

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS E INSTITUTOS FEDERAIS LOCALIZADOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: UM ESTUDO PRÉ-CRISE ECONÔMICA DE 2014

EFFICIENCY ANALYSIS ON SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR PUBLIC UNIVERSITIES AND FEDERAL INSTITUTES LOCATED IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO: AN ECONOMIC PRE-CRISIS STUDY OF 2014

Camila Guimarães Monteiro de Freitas Alves

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ

camila_gmf@hotmail.com

Murilo Alvarenga Oliveira

Universidade Federal Fluminense – UFF

malvarenga@id.uff.br

Submissão: 22/02/2018

Aprovação: 03/07/2018

RESUMO

Devido à importância da ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento de um país, o objetivo concentrou-se na análise de eficiência das universidades públicas e institutos federais localizados no Rio de Janeiro antes da crise de 2014 e que contemplem fatores relacionados ao desenvolvimento de Ciência e Tecnologia (C&T). O referencial teórico abordou conceitos relacionados a Ciência, tecnologia, inovação e o contexto de C&T no Rio de Janeiro. O dilema encontrou-se na relação Recursos x Produção em C&T. A abordagem foi quantitativa por meio da Análise Envoltória de Dados, utilizada para avaliar a eficiência de cada unidade, classificando-as segundo sua eficiência, e estabelecer metas para melhoria. Analisou-se a eficiência das instituições ao longo de cinco anos. Na análise temporal, 47,5% das instituições operaram na escala ótima e 20% operaram abaixo de 60% de eficiência. Assim, pôde-se traçar alvos para unidades não eficientes. Após, realizou-se a matriz de avaliação cruzada, elaborando um *ranking* das instituições públicas de ensino superior mais eficientes no período.

Palavras-chave: Instituições Públicas de Pesquisa; Indicadores de Ciência e Tecnologia; Análise Envoltória de Dados.

ABSTRACT

Due of the importance of science, technology and innovation for the development of a country, the objective focused on the efficiency analysis of public universities and federal institutes located in Rio de Janeiro before crisis of 2014 and that contemplate the factors related to the development of Science and Technology (S&T). The Theoretical reference approached concepts related to Science, technology, innovation and the context of S & T in Rio de Janeiro. The dilemma was found in the relationship Resources x Production in S&T. The approach was quantitative through Data Envelopment Analysis, used to evaluate the efficiency of each unit, classifying them according to their efficiency, and setting goals for improvement. The efficiency of the institutions was analyzed over five years. In the temporal analysis, 47,5% of the institutions operated on the optimal scale and 20% operated below 60% efficiency. Thus, targets for inefficient units could be drawn. Afterwards, the cross-evaluation matrix was performed, elaborating a ranking with public higher education institutions the most efficient in the period.

Keywords: Public Research Institutions; Indicators of Science and Technology; Data envelopment analysis.

1 Introdução

A pesquisa acadêmica tem sido cada vez mais necessária para criação e disseminação do conhecimento, seja em sistemas nacionais de inovação (LUNDVALL, 1992) ou sistemas de inovação locais e regionais (ASHEIM, ISAKSEN; 2002).

De acordo com Britto et al (2015), a interação com universidades e institutos públicos de pesquisa é um fator que influencia estratégias de inovação das empresas, seja em relação à educação e treinamento ou para atender às demandas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Para medir a capacidade tecnológica têm sido utilizados indicadores relacionados à P&D e patentes (Figueiredo, 2004). Nesse sentido, a consolidação dos indicadores tradicionais de inovação ocorreu na década de 1960, quando a Organização para Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) criou indicadores para avaliação da inovação por meio dos manuais da Família Frascati.

Segundo Ramos e Schabbach (2012), no Brasil, o crescente interesse dos governos com a avaliação está relacionado às questões de efetividade, eficácia, eficiência, desempenho e *accountability* da gestão pública. Pode-se destacar a importância dada à análise da eficiência, principalmente com a inclusão deste princípio na Constituição (BRASIL, 1988):

Art. 37 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.

A literatura sobre avaliação de instituições públicas de pesquisa no Brasil está carente de modelos quantitativos de avaliação da eficiência que contemplem fatores envolvidos em Ciência e Tecnologia (C&T), levando à necessidade da criação de estatísticas para mensurar o desempenho das instituições. Neste sentido, o objetivo do estudo concentrou-se na análise da eficiência das universidades públicas e institutos federais no estado do Rio de Janeiro antes da crise de 2014 e que contemplem os fatores relacionados ao desenvolvimento de C&T, permitindo o aprofundamento das relações entre investimento, qualificação e produção técnico-científica, propiciando subsídios para a área de Gestão. O método para o desenvolvimento deste estudo foi a Análise Envolvória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) com orientação *output*.

O problema de pesquisa foi: *Qual o nível de eficiência em Ciência e Tecnologia das universidades públicas e institutos federais localizados no estado do Rio de Janeiro no período anterior a crise econômica de 2014?*

O conceito de eficiência utilizado volta-se para a comparação entre os resultados alcançados com os recursos utilizados e os resultados ótimos que poderiam ser obtidos com aqueles recursos (LAPA, NEIVA; 1996).

O estudo está delimitado no período que antecedeu ao início da crise econômica que afetou o país e de sobremaneira o Estado do Rio de Janeiro após 2014, neste período o estado foi um dos alvos do investimento em CT&I em virtude das políticas públicas governamentais e o uso dos royalties do petróleo.

2 Referencial Teórico

2.1 Ciência, Tecnologia e Inovação

Enquanto a técnica se refere à ação sem se levar em consideração as razões que a influenciam, a ciência visa identificar razões por trás do fenômeno e serve de instrumental para descrição, análise e estudo da ação. Já a tecnologia é a ciência da técnica, ou seja, é o conhecimento sobre a técnica produzido de modo sistemático e não como obra do acaso. Voltando-se para o desenvolvimento tecnológico, inovativo e de conhecimentos, este advém de transformações nas técnicas e nas tecnologias, o que denota modificação na base dos

conhecimentos, sendo que a combinação de conhecimentos para gerar um novo conhecimento que tenha valor de troca é denominada inovação (ZAWISLAK, 1994).

Conforme a OCDE (2005), inovação é a implementação de um bem ou serviço novo ou melhorado, ou um processo, um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas. Romeiro et al (2014) corroboram com o conceito de inovação elaborado pela OCDE, destacando este como a principal fonte de diretrizes para coleta e uso de dados sobre atividades inovadoras.

Dantas destaca o seguinte conceito para inovação (2001, p. 21):

... um processo que integrando os conhecimentos científicos e tecnológicos próprios e alheios e capacidades pessoais conduz ao desenvolvimento e adoção ou comercialização de produtos, processos, métodos de gestão e condições laborais, novos ou melhorados.

Este conceito envolve três aspectos relacionados à inovação. O primeiro diz respeito ao fato de que esta é um processo. O segundo é que esta envolve diversos atores e, por último, que a inovação está ligada à ciência, à tecnologia e às pessoas.

Cooke *et al* (2007) destacam que o processo do conhecimento é um processo social que envolve uma interação e a troca de conhecimento entre os vários atores. Neste sentido, Powell, Koput e Smith-Doerr (1996) abordam que a inovação requer a interação entre os agentes, por meio do desenvolvimento de capacitações específicas e técnicas.

Compreender o processo de inovação passa por diversos aspectos, entre estes, entender o sistema nacional de inovação, como as políticas públicas estão estabelecidas, a dinâmica e a inter-relação entre governo, indústria e instituições de pesquisa.

A origem do termo sistema nacional de inovação advém dos trabalhos de Lundvall (1988), Freeman (1987) e Nelson (1992), sendo que este engloba o conjunto de instituições e organizações responsáveis pela criação e adoção de inovações em um país.

Conforme Figueiredo (2004), no Brasil, houve o fortalecimento da relação entre empresas e a infraestrutura de tecnologia e inovação, que inclui universidades, institutos de pesquisa, centros de formação e treinamento, consultorias, possibilitando maior ajuste entre os vários atores que compõem o sistema local e nacional de inovação.

No que tange aos instrumentos, o País criou, nos últimos 10 a 20 anos, um aparato para o apoio à P&D, como fundos setoriais, lei da informática, lei da inovação, lei do bem, incentivos fiscais e não fiscais, e mecanismos de subvenção, que constituem recursos que podem ser mobilizados para o desenvolvimento tecnológico.

2.2 Contexto de incentivo à C&T no estado do Rio de Janeiro

No estado do Rio de Janeiro (RJ), quem coordena o sistema de C&T é a Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia (2013), a qual possui as seguintes atribuições: incentivar o desenvolvimento da C&T por meio do estímulo à pesquisa científica, capacitação e participação em programas nacionais; liderar movimentos científicos e acadêmicos; incentivar o desenvolvimento científico e tecnológico; promover a concessão de bolsas de estudo a pesquisadores; e formar recursos humanos.

A principal agência de fomento à CT&I do RJ é a Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ, a qual procura incentivar atividades nas áreas científica e tecnológica e estimular projetos e programas de instituições acadêmicas e de pesquisa por meio de concessão de bolsas e auxílios a pesquisadores e instituições.

Com relação ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, este atua no estado por meio de programas e bolsas de órgãos de fomentos, como Capes, CNPq e Finep. No que tange aos investimentos da Capes, segundo dados da Geocapes, os recursos destinados ao RJ,

em 2012, alcançaram R\$ 303.617.000,00 e esta concedeu 5.138 bolsas de mestrado, 3.558 bolsas de doutorado, 696 bolsas de Pós Doutorado no Brasil, além das bolsas de pós-graduação no exterior. Já o CNPq concedeu, de acordo com os dados do MCTI, em 2012, no RJ, 1.323 bolsas de Mestrado, 1.660 bolsas de doutorado e 332 bolsas de Pós Doutorado.

O sistema de C&T do RJ merece destaque no cenário nacional. Com relação ao número de grupos de pesquisa, segundo dados do CNPq, em 2010, o RJ possuía 3.313, 12% dos grupos de pesquisa do Brasil, ficando abaixo apenas do estado de São Paulo (SP). No que diz respeito ao número de pesquisadores, em 2010, o RJ possuía 16.478 pesquisadores e 12.300 doutores, o que significa 12,7% dos doutores no Brasil, inferior somente à SP. Com relação aos investimentos do governo do RJ em C&T, estes passaram de R\$ 222,3 milhões em 2001 para R\$ 800,9 milhões em 2011, um aumento de 360%, abaixo apenas de SP.

No que tange aos pedidos de patentes depositados no Instituto Nacional da Propriedade Industrial, no ano de 2011, o RJ localiza-se na 6ª posição, com o valor de 584, ficando abaixo de São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina, com os valores 3.296, 792, 684, 654 e 591, respectivamente (MCTI, 2013).

3 Procedimento Metodológico

Neste estudo, a abordagem foi quantitativa por meio da DEA, a qual, além de identificar as DMUs eficientes, considerando-se os recursos de que dispõe (*inputs*) e os resultados obtidos (*outputs*), possibilita medir a ineficiência e estimar uma função de produção que possibilita a identificação de *benchmarks* para as DMUs ineficientes (SOARES DE MELLO ET AL, 2003).

Desde a década de 50, a partir dos trabalhos de Koopmans (1951), Farrell (1957) e Debreu (1951), modelos não-paramétricos têm sido usados para avaliar a eficiência e a partir da década de 70 avançou-se na utilização dessas técnicas. Assim, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) ampliaram os estudos de Farrel para múltiplos recursos e resultados, originando uma técnica de construção de fronteiras de produção e indicadores da eficiência denominada Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*). Essa técnica é utilizada para avaliar a eficiência de cada Unidade Tomadora de Decisão (*Decision Making Unit - DMU*), classificadas segundo sua eficiência, e estabelecendo metas para melhoria.

A fronteira de eficiência é formada à partir dos melhores resultados advindos do conjunto de DMUs, sendo que, para estas DMUs é atribuído o valor máximo de eficiência, 1 ou 100%. Já as DMUs que operam abaixo da fronteira de eficiência são consideradas ineficientes comparadas com as que operam na fronteira, recebendo índices entre 0 e menor que 1.

Com relação aos modelos DEA, os principais são conhecidos como CCR (Charnes, Cooper e Rhodes) ou CRS (*Constant Returns to Scale - Retornos Constantes de Escala*) e BCC (Banker, Charnes e Cooper) ou VRS (*Variable Return Scale - Retornos Variáveis de Escala*) (CHARNES, COOPER, RHODES; 1978). Quanto à orientação, os modelos podem ser classificados em orientação a *input* (visa minimizar o uso dos insumos), orientação ao *output* (visa maximizar o volume dos produtos) e aditivo (insumos e produtos são minimizados e maximizados de forma simultânea).

Nesta pesquisa, o modelo adotado foi o BCC com orientação a *output*. Este estudo teve como foco analisar as instituições públicas de pesquisa, visto que no Brasil a maior parte dos investimentos em C&T advém do governo. Em 2010 os dispêndios públicos em P&D alcançaram o valor de R\$23.039 milhões e os empresariais, R\$20.710 milhões. Com relação ao dispêndio nacional em C&T, no que tange aos investimentos públicos, estes somaram o valor de R\$32.778 milhões, em 2010. Já os empresariais totalizaram R\$28.120 milhões, sendo

que neste total estão inclusos dispêndios em C&T realizados pelas empresas estatais (MCTI, 2013).

Entre as instituições públicas de pesquisa, este estudo analisou as universidades estaduais e federais, e os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia localizados no estado do RJ, devido estes abrangerem tanto atividade de ensino, quanto de pesquisa e extensão.

A escolha de instituições públicas de pesquisa em um único estado se refere ao fato de que os estados brasileiros podem possuir políticas de incentivo a CT&I diferenciadas, agências de fomento estaduais distintas e disponibilizar investimentos em valores diversos, visto que alguns estados têm um dispêndio muito superior em C&T se comparado a outros.

A pesquisa considerou as seguintes instituições: UERJ, UENF, UNIRIO, UFRJ, UFF, UFRRJ, Cefet/RJ e IFRJ. O Centro Universitário UEZO e o IF Fluminense não foram considerados para a análise visto que grande parte dos dados não foi divulgada e as tentativas de contato para obtenção destes não foi atendida. Além disso, os dados obtidos como *inputs* e *outputs* destas instituições relacionadas à C&T são valores muito abaixo aos das demais. No quadro 1 observa-se as variáveis utilizadas em artigos referenciados, que serviram como base para a realização deste trabalho.

Quadro 1 - Variáveis utilizadas em trabalhos anteriores

Variável	Referência
Investimento em P&D	Albuquerque (1996), Manual de Bogotá (2001), Manual de Frascati (2002), Rocha e Ferreira (2004), Arundel (2006), Marins e Zawislak (2010), MCTI (2011).
Qualificação (Número de doutores)	Manual de Canberra (1995), Albuquerque (1996), Ruas (2003), Silva (2008), Marins e Zawislak (2010)
Patente	Albuquerque (1996), Rocha e Ferreira (2004), Arundel (2006), Silva (2008), Manual de patentes (2009), Marins e Zawislak (2010), Querido et al (2011).
Produção Científica	Albuquerque (1996), Ruas (2003), Rocha e Ferreira (2004), Arundel (2006), Silva (2008), MCTI (2011)

Fonte: Elaborado pelos autores

Para os *inputs*, focou-se na análise sobre recursos financeiros e humanos, ou seja, investimentos em P&D e número de doutores, por serem fatores críticos para o desenvolvimento de C&T e ter o emprego reiterado na literatura. Os *outputs* recebem esta denominação visto que são reconhecidos produtos do processo de C&T utilizados mundialmente conforme os manuais da família Frascati. Nesta pesquisa, as variáveis consideradas como *outputs* foram a produção técnico-científica por meio de artigos e patentes.

Para coleta de dados utilizou-se a pesquisa documental, por meio dos relatórios das instituições pesquisadas, principalmente o relatório de gestão, objetivando coletar dados relacionados a investimentos em P&D, publicação científica, patentes e qualificação. Foram analisados relatórios de gestão dos anos de 2008 a 2012, período no qual observou-se os maiores investimentos em CT&I.

Com relação aos investimentos em P&D, foram considerados valores captados via CNPq, englobando bolsas e investimentos em bolsas no país e no exterior, eventos, projetos e investimentos em fomento a pesquisa e apoio à editoração; Faperj; Finep; Capes e o orçamento destinado pela própria instituição à P&D, nos anos de 2008 a 2012. Os dados do CNPq foram obtidos pelo site da instituição e os da Faperj, Finep e Capes foram obtidos por

meio do portal de acesso à informação, pela lei 12.527 – Lei de Acesso a informação. Já os investimentos institucionais em P&D foram obtidos por meio dos relatórios de gestão.

No estudo de Beuren, Moura e Kloeppel (2013), que buscou analisar, utilizando DEA, as práticas de governança eletrônica dos estados brasileiros e sua correlação com a eficiência na utilização das receitas, destacou-se a importância da transparência dos atos da administração pública, tanto por imposição legal quanto por exigência da sociedade. Isto corrobora os dados serem extraídos de fontes públicas. No referido estudo, assim como neste, os dados foram retirados de *websites* oficiais.

Cabe destacar que, quanto aos relatórios de gestão, observou-se que não existe uma padronização para divulgação dos mesmos, visto que cada instituição adotou um padrão para divulgação de seus dados. Além disso, alguns relatórios são mais completos do que outros. Os relatórios das instituições divulgados foram apresentados ao Tribunal de Contas de União e constituem uma das formas de transparência que as instituições públicas devem cumprir.

O período de análise ocorreu com dados levantados entre o 2008 e 2012, antes da crise econômica que afetou o estado. Onde seus reflexos estão associando a recessão econômica no país, o excesso de despesas relacionadas aos megaeventos que a capital do estado recebeu e pelos desvios de recursos por governantes. Mas além dos impactos da recessão nacional, que fez o PIB encolher 7,2% em 2015 e 2016, o estado do Rio de Janeiro sofreu com a desvalorização do preço do petróleo no mercado internacional. O barril valia mais de 100 dólares até agosto de 2014. No último mês de junho de 2018, o valor era inferior a 48 dólares. Em decorrência disso, a receita dos royalties do recurso mineral, uma das principais fontes de arrecadação do estado, despencou de 12 bilhões de reais, em 2013, para 4 bilhões, em 2016 (MARTINS, 2017).

4 Análise dos Resultados

A partir dos dados coletados das instituições, destacaram-se os investimentos em C&T, o número de doutores, a publicação e a produção de patentes, de 2008 a 2012, conforme tabelas 1 a 4.

Tabela 1 - Dados da UFRJ e da UFF

Ano	Inst.	Total de Investimento (1) (2)	Número de Doutores (1)	Pub. (1)	Prod. Téc (1)	Inst.	Total de Investimento (2) (3)	Número de Doutores (3)	Pub. (3)	Prod. Téc (3)
2008		156.405.866,67	2622	3499	33		35.148.263,50	1.360	1.970	3
2009		185.227.940,73	2763	3930	21		53.417.333,51	1.667	2.556	19
2010	UFRJ	214.391.148,68	2853	3942	31	UFF	57.546.823,79	1.873	2.469	22
2011		210.069.675,45	3064	4279	20		69.823.073,17	1.937	2.791	19
2012		267.090.719,29	3134	3864	25		90.682.010,48	2.057	3.133	9
Total		1.033.185.350,82		19514	130		306.617.504,45		12.919	72

Fonte: ⁽¹⁾ UFRJ (2008, 2009, 2010, 2011, 2012). ⁽²⁾ Portal de acesso à info. (2013). ⁽³⁾ UFF (2008, 2009, 2010, 2011, 2012).

Tabela 2 - Dados da UFRRJ e da UNIRIO

Ano	Inst.	Total de Investimento (2)	Número de Doutores (1)	Pub. (1)	Prod. Téc (1)	Inst.	Total de Investimento (2) (3)	Número de Doutores (3)	Pub. (3)	Prod. Téc (3)
2008		15.565.507,71	428	288	1		4.318.311,42	253	465	0
2009		23.671.444,34	541	816	0		9.241.513,87	380	718	0
2010	UFRRJ	21.145.064,27	677	599	0	UNIRIO	6.399.852,88	394	524	0
2011		25.787.699,08	707	604	0		11.640.788,51	485	583	0
2012		33.470.306,06	756	495	0		17.370.232,67	530	771	0
Total		119.640.021,46	2307		1		48.970.699,35		3061	0

Fonte: ⁽¹⁾ UFRRJ (2008, 2009, 2010, 2011, 2012). ⁽²⁾ Portal de acesso à info. (2013). ⁽³⁾ UNIRIO (2008, 2009, 2010, 2011, 2012).

Tabela 3 - Dados da UERJ e da UENF

Ano	Inst.	Total de Investimento (2)	Número de Doutores (1)	Pub. (1)	Prod. Téc (1)	Inst.	Total de Investimento (2) (3)	Número de Doutores (3)	Pub. (3)	Prod. Téc (3)
2008		85.219.462,00	1297	3748	0		18.848.633,19	245	13	7
2009		90.557.410,03	1354	3696	7		26.605.796,72	253	15	5
2010	UERJ	103.734.280,69	1446	3733	13	UENF	29.137.893,09	273	9	1
2011		165.417.656,87	1469	4231	9		28.068.007,72	304	21	0
2012		135.275.350,28	1678	4532	7		26.235.146,11	301	9	0
Total		580.204.159,87	19940		36		128.895.476,83		67	13

Fonte: ⁽¹⁾ UERJ (2008, 2009, 2010, 2011, 2012). ⁽²⁾ Portal de acesso à info. (2013). ⁽³⁾ UENF (2008, 2009, 2010, 2011, 2012).

Tabela 4 - Dados do Cefet e do IFRJ

Ano	Inst.	Total de Investimento (2)	Número de Doutores (1)	Pub. (1)	Prod. Téc (1)	Inst.	Total de Investimento (2) (3)	Número de Doutores (3)	Pub. (3)	Prod. Téc (3)
2008		1.294.846,38	111	111	0		580.497,00	96	31	0
2009		2.457.139,06	125	129	0		1.092.810,50	115	74	0
2010	CEFET	3.822.447,05	134	152	0	IFRJ	1.536.754,74	136	100	0
2011		3.281.866,28	156	152	0		2.839.510,85	170	109	0
2012		5.901.943,51	151	173	0		2.695.364,61	212	51	0
Total		16.758.242,28	717		0		8.744.937,70		365	0

Fonte: ⁽¹⁾ Cefet (2008, 2009, 2010, 2011, 2012). ⁽²⁾ Portal de acesso à info. (2013). ⁽³⁾ IFRJ (2008, 2009, 2010, 2011, 2012).

Pode-se observar que houve aumento dos investimentos e do número de doutores nas instituições. Quanto ao número de patentes, no período analisado, instituições como Unirio, Cefet e IFRJ não produziram nenhuma patente e a UFRRJ gerou apenas uma patente.

Para preparar uma análise consistente dos dados e realização da DEA foi necessário testar a natureza dos dados atendendo às premissas estatísticas quanto à normalidade e homogeneidade das variâncias.

O primeiro passo foi realizar a análise comparativa, na qual se verificou a normalidade dos dados, por meio do teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) e, posteriormente, verificou-se a homogeneidade das variâncias a partir do teste de Levene. Esses testes são para verificar se as premissas para a utilização de uma análise de variância paramétrica (ANOVA) pode ser utilizada para comparar as instituições, ou se seria necessário utilizar a abordagem não paramétrica equivalente, o teste de *Kruskal-Wallis* (LEVINE, BERENSON, STEPHAN, 2010; BUSSAB, MORETIN; 2010).

O teste de KS apresentou normalidade em um nível de 5% de significância para as variáveis, investimento em C&T, publicação e doutores, nas oito instituições pesquisadas. Para variável patente o teste KS não indicou normalidade para o Cefet, IFRJ e UNIRIO. Quanto à homogeneidade das variâncias, o teste de Levene indicou inexistência desta premissa para todas as variáveis de todas as unidades, conforme tabela 5.

Tabela 5 - Teste de Homogeneidade das Variâncias

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Total de Investimento	5,376	7	32	0,000
Publicação	4,280	7	32	0,002
Patente	10,430	7	32	0,000
Doutores	4,603	7	32	0,001

Para realização de testes paramétricos recomenda-se que todas as premissas estatísticas sejam satisfeitas. Como uma destas premissas não foi atendida, decidiu-se pela abordagem não paramétrica realizada pelo teste de *Kruskal-Wallis*. A tabela 6 apresenta os resultados do teste de *Kruskal-Wallis*. Nela, pode-se observar por meio da significância do teste que a hipótese nula pode ser rejeitada, ou seja, existem diferenças entre a distribuição entre as variáveis das instituições pesquisadas.

Tabela 6 – Teste de Kruskal Wallis

	Total de Investimento	Publicação	Patente	Doutores
Qui-quadrado	37,332	37,509	32,464	37,346
Graus de Liberdade (a)	7	7	7	7
Significância Assintótica	0,000	0,000	0,000	0,000

a. Variável de agrupamento: Instituições (DMU), nível de significância de 5%

Com estes resultados, houve indícios da diferença de escalas de investimentos com a produção dos indicadores de C&T das instituições, orientação importante para escolha do modelo DEA a ser aplicado. Neste caso, recomenda-se o modelo BCC, que pressupõe retornos variáveis de escala, confirmando a observação preliminar dos dados.

Para corroborar a escolha deste modelo, têm-se o estudo de Belloni (2000), que avaliou a eficiência de 33 universidades federais brasileiras por meio da DEA. O autor constatou que o modelo de retornos constantes não se aplica ao caso das universidades públicas e realizou sua análise segundo o modelo DEA-BCC.

Optou-se pela orientação a *output* visto que a mesma maximiza as saídas mantendo inalteradas as entradas. Matematicamente, a convexidade da fronteira para orientação a *output* no modelo BCC pode ser representada pela equação 1.

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

Onde h_o é a eficiência da DMU 0, k é o índice relativo a DMU, y_{jk} é o número de *outputs* j para a DMU k , x_{ik} é a quantidade de *inputs* i para cada k , y_{jo} é a quantidade de *outputs* j observada para a DMU 0, n representa a quantidade de DMUs e $\lambda \in \mathbb{R}^n$.

Os duais do Problema de Programação Linear geram os modelos BCC dos Multiplicadores. O modelo orientado a *output* pode ser observado na equação 2. As variáveis x_i e y_j referem-se aos *inputs* e *outputs* de cada DMU, e as variáveis v_i e u_j referem-se aos pesos atribuídos a cada uma dessas variáveis; r a quantidade total de *inputs*, s a quantidade total de *outputs*, A variável v^* no modelo é a variável que denota a escala de operação de cada DMU.

$$\begin{aligned} &\text{Min } Eff_o = \sum_{i=1}^r v_i x_{io} + v_* \\ &\text{sujeito a} \\ &\sum_{j=1}^s u_j y_{jo} = 1 \\ &-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - v_* \leq 0, \forall k \\ &v_i, u_j \geq 0, u_* \in \mathbb{R} \end{aligned} \quad (2)$$

Os pesos são escolhidos de modo a maximizar a eficiência de cada DMU. Segundo Soares de Mello et al (2005) os modelos DEA clássicos permitem total liberdade em relação à seleção dos pesos que darão o máximo valor de eficiência a uma dada DMU. Essa liberdade é importante na identificação das unidades ineficientes, ou seja, aquelas que apresentam baixo desempenho, inclusive com seu próprio conjunto de multiplicadores.

A partir dos dados das tabelas 1 a 4, realizou-se a DEA para observar a eficiência das instituições por ano. Visando fazer uma análise temporal, como no estudo de Cortez et al (2013), as DMUs consideradas foram compostas pelas instituições agregadas ao ano. Existem oito instituições e cada uma foi avaliada levando-se em consideração o respectivo desempenho durante o período de 2008 a 2012. Sendo assim, foram analisadas 40 DMUs. Para isso, foi utilizado o *software* SIAD (Sistema Integrado de Apoio à Decisão). Os dados obtidos por meio da DEA podem ser visualizados na tabela 7.

Tabela 7 - Resultados BCC

DMU	Eficiência	V*	DMU	Eficiência	V*
UFRJ 2008	100	1,163475	UFRJ 2009	94,5	0,8256928
UFRJ 2010	100	0,11212422	UNIRIO 2010	91,6	0,46390257
UFRJ 2011	100	0,91077617	UFF 2012	87,5	0,64111307
UFRJ 2012	100	0,5367264	CEFET 2010	84	-1,5373732
UFF 2008	100	0,37387023	CEFET 2009	83,9	-1,8114785
UFF 2009	100	0,02731907	IFRJ 2009	82,2	-0,68176936
UFF 2010	100	0,70894507	CEFET 2012	74,4	-1,3507557
UNIRIO 2008	100	0	UNIRIO 2012	72,8	0,33905385
UNIRIO 2009	100	0,17319964	IFRJ 2010	70,4	-0,50450965
UERJ 2008	100	0,33884081	UNIRIO 2011	69,9	0,46549528
UERJ 2009	100	0	CEFET 2011	64,6	-1,0087326
UERJ 2010	100	0,63806596	UFRRJ 2009	63,6	0,15239873
UERJ 2011	100	1,221286	UFRRJ 2010	48,2	0,43641155
UERJ 2012	100	0,18332342	UFRRJ 2011	42,5	0,43279887
UENF 2008	100	0	IFRJ 2011	41,7	-1,4066729
UENF 2009	100	0,69882138	UFRRJ 2008	36,3	-0,37305624
UENF 2010	100	-32,983255	UFRRJ 2012	28,9	0,52810206
CEFET 2008	100	-5,4623876	IFRJ 2012	18,4	-0,71375586
IFRJ 2008	100	-1,6274438	UENF 2011	4,3	-48,548414
UFF 2011	98,8	0,69664343	UENF 2012	1,5	-113,27963

Fonte: Elaborado pelos autores adaptado do *software* SIAD

Observando-se a tabela 7, pode-se destacar que, das 40 DMUs, 19 operam na escala ótima, ou seja, 47,5%, e 7 operam com eficiência entre 80% e 99%, ou seja, 17,5%, totalizando 65% das instituições operando com elevada eficiência. As DMUs que operam abaixo de 60% de eficiência contabilizaram-se 8, ou seja, 20% estiveram com pouca eficiência relativa e destas a UFRRJ, o IFRJ e a UENF são as recorrentes. A UERJ foi a instituição que operou sempre na escala ótima. Em seguida, encontra-se a UFRJ operando na escala ótima nos anos de 2008, 2010, 2011 e 2012. Apenas em 2009 a UFRJ não obteve 100% de eficiência, sendo que esta foi de 94,5%.

A UFF operou na escala ótima entre 2008 e 2010. Já em 2011 a eficiência foi de 98,8% e em 2012 de 87,5%, havendo um decréscimo da mesma. A eficiência do IFRJ também foi decrescente, passando de 100% em 2008 a 18,4% em 2012.

Com relação à UNIRIO, houve um decaimento da eficiência obtida em 2008 e 2009, períodos cuja eficiência foi de 100%, para 69,9% em 2011 e um aumento em 2012 para 72,8%. Em situação semelhante encontra-se o Cefet, cuja eficiência foi decaindo de 2008, com 100%, até 2011, com 64,6% e teve uma melhora em 2012. A UENF operou na escala ótima entre 2008 e 2010. Entretanto, houve um declínio expressivo nos anos de 2011 e 2012,

sendo que, de todas as DMUs, a UENF foi a instituição que apresentou as eficiências mais baixas. A UFRRJ foi a instituição que operou com baixa eficiência durante todo período, com valores entre 28,9% e 63,6%, com média de 44%.

Voltando-se para as variáveis v^* , estas representam os fatores de escala. Quando esta é igual a zero, a DMU opera na escala ótima, com retornos constantes de escala. Quando é maior do que zero, a DMU opera acima da escala ótima, com retornos decrescentes de escala. Já quando este é menor do que zero, a DMU opera abaixo da escala ótima, com retornos crescentes de escala (ROSS, DROGE; 2004; SOARES DE MELLO et al.; 2005). Pode-se observar, na tabela 8, a evolução do fator de escala ao longo do período de 2008 a 2012.

Tabela 8 – Evolução da eficiência relativa operacional no tempo

	2008	2009	2010	2011	2012
UFRJ	1,163475	0,8256928	0,11212422	0,91077617	0,5367264
UFF	0,37387023	0,02731907	0,70894507	0,69664343	0,64111307
UFRRJ	-0,37305624	0,15239873	0,43641155	0,43279887	0,52810206
UNIRIO	0	0,17319964	0,46390257	0,46549528	0,33905385
UERJ	0,33884081	0	0,63806596	1,221286	0,18332342
UENF	0	0,69882138	-32,983255	-48,548414	-113,27963
Cefet	-5,4623876	-1,8114785	-1,5373732	-1,0087326	-1,3507557
IFRJ	-1,6274438	-0,68176936	-0,50450965	-1,4066729	-0,71375586

Fonte: Elaborado pelos autores adaptado do *software* SIAD

Destaca-se que a UENF operou com retorno constante de escala em 2008, retorno decrescente em 2009 e retorno crescente de 2010 a 2012. Nenhuma DMU operou na escala ótima, com retornos constantes, em todos os anos. A UNIRIO operou na escala ótima em 2008, com retorno constante e, em seguida, com retornos decrescentes. A UFRJ e a UFF operaram em escala decrescente. Já o Cefet e o IFRJ operaram em escala crescente. A UFRRJ, no ano de 2008, operou em escala crescente e, nos demais anos, decrescente. Com os resultados do *software* SIAD, pode-se analisar os alvos para que as instituições atinjam a escala ótima. Estes alvos podem ser observados na tabela 9.

Tabela 9 – Alvos sugeridos pela DEA

DMU	Eficiência relativa	Output Artigos Atual	Output Artigos Alvo	Output Patentes Atual	Output Patentes Alvo
UFF 2011	98,8	2791	2824	19	19
UFRJ 2009	94,5	3930	4157	21	22
UNIRIO 2010	91,6	524	572	0	0
UFF 2012	87,5	3133	3581	9	11
CEFET 2010	84,0	152	181	0	1
CEFET 2009	83,9	129	154	0	1
IFRJ 2009	82,2	74	90	0	0
CEFET 2012	74,4	173	173	0	1

UNIRIO 2012	72,8	771	1059	0	1
IFRJ 2010	70,4	100	142	0	0
UNIRIO 2011	69,9	583	583	0	1
CEFET 2011	64,6	152	235	0	0
UFRRJ 2009	63,6	816	1282	0	0
UFRRJ 2010	48,2	599	1243	0	1
UFRRJ 2011	42,5	604	1420	0	1
IFRJ 2011	41,7	109	261	0	0
UFRRJ 2008	36,3	288	793	1	3
UFRRJ 2012	28,9	495	1712	0	1
IFRJ 2012	18,4	51	277	0	0
UENF 2011	4,3	21	493	0	3
UENF 2012	1,5	9	9	0	2

Fonte: Elaborado pelos autores

Percebe-se que para que as instituições atinjam a escala ótima é necessário ampliar o número de artigos publicados e patentes, sendo que, em algumas DMUs, como a UFRRJ 2010, a UFRRJ 2011, a UFRRJ 2012, a UENF 2011, a diferença para que estas alcancem a eficiência ótima é significativa. A DMU UFRRJ 2010, por exemplo, obteve com 599 artigos publicados e nenhuma patente uma eficiência de 48,2%. Para que esta DMU atinja a escala ótima, seria necessário publicar 1243 artigos e 1 patente.

Após a análise temporal, realizou-se a avaliação considerando as DMUs de forma consolidada, ou seja, considerando os dados agrupados no período dos 5 anos. Os investimentos foram somados para os 5 anos, bem como a publicação e a produção técnica. Quanto ao número de doutores, realizou-se uma média para o período. Esses dados podem ser observados na tabela 10, a partir da qual foi realizada novamente a DEA, modelo BCC e orientação a *output*.

Tabela 10 - Dados consolidados no período de 2008 a 2012

		Investimento	Doutores	Artigos	Patentes
DMU		Input1	Input2	Output1	Output2
UFRJ	DMU1	1.033.185.350,82	2.887	19.514	130
UFF	DMU2	306.617.504,45	1.779	12.919	72
UFRRJ	DMU3	119.640.021,46	622	2.307	1
UNIRIO	DMU4	48.970.699,35	408	3.061	0
UERJ	DMU5	580.204.159,87	1.449	19.940	36
UENF	DMU6	128.895.476,83	275	67	13
Cefet	DMU7	16.758.242,28	135	717	0
IFRJ	DMU8	8.744.937,70	146	365	0

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos relatórios de gestão

Pode-se observar que há diferenças entre as instituições. Enquanto a UFRJ recebe o investimento mais alto, se comparada a UERJ, a publicação desta é maior do que daquela. Comparando-se a UFRRJ com a Unirio, percebe-se que, apesar da UFRRJ receber um investimento maior, possui um número de publicações menor.

A partir dos dados da tabela 10, os resultados obtidos por meio da DEA são apontados na tabela 11. Nota-se que a UFRJ, a UFF, a Unirio, a UERJ, a UENF, o Cefet e o IFRJ possuem eficiência de 100%. A única instituição cuja eficiência foi menor foi a UFRRJ, de 42,32%.

Tabela 11 - Dados obtidos por meio da DEA

DMU	Instituição	Eficiência relativa (%)
DMU1	UFRJ	100
DMU2	UFF	100
DMU3	UFRRJ	42,32
DMU4	UNIRIO	100
DMU5	UERJ	100
DMU6	UENF	100
DMU7	Cefet	100
DMU8	IFRJ	100

Fonte: Elaborado pelos autores

Embora os modelos DEA tenham a vantagem de possibilitar ordenações sem depender de opiniões de decisores, são benevolentes com as unidades avaliadas. Estas podem ser eficientes ao considerar apenas algumas das variáveis, aquelas que lhes são mais favoráveis. Essa característica de benevolência dos modelos DEA faz com que ocorram empates para as unidades 100% eficientes, provocando baixa discriminação entre as DMUs.

A tabela 11 apresenta sete resultados 100% eficientes, o que resulta no baixo poder discriminatório do modelo DEA adotado inicialmente. A causa principal para este resultado é a flexibilidade na escolha dos pesos em busca do melhor *score* de eficiência para cada DMU, como destaca Lins e Ângulo Meza (2000), tornando-se necessário a aplicação de alguma técnica capaz de sanar o problema.

Para lidar com esta dificuldade, aplicou-se a matriz cruzada, que permitiu melhor convergência para o valor de eficiência e é utilizada como forma de aumentar o poder de discriminação do DEA e elaboração do *ranking* de eficiência (WANG, CHIN; 2010).

O conceito de matriz cruzada foi proposto pela primeira vez por Sexton, Silkman e Hogan (1986), e foi posteriormente analisado por Doyle e Green (1994). A avaliação cruzada é uma ferramenta utilizada para maximizar a discriminação entre as DMUs. Na avaliação cruzada, as DMUs têm uma avaliação própria, representada pela DEA clássica, e também são avaliadas pelas outras DMUs utilizando os pesos ótimos dados pelo modelo. Sendo assim, cada DMU determina os pesos para o cálculo de seu índice de eficiência e utiliza esses pesos para determinar o índice de eficiência das outras DMUs (LETA ET AL; 2005).

Destaca-se que enquanto em DEA clássico cada DMU é avaliada segundo seu próprio ponto de vista, na avaliação cruzada ela também é avaliada segundo os pontos de vista das outras DMUs. Chama-se eficiência cruzada a média dos pontos de vista de todas as DMUs (CORTEZ ET AL; 2013). Na avaliação pela matriz cruzada, cada DMU determina um

conjunto de pesos que são ou agressivo ou benevolente com os outros, levando a n conjuntos de pesos disponíveis para n DMUs.

Observa-se os resultados obtidos por meio da matriz cruzada a partir dos dados da tabela 10 na tabela 12. A coluna *Score* representa a eficiência alcançada com a DEA convencional, conforme tabela 11. Os valores da linha Agressivo foram encontrados ao realizar-se a média das eficiências da coluna na qual o valor da eficiência agressiva foi calculado.

Tabela 12 - Dados obtidos por meio da Matriz cruzada

	Score	UFRJ	UFF	UFRRJ	UNIRIO	UERJ	UENF	CEFET	IFRJ
Agressivo		61,9	89,04	28,46	68,57	79,55	25,86	43,11	35,45
UFRJ	100	100	89,61	3,51	0,01	54,9	100	0,01	0,01
UFF	100	61,82	100	28,41	48,53	100	0,8	13,08	6,92
UFRRJ	42,32	55,13	100	42,32	100	100	1,33	43,93	25,56
UNIRIO	100	55,13	100	42,32	100	100	1,33	43,93	25,56
UERJ	100	55,13	100	42,32	100	100	1,33	43,93	25,56
UENF	100	100	89,61	3,51	0,01	54,9	100	0,01	0,01
Cefet	100	34,01	66,56	32,65	100	63,3	1,03	100	100
IFRJ	100	34,01	66,56	32,65	100	63,3	1,03	100	100

Fonte: Elaborado pelos autores

Segundo Doyle e Green (1994) um fator que diminui a utilidade da DEA é o fato de que os pesos que aumentam a eficiência das DMUs podem não ser os mesmos. Devido a isto, os autores sugerem a introdução de um objetivo secundário, podendo-se optar pela formulação agressiva ou benevolente. Optou-se pela análise por meio da formulação agressiva para matriz cruzada, visto que esta tem por objetivo minimizar as eficiências das outras DMU, ao passo que a formulação benevolente busca maximizar a eficiência cruzada das DMUs (Wang e Chin, 2010), conforme equação 3.

$$\min \sum_{r=1}^s \left(u_{rk} \sum_{j \neq k} y_{rj} \right)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m \left(v_{ik} \sum_{j \neq k} x_{ij} \right) = 1 \quad (3)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} - h_{kj} \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} = 0$$

$$h_{kj} \leq 1 \text{ para toda DMU } k \neq s$$

$$v_{ik}, u_{rk} \geq 0$$

Com base nos dados da tabela 12, realizou-se o *ranking* das unidades, visualizado na tabela 13. A UFF foi a instituição com maior eficiência, 89,04%; seguida pela UERJ, com 79,55%; pela Unirio, com 68,57%; pela UFRJ, com 61,9%; pelo Cefet, com 43,11%, pelo IFRJ, com 35,45%; pela UFRRJ, com 28,46 e, por último, encontra-se a UENF, com eficiência de 25,86%.

Tabela 13 – *Ranking* originado da eficiência agressiva obtido da Matriz cruzada

BCC (Agressivo)	
UFF	89,04
UERJ	79,55
UNIRIO	68,57
UFRJ	61,9
Cefet	43,11
IFRJ	35,45
UFRRJ	28,46
UENF	25,86

Fonte: Elaborado pelos autores

5 Considerações Finais

Devido à importância da C&T para o desenvolvimento, os dispêndios dos países e instituições para o tema têm aumentado. Neste sentido, o Brasil tem buscado aumentar cada vez mais seus investimentos em C&T. Entretanto, é necessário acompanhar e analisar os resultados destas ações e do desenvolvimento de políticas de incentivo a C&T.

O crescente volume de investimentos em C&T levou à necessidade da criação de estatísticas para mensurar o desempenho das instituições. Para medir a eficiência, alguns indicadores podem ser utilizados, como os destacados pelos manuais da OCDE, os quais são investimento em P&D, qualificação, publicação de artigos e patentes.

Na análise temporal, 47,5% das instituições operaram na escala ótima e 20% operaram abaixo de 60% de eficiência. A partir dessa análise, puderam-se traçar os alvos para as unidades não eficientes. Desta forma, para os alvos de progresso de algumas instituições destaca-se que este padrão de melhoria de desempenho não é fácil de ser alcançado no curto prazo, demandando esforços de gestão. Com relação à distância da eficiência das instituições da escala ótima de produção, cabe destacar que os maiores valores estão relacionados à UENF.

Ao analisar os dados no período, tendo as variáveis sido agrupadas, no primeiro momento não houve grande discriminação, e a única unidade ineficiente foi a UFRRJ. Como o modelo BCC apresentou pouca discriminação, procedeu-se a avaliação cruzada, com a qual foi possível perceber que a UFF foi a instituição mais eficiente, seguida pela UERJ e pela Unirio.

Ferramentas para análise de eficiência podem auxiliar as instituições a avaliar seus processos, a utilização de seus *inputs* e *outputs* e traçar melhorias, além de trazer subsídios para a alocação dos recursos públicos e para a avaliação de políticas e programas governamentais, o que possui importância para o planejamento e gestão. Esta avaliação pode auxiliar o planejamento e a formulação das intervenções governamentais, o acompanhamento de sua implementação e necessidade de ajustes, assim como a tomada de decisão. A análise de eficiência pode ser um instrumento utilizado para a melhoria da aplicação do dispêndio público, da qualidade da gestão, apreciação dos resultados obtidos como consequência das ações e decisões, o cumprimento das metas estabelecidas e seus impactos para a sociedade.

O resultado deste estudo revelou que nem sempre a instituição que recebe mais recursos e possui maior quadro de doutores é a mais eficiente. No estudo de Faria, Jannuzzi e Silva (2008), o qual buscou verificar, por meio da DEA, se os recursos orçamentários em municípios brasileiros estão sendo bem utilizados, refletindo nos seus indicadores sociais, em especial os de saúde e educação, também se concluiu que eficiência não está relacionada à disponibilidade maior ou menor de recursos.

Apesar de todo esforço para realizar o estudo, é importante destacar que o trabalho apresenta limitações, as quais merecem reflexão. O estudo restringiu-se à produção relacionada apenas à publicação e patentes. Cabe destacar o fato de que a qualidade dos produtos de C&T não foi levada em consideração na análise realizada. A temporalidade dos dados também merece considerações tendo em vista que os dados foram coletados a partir do período de cinco anos anteriores à realização da pesquisa. Uma questão que merece destaque é o fato de que os efeitos dos *inputs* considerados podem ocorrer no prazo posterior ao período analisado.

A reflexão quanto às limitações do estudo foi capaz de produzir proposições para continuação da pesquisa. Dentre as sugestões, destacam-se:

- Para avaliação da eficiência propõem-se a utilização de outros modelos DEA com abordagens mais avançadas, como restrição de pesos por meio de consulta aos especialistas;
- Verificar os fatores, como iniciativas, projetos, políticas internas, que influenciam a eficiência das instituições e a produção dos outputs, sugerindo um estudo qualitativo;
- Um complemento à proposta anterior visando analisar os projetos capazes de promover a melhoria dos resultados obtidos pelas unidades analisadas.

Quanto às contribuições, o estudo apresenta algumas que devem ser mencionadas, as quais podem ser divididas nas dimensões acadêmica, governamental e das instituições:

- Para a academia, ao atingir os objetivos traçados, incorreu-se no aprofundamento das relações entre investimento, qualificação e produção técnico-científica, propiciando subsídios para área de Gestão. O estudo possibilita também uma agenda de pesquisa para continuação das investigações realizadas. Além disso, permitiu a aplicação da DEA, indicando uma técnica para análise de eficiência que pode ser utilizada não apenas para análise em C&T e instituições de pesquisa, mas em qualquer outro campo ou organização que deseje analisar a eficiência.
- Para o governo, como forma de auxiliar a elaboração e o desenvolvimento de políticas e programas, avaliar a distribuição de recursos e incentivar melhorias nas instituições, contribuindo para um melhor direcionamento de esforços e investimentos.
- Para as instituições, que podem usufruir dos resultados e implementar melhorias na C&T, permitindo-as analisarem o seu processo de desenvolvimento de C&T e resultados.

Para avanços no estudo o período entre 2013 a 2017 está sendo levantado para análise das instituições durante o período de crise econômica. Neste sentido poderá ser obtido um quadro possível de comparação indicando similaridades ou diferenças na gestão de CT&I das instituições públicas de pesquisa no Estado do Rio de Janeiro e assim a partir de uma análise longitudinal e de ciclos diferentes políticas na área possam ser evidenciadas para uma agenda propositiva na melhoria das condições de promoção de CT&I.

Por fim, destaca-se que este estudo cumpriu seu objetivo, pois foi realizada uma análise da eficiência entre investimentos e a produção gerada no campo da ciência e tecnologia nas instituições públicas de pesquisa. Espera-se que os resultados encontrados possam auxiliar a academia, as instituições aqui analisadas e o próprio governo, no desenvolvimento de políticas e na alocação eficiente dos recursos.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. M. Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e a tecnologia. *Revista de Economia Política*, v. 16, n. 3, p. 56 – 72, 1996.
- ASHEIM, B. T.; ISAKSEN, A. Regional innovation systems: the integration of local ‘sticky’ and global ‘ubiquitous’ knowledge. *The Journal of Technology Transfer*, v.27, p.77-86, 2002.
- ARUNDEL, A. *Innovation survey indicators: Any progress since 1996?*. In: Leaders level Workshop (L20 Workshop), 2006, Holanda. Anais... Holanda: Maastricht, 2006.
- BELLONI, J. A. Uma Metodologia de Avaliação da Eficiência Produtiva de Universidades Federais Brasileiras. 2000. *Tese* (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2000.
- BEUREN, I. M.; MOURA, G. D.; KLOEPPEL, N. R. Práticas de governança eletrônica e eficiência na utilização das receitas: uma análise nos estados brasileiros. *Revista de Administração Pública*, v. 47, n. 2, p. 421-441, 2013.
- BRASIL. Planalto. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm >. Acesso em 18/10/2015.
- BRITTO, G.; SANTOS, U. P.; KRUSS, G.; ALBUQUERQUE, E. Global innovation networks and university-firm interactions: an exploratory survey analysis. *Revista Brasileira de Inovação*, Campinas, v. 14, n. 1, p. 163-192, 2015.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. *Estatística Básica*. São Paulo: Saraiva, 2010.
- CEFET. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. *Relatório de gestão*. Disponível em: < <http://dirap.cefet-rj.br/index.php/RG> >. Acesso em: 10/08/2013.
- CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, p. 429-444, 1978.
- CNPq. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. *Relatório de Gestão 2010*. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/45688/relatorio_gestao_2010.pdf>. Acesso em 27/12/2012.
- CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. *Geocapes*. Disponível em: <<http://geocapes.capes.gov.br/geocapesds/>>. Acesso em: 11/11/2013.
- COOKE, P.; LAURENTIS, C.; TÖDTLING, F.; TRIPPL, M. *Regional Knowledge economies: markets, clusters and innovation*. USA: Edward Elgar Publishing, 2007.

CORTEZ, L. C.; OLIVEIRA, L. R.; MARTINS, E.; JESUS, I. R. D.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Análise de eficiência na gestão de portos públicos brasileiros em relação ao papel das autoridades portuárias. *Journal of Transport Literature*, v.7, n. 2, p. 78 – 96, 2013.

DANTAS, J. Gestão da Inovação. *Vida Económica*, p. 19-43, 2001.

DEBREU, G. The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, v. 19, n. 3, p. 273 - 292, 1951.

DOYLE, J.; GREEN, R. Efficiency and cross-efficiency in DEA: derivations, meanings and uses. *The Journal of the operational Research Society*, v. 45, n. 5, p. 567-578, 1994.

FARIA, F. P.; JANNUZZI, P.; SILVA, S. J. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro. *Revista de Administração Pública*, v. 42, nº 1, p. 155-177, 2008.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Society*, v. 120, n. 3, p. 253 -290, 1957.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. *Introdução à Análise Envoltória de Dados*. Viçosa: Editora UFV, 2004.

FIGUEIREDO, P. Aprendizagem tecnológica e inovação industrial em economias emergentes: uma breve contribuição para o desenho e implementação de estudos empíricos e estratégias no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação*, Campinas, v. 3, nº 2, p. 323 - 361, 2004.

FREEMAN, C. *Tecchnology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Frances Pinter, 1987.

KOOPMANS, T. C. *Analysis of Production as an Efficient Combination of Actives*. Cowles Commission for Research in Economics: The University of Chicago, 1951.

LAPA, J. D.; NEIVA, C. Avaliação em educação: comentários sobre desempenho e qualidade. *Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação*, v. 4, n. 12, p. 213– 236, 1996.

LETA, F. R.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; ANGULO-MEZA, L. Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos. *Investigação Operacional*, v. 25, n. 2, p. 229-242, 2005.

LEVINE, D. M.; BERENSON, M.; STEPHAN, D. *Estatística: teoria e aplicações: usando o Microsoft Excel em português*. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

LINS, M. P. E.; ANGULO MEZA, L. *Análise Envoltória de Dados: e perspectivas de integração no ambiente de apoio a decisão*. Rio de Janeiro: Editora COPPE/ UFRJ, 2000.

LUNDAVLL, B. Innovation as an interactive process; from user-producter interaction to the national systems of innovation. In: DOSI, G. et al. *Technical Change and Economy Theory*. London: Pinter Publishers, p. 349-369, 1988.

LUNDVALL, B. *National innovation systems: towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter, 1992.

MARINS, L. M.; ZAWISLAK, P. A. O Desempenho Inovativo de Sete Firms Brasileiras à Luz de um Conjunto de Novos Indicadores de Inovação. *Anais do Encontro Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*, Rio de Janeiro, 34, 2010.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil. *Rede de indicadores estaduais de C&T*. Brasília: MCTI, 2011.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil. Brasil: *Dispêndios dos governos estaduais em ciência e tecnologia por região e unidade da federação, 2000-2011*. Disponível em: <http://www.mcti.gov.br/index.php/content/view/8842/Brasil_Dispendios_dos_governos_estaduais_em_ciencia_e_tecnologia_C_T_sup_1_sup_por_regiao_e_unidade_da_federacao.html>. Acesso em: 10/11/2013.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil *Brasil: Pedidos de patentes depositados no Instituto Nacional da Propriedade Industrial*. Disponível em: <http://www.mcti.gov.br/index.php/content/view/350937/Brasil_Pedidos_de_patentes_depositados_sup_1_sup_no_Instituto_Nacional_da_Propriedade_Industrial_INPI_por_residentes_segundo_tipos_por_unidade_da_federacao.html>. Acesso em: 13/11/2013.

NELSON, R. National innovation systems: a retrospective on a study. *Industrial and Corporate Change*, v. 1, n. 2, p. 347-374, 1992.

OECD. Organisation for Economic Co-Operation and Development. *Using Patent Data as Science and Technology Indicators*. Paris: OCDE/GD, 1994.

OECD. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Manual de Frascati: Proposta de Práticas Exemplares para Inquéritos sobre Investigação e Desenvolvimento Experimental*. Paris: OCDE, 2002.

OECD. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Manual de Oslo. Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica*. 3ª edição (em português). Brasil: FINEP, 2005.

POWELL, W.; KOPUT, K.; SMITH-DOERR, L. Interorganizational collaboration and the locus of innovation: networks of learning in biotechnology. *Administrative Science Quarterly* 41, p. 116-145, 1996.

QUERIDO, A. L. S.; LAGE, C. L. S.; VASCONCELLOS, A. G. What is the Destiny of Patents of Brazilian Universities? *Journal of Technology Management & Innovation*, v. 6, p.46-57, 2011.

RAMOS, M. P.; SCHABBACH, L. M. O estado da arte da avaliação de políticas públicas: conceituação e exemplos de avaliação no Brasil. *Revista de Administração Pública*, v. 46, n. 5, p.1271-294, 2012.

REDE IBEROAMERICANA DE INDICADORES DE CIENCIA E TECNOLOGÍA.

Manual de bogotá. *Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe*. Bogotá: RICYT, 2001.

RICYT. Rede Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología. *Manual de indicadores de internacionalización De la ciencia y la Tecnología*. Buenos Aires: RICYT, 2007.

ROCHA, E. M. P.; FERREIRA, M. A. T. Indicadores de ciência, tecnologia e inovação. *Ciência e Informação*, v.33, n.3, p. 61 - 68, 2004.

ROMEIRO, M. C.; PREARO, L. C.; SILVEIRA, M. A. P.; NETO, J. P. R. Pesquisa sobre Inovação Tecnológica: o possível viés da informação em levantamento. *Revista Brasileira de Inovação*, Campinas, v.13, n. 1, p. 133-162, 2014.

ROSS, A. D.; DROGE, C. An analysis of operations efficiency in large-scale distribution systems. *Journal of Operations Management*, v. 21, n. 6, p. 673-688, 2004.

RUAS, E. Criação de indicadores estratégicos para o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo. *Revista de administração de empresas-eletrônica*, v.2, n. 1, p.1-18, 2003.

SEXTON, T. R.; SILKMAN, R. H.; HOGAN, A. J. Data Envelopment Analysis: Critique and Extensions. in Silkman RH (eds.) *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis Jossey-Bass*, p. 73-105, 1986.

SILVA, S. M. A. Um estudo sobre o desempenho da ciência, tecnologia e inovação no Brasil, observando os indicadores da OCDE. In: IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2008, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Niterói, 2008.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; ÂNGULO-MEZA, L.; GOMES, E.G.; SERAPIÃO, B. P.; LINS, M. P. Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. *Pesquisa Operacional*, v.23 n. 2, p. 325 - 346, 2003.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; ÂNGULO-MEZA, L.; GOMES, E G.; BIONDI NETO, L. *Curso de Análise Envoltória de Dados*. In: XXXVII Simpósio Nacional de Pesquisa Operacional, 2005, Gramado. *Anais...* Gramado: SBPO, 2005. p. 1-12.

UFF. Universidade Federal Fluminense. *Relatórios de gestão*. Disponível em: <<http://www.uff.br/?q=relatorios-de-gestao>>. Acesso em: 25/07/2013.

UFRRJ. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Relatório de gestão. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/portal/modulo/home/relatorio.php>>. Acesso em: 04/08/2013.

WANG, Y.; CHIN, K. Some alternative models for DEA cross-efficiency evaluation. *Int. J. Production Economics* 128, p. 332-338, 2010.

ZAWISLAK, P. A. *Texto Didático nº2. A Relação entre conhecimento e desenvolvimento*. Porto Alegre: NITEC/PPGA/UFRGS, 1994.