em 29,5%. Quanto ao número de alunos concluintes, esse deve ser majorado em 55% a fim de que a Instituição passe a funcionar com o máximo de eficiência.

Para o Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), recomenda-se que o volume de investimentos sofra uma diminuição na ordem de 44% e o número total de alunos retidos, de 43%. Já o número de alunos concluintes deve aumentar em 17%.

No Instituto Federal do Piauí (IFPI) a recomendação é de que haja uma diminuição do volume de outras despesas correntes na casa dos 54%. Já no Instituto Federal do Paraná (IFPR) a quantidade de servidores deve ser reduzida em 12% e a de alunos retidos em 5%. Já a quantidade de alunos concluintes deve ser aumentada em 27%.

No Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) o número de servidores deve ser minorado em 26% e o número de alunos retidos, em 7,5%. Já o quantitativo de alunos concluintes deve ser majorado em 28%. Para o Instituto Federal de Rondônia (IFRO) a recomendação reside na diminuição do valor destinado ao investimento na ordem de 59% e do número de alunos retidos na ordem de 43%. Registra-se ainda que o número de alunos concluintes deve sofrer um aumento de 50%.

Quanto ao Instituto Federal de Sergipe (IFS), o valor de outras despesas correntes deve ser minorado em 21%, o número de servidores em 67% e o número de servidores em 24%. Já o número de concluintes deve ser majorado em 54%.

Para que o IFSul torne-se uma instituição eficiente é necessário que reduza o número de alunos retidos em 58% e que eleve o número de concluintes em 21%. Dessa forma, entende-se que a unidade em análise deve envidar esforços para que os alunos tenham sucesso escolar, por meio do investimento em políticas institucionais que tenham esse foco.

No Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) o número de servidores deve diminuir em 12% ao passo que o número de concluintes deve aumentar em 23%. Já o Instituto Federal de Tocantins (IFTO) deve diminuir a quantidade de alunos retidos em 10%, bem como aumentar o quantitativo de alunos concluintes em 21%.

Por fim, os dados do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET RJ) revelam que para que a Instituição funcione a pleno o total de servidores deve ser minorado em 25% e o número de alunos retidos, em 68%. Por sua vez o quantitativo de alunos concluintes deve ser majorado em 68%.

Diante do exposto, cabe lembrar que a orientação a *outputs* foi utilizada na aplicação do modelo DEA, e não a redução dos *inputs*. No entanto, em algumas situações apresentadas como solução de eficiência, a combinação linear de um determinado Instituto com seus pares só foi possível por meio da redução dos valores de um ou mais *inputs*, como destacado por Bandeira (2000). Por isso, em alguns casos houve indicação de diminuição nos valores de todos os *inputs*, ou de alguns, em dados momentos da análise.

Ressalta-se que as informações trazidas até aqui são de extrema importância, pois demonstram caso a caso os fatores de cada instituição individualmente, o que direciona os gestores envolvidos no processo de tomada de decisão para que a unidade sob sua responsabilidade obtenha êxito. Já para as instituições que apresentaram score igual a 1, os valores de projeção são exatamente os mesmos valores originais dos *inputs* e *outputs*, o que confirma não haver necessidade de ajuste nos dados utilizados no modelo para a instituição, afinal já estão no padrão máximo de produtividade.

5. CONCLUSÃO

É de conhecimento comum que o Brasil está inserido em um contexto de crise econômica e de consequente contingenciamento dos gastos públicos. Diante desse panorama, a mensuração de desempenho de instituições públicas demonstra a relevância e contemporaneidade do tema proposto.

A partir desse entendimento delineou-se o objetivo geral desta dissertação, que consistiu em investigar o nível de eficiência dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia brasileiros. Diante do exposto até aqui, entende-se que esse propósito foi atingido integralmente, com o auxílio dos objetivos específicos e suportado por um robusto referencial teórico no qual se alicerçou.

No que tange aos objetivos específicos, entende-se que foram contemplados através das etapas constitutivas deste estudo. Dessa forma, foram apresentados os Institutos Federais (primeiro objetivo específico), contextualizando-os dentro da administração pública brasileira.

No que se refere ao segundo objetivo específico - identificar relações de causa e efeito entre os *inputs* e *outputs* dessa pesquisa, os resultados dos testes de causalidade de Granger demonstram que existe um fluxo causal entre as variáveis consideradas como *inputs* neste trabalho (alunos ingressantes, investimentos, outras despesas correntes e total de servidores) com as variáveis aqui consideradas como *outputs* (alunos retidos e alunos concluintes). Onde poder-se-ia evidenciar uma íntima relação dentre essas variáveis de entrada e de saída, vindo a reforçar a utilização delas para a mensuração da eficiência do setor educacional.

Do terceiro objetivo específico, que buscou mensurar o grau de eficiência dos Institutos Federais brasileiros, foi possível obter muitas informações. Por meio do cálculo de quatro tipos de fronteira (padrão, invertida, composta e composta normalizada) descobriu-se a porcentagem de instituições que alcançaram o escore máximo de eficiência, que o IFFar é o mais eficiente dentre os Institutos analisados e, também, quais deles não alcançaram o valor máximo de eficiência. Ademais, a partir da consecução desse objetivo, foi possível elaborar o diagnóstico da situação estudada, servindo como subsídio para a proposta de intervenção – produto deste estudo.

O quarto objetivo específico - propor metas para que as Instituições consideradas ineficientes venham a tornarem-se eficientes, permitiu verificar a

situação individual de cada instituição. Em síntese, afirma-se que, por meio desse objetivo, foi possível obter os valores para cada um dos *inputs* e *outputs* das DMUs não eficientes a fim de que possam reverter esse quadro, sendo essa a maior contribuição deste estudo (proposta de intervenção).

Assim, foram demonstrados caso a caso os fatores que impediram que as Instituições analisadas alcançassem a eficiência no ano de 2018, com o intuito de auxiliar a tomada de decisão pelos seus gestores, possibilitando estabelecer as metas mais adequadas para as diferentes variáveis. No entanto, salienta-se que a partir dessas projeções, é fundamental o papel da gestão de cada unidade no julgamento quanto à viabilidade e aplicabilidade dos valores sugeridos.

De outra banda, faz-se necessário trazer à baila as limitações deste estudo. Uma delas, refere-se aos índices calculados, pois os mesmos são relativos, pertencendo à amostra específica, no período de tempo analisado, não permitindo generalizações. Porém, essa é uma limitação inerente ao DEA, pois a eficiência aferida resulta de um método comparativo, referindo-se ao escore medido somente dentro do conjunto de referência em que se está realizando a análise.

As variáveis utilizadas também são outro fator limitante, tendo em vista a ampla gama de *inputs* e *outputs* passíveis de serem selecionados sem que haja consenso na literatura a cerca de quais são os melhores a serem utilizados na avaliação de eficiência do setor educacional, conforme já destacado.

Com base nessas limitações, recomendam-se para pesquisas futuras a utilização de outras técnicas para avaliação da eficiência a fim de que seja possível traçar um comparativo entre seus achados. Além disso, sugere-se a utilização de outras variáveis a fim de enriquecer e complementar a análise atual realizada por este estudo, bem como uma análise que inclua outros anos.

Ademais, de suma importância é compreender os motivos pelos quais umas Instituições são mais eficientes do que outras, levando-se em consideração o contexto endógeno e exógeno no qual estão inseridos os Institutos Federais. Nesse caso, fica, também, como sugestão de trabalho futuro um estudo que busque respostas para essa discussão.

Em resumo, esta dissertação pretendeu municiar os gestores públicos dos Institutos Federais do país com subsídios que permitam constante reavaliação de suas escolhas. Com o aporte da proposta de intervenção aqui aduzida, entende-se que essas Instituições podem ser direcionadas a cumprir com maestria o papel pelo

qual são responsáveis, ou seja, de oferecer uma educação pública, gratuita e de qualidade.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, M.; DOUCOULIAGOS, C. A data envelopment analysis of the efficiency of Victorian TAFE institutes. **Australian Economic Review**, v. 35, n. 1, p. 55-69, 2002.

ABRUCIO, F. L. Trajetória recente da gestão pública brasileira: um balanço crítico e a renovação da agenda de reformas. **Revista de Administração Pública-RAP**, v. 41, 2007.

ALEXANDER, C. **Market Models: A Guide to Financial Data Analysis**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 1 ed., 2001.

_____. **Modelos de mercado: um guia para a análise de informações financeiras**. Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2005.

ALVES, J. L. P. **Orçamento público: a real aplicabilidade dos recursos na melhoria da produtividade em uma Instituição Federal de Ensino Profissional e Tecnológica**. 2015. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

ARAGÃO, C. V. Burocracia, eficiência e modelos de gestão: um ensaio. **Revista do Serviço Público**, Brasília, v. 48, n. 3, p. 105 - 134, set./dez. 1997.

BANDEIRA, D. L. **Análise da eficiência relativa de departamentos acadêmicos: o caso da UFRGS**. 2000. 147 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

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.

BELLONI, J. A. **Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de universidades federais brasileiras**. 2000. 245 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

BRASIL. Decreto-Lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967. **Dispõe sobre a organização da Administração Federal, estabelece diretrizes para a Reforma Administrativa e dá outras providências**. 1967. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0200.htm>. Acesso em: 24 out. 2019.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 23 out. 2019.

_____. Fernando Henrique Cardoso. Presidência da República. **Plano Diretor da Reforma do Aparelho do Estado.** 1995. Disponível em: <<http://www.biblioteca.presidencia.gov.br/publicacoes-oficiais/catalogo/fhc/plano-diretor-da-reforma-do-aparelho-do-estado-1995.pdf>>. Acesso em 24 out. 2019.

_____. Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000. **Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências.** 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LCP/Lcp101.htm>. Acesso em: Acesso em: 24 out. 2019.

_____. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. **Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências.** 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11892.htm>. Acesso em: Acesso em: 23 out. 2019.

_____. Decreto nº 7.313, de 22 de setembro de 2010. **Dispõe sobre procedimentos orçamentários e financeiros relacionados à autonomia dos institutos federais de educação, ciência e tecnologia.** 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7313.htm>. Acesso em: 28 out. 2019.

_____. Ministério da Educação. **Instituições da Rede.** 2016a. Disponível em: <<http://redefederal.mec.gov.br/instituicoes>>. Acesso em: 23 out. 2019.

_____. Emenda Constitucional nº 95, de 15 de dezembro de 2016. 2016b. **Altera o Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, para instituir o Novo Regime Fiscal, e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc95.htm>. Acesso em: 23 out. 2019.

_____. Instituto Federal Brasília. Ministério da Educação. **Metodologia da matriz orçamentária da rede de ensino profissional e tecnológico de 2017.** 2017b. Disponível em: <http://www.ifb.edu.br/attachments/article/14748/Metodologia_Matriz_%20CONIF_2017.pdf>. Acesso em: 23 out. 2019.

_____. Ministério da Educação. 2018a. **Expansão da Rede Federal**. Disponível em <http://redefederal.mec.gov.br/expansao-da-rede-federal>. Acesso em: 23 out. 2019.

_____. Secretaria de Orçamento Federal. Ministério do Desenvolvimento e Gestão. **Manual Técnico de Orçamento**. 2018b. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/assuntos/orcamento-1/informacoes-orcamentarias/arquivos/MTOs/mto_atual.pdf/view>. Acesso em: 23 out. 2019.

_____. Ministério da Educação. Plataforma Nilo Peçanha. 2018c. Disponível em: <<http://resultados.plataformanilopecanha.org/2019/>>. Acesso em: 23 out. 2019.

_____. Instituto Federal Farroupilha. Ministério da Educação. **Sobre o IFFar**. 2019. Disponível em: <<http://www.iffarroupilha.edu.br/documentos-institucionais>>. Acesso em: 24 out. 2019.

_____. Instituto Federal da Paraíba. Ministério da Educação. **Sobre o IFPB**. 2019. Disponível em: <<https://www.ifpb.edu.br/institucional/sobre-o-ifpb>>. Acesso em: 24 out. 2019.

BRESSER-PEREIRA, L. C. A reforma gerencial do Estado de 1995. **Revista de administração pública**, v. 34, n. 4, p. 7-26, 2000.

CAMÕES, M. R. de S; PANTOJA, M. J.; BERGUE, S. T. **Gestão de pessoas**: bases teóricas e experiências no setor público/organizado. Brasília: ENAP, 2010.

CANAL, G. Y.; AMADO, A. P. G.; HURTADO, M.G. Evaluación de la eficiencia investigativa de las universidades públicas colombianas 2003-2012 utilizando el análisis envolvente de datos. **INGE CUC**, v. 11, n. 2, p. 97-108, 2015.

CARDOSO, A. L. R. **A qualidade do gasto público**: o caso dos Institutos Federais de Educação. 2016. 100 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Gestão Pública) — Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

CARNEIRO, F.G. **A metodologia dos testes de causalidade em economia**. Departamento de Economia. Universidade de Brasília. Série Textos Didáticos n. 20, 1997.

CARVALHO, L.B. **Análise não-paramétrica da eficiência das unidades do IFTO: Aplicação de um modelo DEA.** 76f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2014.

CASA NOVA, S. P. de C. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis.** 2002. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade: Contabilidade) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CASADO, F. L. Análise Envoltória de Dados: conceitos, metodologia e estudo da arte na Educação Superior. **Revista Sociais e Humanas**, v. 20, n. 1, p. 59-71, 2007.

CASU, B.; THANASSOULIS, E.. Evaluating cost efficiency in central administrative services in UK universities. **Omega**, v. 34, n. 5, p. 417-426, 2006.

CHARNES, A; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European journal of operational research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L. M. **Data Envelopment Analysis: theory, methodology, and application.** Massachusetts (EUA): Kluwer, 1997.

CHRISTOFOLETTI, M. A. M.; SILVA, R.M. da; MARTINES-FILHO, J. G. Cointegração e causalidade no mercado de soja: análises para Brasil, China e EUA. In: **Conferência em Gestão de Risco e Comercialização de commodities.** São Paulo: Instituto Educacional, 2011. p. 1-23.

COOK, W. D.; TONE, K.; ZHU, J. Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. **Omega**, v 44, p. 1-4, 2014.

COOPER, W.W. et al. Sensitivity and stability analysis in DEA: some recent developments. **Journal of productivity Analysis**, v. 15, n. 3, p. 217-246, 2001.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. (Ed.). **Handbook on data envelopment analysis.** Springer Science & Business Media, 2011.

CORREIA, T. C. V. D.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; MEZA L.A. Eficiência técnica das companhias aéreas brasileiras: um estudo com análise envoltória de dados e conjuntos nebulosos. **Production**, v. 21, n. 4, p. 676-683, 2011.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativos, quantitativos e mistos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CUNHA, H. C. **Orçamento público na rede federal de ensino: Uma análise dos fatores que influenciaram o planejamento e a execução orçamentária dos Institutos Federais de Educação no Brasil de 2010 a 2013**. 2015. 132 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração Instituição de Ensino) - Centro Universitário Alves Faria, Goiânia, 2015.

DALLA VECCHIA, D. **Análise da eficiência das instituições de educação superior públicas da região Nordeste do Brasil - 2008 a 2012**. 2014. 147 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Economia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

DA SILVA FILHO, G. M. et al. Análise da Eficiência nos Gastos Públicos com Educação Fundamental nos Colégios Militares do Exército em 2014. **Revista Evidenciação Contábil & Finanças**, v. 4, n. 1, p. 50-64, 2016.

DA SILVEIRA, J. Q. et al. Identificação de benchmarks e anti-benchmarks para companhias aéreas usando modelos DEA e fronteira invertida. **Production**, v. 22, n. 4, p. 788-795, 2012

DE ALMEIDA, M. R.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, DA do N. Análise de eficiência dos aeroportos internacionais brasileiros. **Revista Produção Online**, edição especial, 2007.

DEUS, V. H. de S.

Gasto público na rede federal de ensino tecnológico: um estudo utilizando análise envoltória de dados. 2017. 68 f. Dissertação (Mestrado em Economia e Gestão Empresarial) – Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2017.

DE FREITAS, J. A. Trabalho e educação na contemporaneidade: problematizações sobre a educação profissional no Brasil. **Revista Thema**, v. 15, n. 2, p. 621-633, 2018.

DILGUERIAN, A. M. **Michaelis**: moderno dicionário da língua portuguesa. 1998.

DI PIETRO, M. S. Z. **Direito Administrativo**. 27 ed. São Paulo: Atlas, 2014.

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

FERNANDES, F. das C. M. Gestão dos Institutos Federais: o desafio do centenário da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica. **Holos**, v. 2, p. 3-9, 2009.

FURTADO, L. L.; CAMPOS, G. M. Grau de eficiência técnica dos institutos federais de educação, ciência e tecnologia e a relação dos custos, indicativos de expansão e retenção junto aos escores de eficiência. **Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade (REPeC)**, v. 9, n. 3, 2015.

GIACOMONI, J. **Orçamento público. rev.** São Paulo: Atlas, 2009.

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

GRANGER, C. W. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 424-438, 1969.

GUIDI, R. L. S. da S. **Relações Internacionais e Educação Profissional e Tecnológica: uma análise da eficiência institucional.** 2016. 148 f. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica.** Porto Alegre: AMGH, 5.ed., 2011.

HATEMI-J, A.; IRANDOUST, M. Bilateral trade elasticities: Sweden versus her trade partners. **American Review of Political Economy**, vol. 3, nº 2. 2005.

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

JUSTEN FILHO, M. **Curso de direito administrativo.** 10. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014.

KRIESER, A. et al. Eficiência técnica dos Institutos Federais por meio da análise envoltória de dados (DEA). **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 1, p. 145-166, 2018.

LEE, H; KIM, C. Benchmarking of service quality with data employment analysis. **Expert Systems with Applications**, v. 41, p. 3761-3768, 2014.

LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. **Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente de apoio à decisão**. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2000.

LIU, L.; LEE, C.; TZENG, G. DEA approach for the current and the cross period efficiency for evaluating the vocational education. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 3, n. 02, p. 353-374, 2004.

LIU, J. S. et al. A survey of DEA applications. **Omega**, v. 41, n. 5, p. 893-902, 2013.

LU, W. Intellectual capital and university performance in Taiwan. **Economic Modelling**, v. 29, n. 4, p. 1081-1089, 2012.

MACEDO, M. A. S. et. al. Avaliação da Eficiência dos Investimentos em TI de Empresas de Tecnologia através da Análise Envoltória de Dados (DEA). In: **VIII Seminários em Administração da USP - SEMEAD**, São Paulo, Anais, 2005.

MACEDO, M. A. da S.; CASA NOVA, S. P. de C.; DE ALMEIDA, K. Mapeamento e análise bibliométrica da utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) em estudos em contabilidade e administração. **Contabilidade, Gestão e Governança**, v. 12, n. 3, 2010.

MACIEL, G. da S. **Método para determinação de alvos para tornar DMUs eficientes usando a eficiência composta**. 2015. 77 f. Tese (Doutorado em Sistemas, Apoio à Decisão e Logística) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

MACIEL, G.S.; LIMA, G.B.A.; ÂNGULO-MEZA, L.; GOMES JUNIOR, S.F. Avaliação de Processos Licitatórios de Embarcações de Apoio Marítimo Offshore com Utilização de Análise Envoltória de Dados. **Journal of Transport Literature**, Vol. 8, n. 4, pp. 329-349, Oct., 2014.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARIANO, E.B. **Sistematização e comparação de técnicas, modelos e perspectivas não paramétricas de análise de eficiência produtiva**. 301 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MARIZ, F.B.A.R. **Modelos dinâmicos de Análise Envoltória de Dados**: revisão da literatura e comparação de modelagens. 2015. 110 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

MATTOS, E.; TERRA, R. Conceitos sobre eficiência. In: BOUERI, R.; ROCHA, F.; RODOPOULOS, F.(Orgs.). **Avaliação da Qualidade do Gasto Público e Mensuração da Eficiência. Brasília**: Secretaria do Tesouro Nacional, 2015. cap.6, p.211-233.

MEIRELLES, H. L. et al. **Direito administrativo brasileiro**. 42. ed. Malheiros Editores, 2015.

MELLO, C. A. B de. **Curso de direito administrativo. rev. e atual. até a Emenda Constitucional 68, de 21.12. 2011**. São Paulo, SP: Malheiros, 2012.

MELLO, J.C.C.B.S. et al. Curso de análise de envoltória de dados. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, v. 37, p. 2521-2547, 2005

MELONIO, A. M. C. **Análise de eficiência das IFES no uso de recursos financeiros 2010-2015**. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

MEZA, L. A. et al. ISYDS-Integrated System for Decision Support (SIAD-Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 3, p. 493-503, 2005.

MODESTO, P. Notas para um debate sobre o princípio da eficiência. **Revista do Serviço Público**, v. 51, n. 2, p. 105-119, 2014.

MORAES, A. de. **Direito Constitucional**. 23 ed., São Paulo: Atlas, 2008.

MOREIRA NETO, D. de F. **Curso de direito administrativo**: parte introdutória, parte geral e parte especial. Rio de Janeiro: Forense, 2006.

MOTA, F. L. **Eficiência Relativa na Gestão dos Recursos Públicos**: Uma

Análise do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. 83 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) - Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

MOTA, T. R de A. de.

Utilização de dea como instrumento de avaliação dos gastos públicos em educação: análise dos municípios do Estado do Rio de Janeiro. 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

MULLER, E. S.; **Identificação de Causa e Efeito do Custo da Energia Elétrica na Produção Industrial Brasileira.** 2017. 47 f. Dissertação (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

MUNIZ, C. C. B. **O princípio da eficiência na administração pública brasileira.** Prisma Jurídico, São Paulo, v. 6, 2007.

NOHARA, I. P. **Direito Administrativo.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

OTRANTO, C. R. Criação e implantação dos institutos federais de educação, ciência e tecnologia-IFETS. **Revista Retta**, v. 1, p. 89-110, 2010.

_____. Reforma da Educação Profissional no Brasil: marcos regulatórios e desafios. **Revista educação em questão**, v. 42, n. 28, 2012.

PEREIRA, J. V. **Financiamento da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica.** 276 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

PEREIRA, C. N.; SILVEIRA, J. M. F. J. Análise exploratória da eficiência produtiva das usinas de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 1, p. 147-166, 2016.

PIMENTA, H. e SOARES DE MELLO, J. Modelo DEA-Savage para análise de eficiência do parque de refino brasileiro. **Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção**, vol. 5, 2005.

RAMOS, R.E.B.; FERREIRA, G. M. Analisando retornos de escala usando DEA: um estudo em Instituições de Ensino Tecnológico no Brasil. **Revista GEPROS**, n. 4, p. Pag. 25, 2007.

RIBEIRO, R. R. M. **Orçamento público da saúde**: um estudo do ciclo orçamentário no município de Maringá-PR. 2017. Tese (Doutorado em Administração Pública e Governo) - FGV - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2017.

RODRIGUES, E. A. **O princípio da eficiência à luz da teoria dos princípios**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2012.

ROSANO-PEÑA, C. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). **RAC-Revista de Administração Contemporânea**, v. 12, n. 1, 2008.

ROSANO-PEÑA, C.; ALBUQUERQUE, P.H.M.; MARCIO, C. J. A eficiência dos gastos públicos em educação: evidências georreferenciadas nos municípios goianos. **Economia Aplicada**, v. 16, n. 3, p. 421-443, 2012.

ROSANO-PEÑA, Carlos. Eficiência e impacto do contexto na gestão através do DEA: o caso da UEG. **Produção, São Paulo**, v. 22, n. 4, p. 778-787, 2012.

SANTOS, C. A. F. **Abordagem *macbeth* para tratamento de informação qualitativa aplicada num contexto da análise envoltória de Dados (dea)**. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

SANTOS, L. A. dos; CAMACHO, E. U. Orçamento Público Municipal: uma análise no município de Cosmópolis/SP com enfoque no equilíbrio das receitas x despesas no período de 2007 a 2012. **Revista Evidenciação Contábil & Finanças**, v. 21, n. 2, 2014.

SAV, G. T. Efficiency Evaluations of US Public Higher Education and Effects of State Funding and Pell Grants: Panel Data Estimates Using Two Stage Data Envelopment Analysis, 2004–2013 Academic Years. **Journal of Education Finance**, v. 42, n. 4, p. 357-385, 2017.

SCHULTZ, T. W. Capital formation by education. **The Journal of Political Economy**, v. 68, n. 06, p. 571-583, dec. 1960.

SCHULTZ, T. W. Investment in human capital. **The American Economic Review**, v. 51, n. 01, p. 1-17, mar. 1961.

SCHULTZ, T. W. Reflection on investment in man. **The Journal of Political Economy**, v. 70, n. 05, Part 2: Investment in human beings, p. 1-8, oct. 1962.

SENRA, Luis Felipe Aragão de Castro et al. Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. **Pesquisa Operacional**, v. 27, n. 2, p. 191-207, 2007.

SILVA, A. P. **Eficiência dos gastos nas universidades federais brasileiras**: uma proposta para a Universidade Federal de Goiás. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública em Rede Nacional) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018

SOARES DE MELLO, J. C. C. B. et al. Índice de eficiência em fronteiras DEA nebulosas. In: **Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional e os Recursos Renováveis, 35., 2003, Natal. Anais... Natal: UFRGN, 2003.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B., ANGULO-MEZA, L., GOMES, E. G. e BIONDI NETO, L. Curso de Análise de Envoltória de Dados. **XXXVII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, Gramado. 2005.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B. et al. DEA Advanced Models for Geometric Evaluation of used Lathes. **WSEAS Transactions on Systems**, v. 7, n. 5, p. 500-20, 2008.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Ed. Atlas, 2009

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

WOLSZCZAK-DERLACZ, J. Teaching or Research? An Analysis of Teaching and Research Efficiency in Polish Public Universities. **Edukacja**, vol. 130, no. 5, 2014, pp. 57–69.

Apêndices

APÊNDICE A – Inputs Utilizados em Outros Trabalhos

Variáveis	Autores										
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
Inputs											
Alunos matriculados na graduação por docentes totais					x						
Área construída		x									
Capacitação dos recursos humanos									x		
Corpo docente	x	x	x			x					
Custo da energia	x										
Despesas gerais por alunos					x						
Gasto corrente por alunos matriculados								x			x
Gasto total										x	
Grau de difusão das normas internas da instituição									x		
Grau de padronização dos procedimentos operacionais									x		
Índice de Titulação do corpo docente			x	x	x			x	x		x
Infraestrutura									x		
Ingressantes				x							
Nº de câmpus									x		
Nº de docentes com doutorado										x	
Nº de docentes com especialização										x	
Nº de docentes com mestrado										x	
Nº de professores						x					
Nº de técnicos		x		x		x				x	
Orçamento			x								
Orçamento de custeio						x					
Orçamento de investimento						x					
Orçamento deflacionado				x							
Relação quantidade de alunos por professor								x	x		x
Rotatividade de servidores em cargos de comissão									x		
Gastos anuais	x										
Tamanho da coleção da biblioteca		x									
Nº de periódicos		x									
Dispêndio de capital	x										
Despesa corrente total							x				

x1-Abbott e Doucouliagos (2002); x2-Liu et al. (2004); x3-Ramos e Ferreira (2007); x4-Carvalho (2014); x5-Dalla Vecchia (2014); x6-Mota (2014); x7-Alves (2014); x8-Furtado e Campos (2015); x9-Guidi (2016); x10-Deus (2017); x11-Krieser (2018)
 Fonte: elaboração própria (2019)

APÊNDICE B – *Outputs* Utilizados em Outros Trabalhos

Variáveis	Autores										
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
Outputs											
Alunos formados		x		x		x					
Alunos integralizados				x							
Concluintes na graduação					x						
Egressos			x								
Gasto com pesquisa		x									
Índice de eficiência acadêmica									x		
Matrículas			x			x	x			x	
Nº de alunos assistidos na assistência estudantil							x				
Nº de beneficiários na pesquisa e extensão							x				
Nº de horas de contato com o estudante	x										
Nº total de publicações						x					
Relação concluintes por aluno matriculado								x			x
Renda da colaboração-escola indústria e educação continuada		x									
Resultado do ENEM			x						x		
Resultado do IGC					x				x		
Índice de Titulação do corpo docente						x					

x1-Abbott e Doucouliagos (2002); x2-Liu et al. (2004); x3-Ramos e Ferreira (2007);x4-Carvalho (2014); x5-Dalla Vecchia (2014); x6-Mota (2014); x7-Alves (2014); x8-Furtado e Campos (2015); x9-Guidi (2016); x10-Deus (2017); x11-Krieser (2018)

Fonte: elaboração própria (2019)

APÊNDICE C – Síntese da Literatura Nacional

Autor (es)	Método	DMUs	Entradas	Saídas
Ramos e Ferreira (2007)	DEA CCR DEA BCC	23 Centros Federais de Educação Tecnológica do Brasil (CEFETs)	• Orçamento; corpo docente e titulação do corpo docente	• Matrículas; quantidade de egressos; resultado na prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)
Carvalho (2014)	DEA CCR	6 câmpus do Instituto Federal Tocantis (IFTO)	• Nº de ingressantes; Orçamento; Índice de titulação do corpo docente e nº de técnicos	• Alunos formados e Alunos integralizados
Dalla Vecchia (2014)	DEA BCC Índice de Malquimist	31 Instituições Públicas da região Nordeste	• Alunos matriculados na graduação por docentes em exercício; índice de qualificação do corpo docente e despesas gerais por alunos matriculados	• Nº total de concluintes na graduação e Índice Geral de Cursos (IGC).
Mota (2014)	DEA CCR	9 câmpus do Instituto Federal da Bahia	• Orçamento de custeio; orçamento de investimento; nº de professores e nº de servidores técnicos	• Nº total de publicações; índice de titulação do corpo docente; nº total de formados e nº de matrículas
Alves (2015)	DEA BCC Teste de correlação	10 câmpus do Instituto Federal do Amazonas (IFAM)	• Despesa corrente total	• Nº de alunos matriculados nos cursos básicos, técnicos, graduação e pós graduação; nº de beneficiários na pesquisa e extensão e nº alunos assistidos na assistência estudantil
Furtado e Campos (2015)	DEA BCC	19 Institutos Federais	• Gastos correntes por aluno matriculado; índice de titulação do corpo docente e relação quantidade de alunos por professor	• Relação concluintes por aluno matriculado
Guidi (2016)	DEA CCR	38 Institutos Federais	• Rotatividade de servidores em cargos em comissão; grau de difusão das normas internas da instituição; grau de padronização dos procedimentos operacionais; capacitação de recursos humanos; infraestrutura; índice de titulação docente; relação Aluno/Docente e nº de câmpus	• Nota Média Final no ENEM e índice de eficiência acadêmica
Deus (2017)	DEA BCC	40 órgãos da Rede Federal	• Gasto total; nº de docentes com especialização; nº de docentes com mestrado; nº de docentes com doutorado e nº de técnicos administrativos	• Nº de matrículas e índice geral de curso (IGC)
Melonio (2017)	DEA CCR Índice de Malquimist	50 Universidades Federais Brasileiras	• Custo corrente / aluno equivalente; aluno tempo integral / professor; aluno tempo integral / funcionário; grau de participação estudantil; grau de envolvimento com pós-graduação e índice de qualificação do corpo docente	• Taxa de sucesso na graduação e funcionário / professor
Krieser (2018)	DEA BCC	19 Institutos Federais de Educação	• Gasto corrente por aluno; titulação do corpo docente e relação aluno por professor	• Concluinte por matrícula atendida
Silva (2018)	DEA CCR	35 Universidades Federais Brasileiras	• Gastos totais per capita (por aluno); gastos com custeio per capita (por aluno) e gastos com docentes per capita (por aluno)	• Nota obtida pela Universidade no Ranking Folha – RUF

Fonte: elaboração própria (2019)

APÊNDICE D – Síntese da Literatura Internacional

Autor (es)	Método	DMUs	Entradas	Saídas
Abbott e Doucouliagos (2002)	DEA CCR DEA BCC Regressão Tobit	23 Institutos Técnicos e de Ensino Superior Vitorianos	• Nº total de docentes (equivalente a tempo integral); total de funcionários não docentes; dispêndio de capital e custo da energia	• Nº de horas de contato com o estudante
Liu et al (2004)	DEA CCR	38 institutos tecnológicos de Taiwan	Área de construção, nº de professores; gastos anuais; tamanho da coleção da biblioteca e nº de periódicos	Nº de graduados; gastos com pesquisa e renda da colaboração escola-indústria e educação continuada
Wolszczak-derlacz e Parteka (2011)	DEA CCR Regressão <i>bootstrap</i>	259 Institutos de Educação Superior públicas de 7 países europeus	• Nº de funcionários acadêmicos; nº de alunos e receitas totais	• Nº de graduações (resultado do ensino); nº de publicações científicas (resultado da pesquisa)
Lu (2012)	DEA em dois estágios Regressão <i>bootstrap</i>	40 universidades públicas de Taiwan	1º estágio	
			• Outros custos operacionais; despesas de gestão e assuntos gerais e custos de ensino	• Professores em tempo integral; mão de obra de administração; equipamentos de software e hardware e trabalhos acadêmicos
			2º estágio	
			• Professores em tempo integral; mão-de-obra de administração; equipamentos de software e hardware e trabalhos acadêmicos	• renda subsidiada e receita de ensino acadêmicos
Wolszczak-derlacz (2014)	DEA CCR DEA BCC	31 instituições de ensino superior públicas polonesas	• Receita total; nº de acadêmicos e nº de funcionários	• Nº de publicações indexadas na Web of Science; nº de citações; valor das bolsas de pesquisa e nº de diplomados em período integral e em meio período
Jablonsky (2016)	DEA multiperíodo	19 faculdades econômicas de universidades públicas da República Tcheca	• Nº de funcionários acadêmicos e custo de mão de obra do corpo docente	• Nº de alunos; nº de alunos formados e nº de publicações em várias categorias
Sav (2017)	DEA CCR DEA BCC Regressão Tobit	<ul style="list-style-type: none"> • 144 universidades de pesquisa • 201 universidades e faculdades abrangentes • 313 faculdades associadas I • 340 faculdades associadas II 	• Inscrições de estudantes; emprego do corpo docente e despesas institucionais não docentes em apoio acadêmico e estudantil	• horas de crédito de graduação; horas de crédito de pós-graduação; taxa de sucesso na graduação e taxa de sucesso na pós-graduação

Fonte: elaboração própria (2019)

APÊNDICE E – Alvos por Instituição

Instituto Federal de Alagoas (IFAL) – eficiência 0,667624		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 68.855.621,00	R\$ 52.036.906,81
Investimentos	R\$ 2.342.413,00	R\$ 2.342.412,54
Total de servidores	1.824	1.587
Alunos ingressantes	6.660	6.660
Alunos retidos	2.174	1.963
Concluintes	2.970	4.448
Instituto Federal do Amazonas (IFAM) - eficiência 0,766997		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 65.702.819,89	R\$ 65.702.819,89
Investimentos	R\$ 4.037.971,16	R\$ 4.037.971,16
Total de servidores	1.958	1.911
Alunos ingressantes	5.786	5.786
Alunos retidos	5.182	3.267
Concluintes	2.659	3.466
Instituto Federal Baiano (IFBAIANO) - eficiência 0,860626		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 59.409.302,09	R\$ 44.110.819,39
Investimentos	R\$ 1.331.957,02	R\$ 1.331.957,02
Total de servidores	1.722	1.392
Alunos ingressantes	6.246	6.246
Alunos retidos	1.922	1.902
Concluintes	3.496	4.062
Instituto Federal Catarinense (IFC) - eficiência 0,667596		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 57.101.831,76	R\$ 57.101.831,76
Investimentos	R\$ 3.104.455,91	R\$ 3.104.455,91
Total de servidores	1.786	1.682
Alunos ingressantes	6.614	6.614
Alunos retidos	2.115	2.089
Concluintes	2.887	4.324
Instituto Federal do Ceará (IFCE) - eficiência 0,859170		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 102.926.285,27	R\$ 102.926.285,27
Investimentos	R\$ 7.787.809,88	R\$ 7.787.809,88
Total de servidores	3.478	3.478
Alunos ingressantes	20.411	20.411
Alunos retidos	5.956	4.544
Concluintes	9.506	11.064
Instituto Federal Fluminense (IFF) - eficiência 0,707437		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 64.392.782,20	R\$ 64.392.782,20

Investimentos	R\$ 2.344.615,91	R\$ 2.344.615,91
Total de servidores	1.742	1.742
Alunos ingressantes	6.782	6.782
Alunos retidos	3.433	2.345
Concluintes	3.081	4.355
Instituto Federal Goiano (IFGOIANO) - eficiência 0,524386		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 58.092.235,34	R\$ 58.092.235,34
Investimentos	R\$ 2.483.346,57	R\$ 2.483.346,57
Total de servidores	1.423	1.423
Alunos ingressantes	6.979	6.979
Alunos retidos	2.943	1.917
Concluintes	2.235	4.262
Instituto Federal do Maranhão (IFMA) - eficiência 0,509557		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 104.052.575,20	R\$ 104.052.575,20
Investimentos	R\$ 10.221.719,94	R\$ 4.766.879,03
Total de servidores	3.174	2.939
Alunos ingressantes	12.869	12.869
Alunos retidos	8.097	4.004
Concluintes	4.243	8.326
Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) - eficiência 0,720039		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 62.181.353,22	R\$ 62.181.353,22
Investimentos	R\$ 3.257.226,83	R\$ 3.257.226,83
Total de servidores	1.937	1.828
Alunos ingressantes	6.741	6.741
Alunos retidos	2.652	2.412
Concluintes	3.154	4.380
Instituto Federal do Mato Grosso do Sul (IFMS) - eficiência 0,550359		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 30.561.279,81	R\$ 30.561.279,81
Investimentos	R\$ 1.864.375,01	R\$ 1.508.359,67
Total de servidores	1.184	950
Alunos ingressantes	5.819	5.819
Alunos retidos	1.434	1.434
Concluintes	1.928	3.503
Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT) - eficiência 0,857517		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 69.465.286,49	R\$ 69.465.286,49
Investimentos	R\$ 3.975.872,65	R\$ 3.975.872,65
Total de servidores	2.077	2.030
Alunos ingressantes	7.881	7.881
Alunos retidos	5.557	2.719
Concluintes	4.351	5.073

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNORTEDEMINAS) - eficiência 0,649384		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 46.686.401,33	R\$ 46.686.401,33
Investimentos	R\$ 3.095.387,08	R\$ 3.095.387,08
Total de servidores	1.405	1.405
Alunos ingressantes	9.999	9.999
Alunos retidos	2.750	2.017
Concluintes	3.834	5.904
Instituto Federal do Pará (IFPA) - eficiência 0,916048		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 69.569.927,42	R\$ 69.569.927,42
Investimentos	R\$ 3.112.747,24	R\$ 3.112.747,24
Total de servidores	2.324	1.831
Alunos ingressantes	7.612	7.612
Alunos retidos	2.316	2.316
Concluintes	4.431	4.837
Instituto Federal do Pará (IFPB) - eficiência 0,440368		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 72.113.204,24	R\$ 72.113.204,24
Investimentos	R\$ 6.928.011,04	R\$ 3.386.176,19
Total de servidores	2.355	2.155
Alunos ingressantes	8.242	8.242
Alunos retidos	4.224	2.977
Concluintes	2.377	5.397
Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) - eficiência 0,852057		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 74.892.757,17	R\$ 74.892.757,17
Investimentos	R\$ 6.204.678,62	R\$ 3.484.708,54
Total de servidores	2.291	2.291
Alunos ingressantes	9.061	9.061
Alunos retidos	5.386	3.072
Concluintes	5.079	5.960
Instituto Federal do Piauí (IFPI) - eficiência 0,730896		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 146.808.549,73	R\$ 68.132.588,81
Investimentos	R\$ 3.076.416,80	R\$ 3.076.416,80
Total de servidores	2.296	2.071
Alunos ingressantes	8.847	8.847
Alunos retidos	3.390	2.718
Concluintes	4.293	5.873
Instituto Federal do Paraná (IFPR) - eficiência 0,786270		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 59.883.411,56	R\$ 59.883.411,56
Investimentos	R\$ 2.481.513,36	R\$ 2.481.513,36
Total de servidores	2.229	1.963

Alunos ingressantes	11.181	11.181
Alunos retidos	3.161	2.999
Concluintes	5.382	6.844
Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) - eficiência 0,782349		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 50.368.136,32	R\$ 50.368.136,32
Investimentos	R\$ 1.744.767,94	R\$ 1.744.767,94
Total de servidores	1.993	1.477
Alunos ingressantes	5.483	5.483
Alunos retidos	2.134	1.974
Concluintes	2.838	3.627
Instituto Federal de Rondônia (IFRO) - eficiência 0,665374		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 44.781.834,42	R\$ 44.781.834,42
Investimentos	R\$ 6.520.292,39	R\$ 2.763.755,99
Total de servidores	1.261	1.261
Alunos ingressantes	7.000	7.000
Alunos retidos	2.740	1.568
Concluintes	2.916	4.382
Instituto Federal de Sergipe (IFS) - eficiência 0,649535		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 35.690.909,96	R\$ 28.205.929,06
Investimentos	R\$ 2.313.121,34	R\$ 754.067,92
Total de servidores	1.195	904
Alunos ingressantes	3.248	3.248
Alunos retidos	1.040	1.040
Concluintes	1.469	2.261
Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul) - eficiência 0,828318		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 63.646.855,35	R\$ 63.646.855,35
Investimentos	R\$ 1.432.124,31	R\$ 1.432.124,31
Total de servidores	1.925	1.925
Alunos ingressantes	8.282	8.282
Alunos retidos	4.603	2.666
Concluintes	4.031	4.866
Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) - eficiência 0,809677		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 30.532.338,77	R\$ 30.532.338,77
Investimentos	R\$ 695.956,34	R\$ 695.956,34
Total de servidores	1.190	1.042
Alunos ingressantes	6.053	6.053
Alunos retidos	1.384	1.384
Concluintes	2.706	3.342
Instituto Federal de Tocantins (IFTO) - eficiência 0,827176		
Fatores	Atual	Alvo

Outras despesas correntes	R\$ 46.297.253,92	R\$ 46.297.253,92
Investimentos	R\$ 526.042,81	R\$ 526.042,81
Total de servidores	1.305	1.305
Alunos ingressantes	4.592	4.592
Alunos retidos	1.911	1.713
Concluintes	2.197	2.656
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFETRJ) - eficiência 0,595218		
Fatores	Atual	Alvo
Outras despesas correntes	R\$ 44.833.334,81	R\$ 44.833.334,81
Investimentos	R\$ 831.258,87	R\$ 831.258,87
Total de servidores	1.556	1.163
Alunos ingressantes	4.094	4.094
Alunos retidos	4.737	1.519
Concluintes	1.543	2.592