



ENEI

Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação

FACE-UFMG

Inovação, Sustentabilidade e Pandemia

10 a 14 de maio de 2021

Financiamento à Pesquisa em Energia Renovável no Brasil: Uma Análise de Impacto do Fundo Setorial de Energia sobre a Produtividade Científica

Lindomayara França Ferreira (Universidade Federal de Juiz de Fora)

Resumo:

O presente artigo teve como objetivo analisar a contribuição do Fundo Setorial de Energia do FNDCT no tocante a sua capacidade de fomento à pesquisa científica em energias renováveis no Brasil, a partir de uma análise econométrica, entre o período de 2011-2015. A base de dados utilizada nas estimativas foi construída a partir da combinação de dados da base do FNDCT/CNPq e o Currículo *Lattes* do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O levantamento consistiu na extração de informações e características dos pesquisadores doutores e doutorandos no período de acesso ao recurso. Os resultados obtidos demonstraram um impacto marginal positivo do Fundo Setorial de Energia de 2,27% sobre a produtividade científica dos pesquisadores da amostra. Assim, dentro desse arcabouço, foi possível justificar a importância do financiamento a pesquisa destinado às energias renováveis, de modo a criar um ambiente mais atrativo para outras modalidades de financiamento no Brasil.

Palavras-chave: Financiamento FNDCT; Energia Renovável; Pesquisa Científica.

Código JEL: Políticas públicas e regulação.

Área Temática: O39; C01; Q42.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os esforços em energia renovável (ER) têm sido cada vez mais viabilizados por diversos países. De acordo com dados do Relatório em Energia Renovável (REN21, 2019) tem sido crescente o investimento global em ERs, chegando a um total de US\$ 288,9 bilhões de dólares em 2018, sendo este, superior ao total de investimento em combustíveis fósseis e energia nuclear no mesmo ano. Ainda segundo o relatório, pelo sétimo ano consecutivo a China apresentou a maior participação no investimento mundial em ER, com um montante de US\$ 91,2 bilhões em 2018. O investimento nos Estados Unidos também apresentou uma participação significativa – aumentou em 1%, para US\$ 48,5 bilhões, o nível mais alto desde 2011 – sobretudo, na fonte de energia eólica, que atingiu US\$ 24,6 bilhões do total em 2018. Apesar de alguns países terem reduzido seu percentual de investimento em 2018 – como foi o caso do Chile, México, Brasil, Alemanha –, um total de 19 países apresentaram investimentos de mais de US\$ 2 bilhões de dólares cada um, incluindo, pela primeira vez, Ucrânia e Vietnã. No Brasil, esse montante de investimento caiu 47%, contabilizando em 2018 um montante de US\$ 3,3 bilhões (REN21, 2019, p. 149).

No Brasil, as fontes de energias renováveis (ERs) – hídrica, eólica, solar, geotérmica, biomassa, ondas e marés – têm se destacado com um alto potencial para expansão na matriz energética. Atualmente a matriz energética brasileira consiste em 62,72% de fonte hídrica, 16,81% fóssil, 8,96% eólica, 8,7% biomassa, 1,66% solar e 1,14% nuclear (ANEEL, 2020). Contudo, o setor tem sinalizado alguns desafios, dentre eles, a carência de um recurso financeiro direcionado a pesquisa em ERs e a falta de um Sistema de Inovação em Energias Renováveis – acarretando fragilidades no âmbito científico e tecnológico.

Nesta perspectiva, diante de um Sistema de Inovação em Energia Renovável ainda incipiente no Brasil, cabe questionar qual o impacto do financiamento do Fundo Setorial de Energia do FNDCT sobre a pesquisa científica em energia renovável?

Considerado como uma importante fonte de financiamento a pesquisa no Brasil, a relação esperada entre os recursos do FNDCT e a *proxy* de base científica (artigos de ERs publicados em periódicos), seria de um impacto positivo (KANNEBLEY JR.; CAROLO, NEGRI (2013); SANTOS (2015)). Contudo, as reduções e/ou oscilações do investimento em pesquisa científica e a falta de um Sistema de Inovação em Energia Renovável mais consistente, podem acarretar em duas discussões centrais: i) baixo impacto sobre o indicador de resultado científico (artigos publicados em periódicos) e, ii) centralização em instituições de pesquisa com maior grau de reconhecimento, apresentando um efeito sutil ou nulo do financiamento (*input*) sobre a redução da concentração da pesquisa científica (*output*). Sendo estes os fenômenos de investigação do presente trabalho.

É importante ressaltar que este trabalho assume o papel da ciência e da P&D como vetor para o aumento da produtividade e das mudanças tecnológicas. A relação entre ciência básica e inovação tecnológica é tida como um processo sistêmico e dinâmico (LUNDVALL, 2007; STOKES, 2005), em que apresentam uma estreita conexão com as atividades de P&D, sendo esta, definida no Manual de Frascati da OCDE (2013) como pesquisa básica, pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental. É indiscutível a importância da ciência e pesquisa básica para o crescimento econômico e o desenvolvimento tecnológico (NEGRI, 2018; STEPHAN, 2010; KANTZ, 1999; NELSON, 1956). E nesse sentido a literatura apresenta alguns determinantes na produtividade da ciência e pesquisa básica, dentre os quais, destaca-se o sistema de recompensa acadêmica.

Uma das principais fontes de financiamento à PD&I no setor energético, foi instituído pela Lei nº 9.991/2000 com a criação do Fundo Setorial de Energia (CT-Energ), representando uma reforma crucial do setor. Regulado pela ANEEL, a obrigatoriedade de investimentos por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas de energia elétrica consiste em um montante anual de no mínimo 0,75% da receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico, e no mínimo, 0,25% em programas de eficiência energética no uso final. Desse montante, 40% são direcionados para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT); (ii) 40% para projetos de P&D, conforme regulamentos estabelecidos pela ANEEL e (iii) 20% para o Ministério de Minas e Energia (MME) (BRASIL, 2000).

Cabe mencionar que os recursos direcionados ao FNDCT são operacionalizados no âmbito da Financiadora de Estudos e Projeto (FINEP) e do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), como uma modalidade de recurso não-reembolsável. Contudo, o presente trabalho tem como elemento central a discussão em torno do financiamento destinado ao CNPq para pesquisas no setor energético, sendo este categorizado como uma modalidade de alto grau de incerteza.

Assim, partindo da perspectiva de que a política dos Fundos Setoriais consiste no principal instrumento de incentivo a pesquisa no setor energético no Brasil e assumindo que as atividades de P&D possuem um papel imprescindível para a maturidade tecnológica e redução do custo de geração renovável

(SANTOS, 2015), neste artigo buscou-se analisar o impacto do financiamento do Fundo Setorial de Energia¹ sobre a produção científica em energias renováveis no Brasil. Para tal, além das análises descritivas dos dados, os procedimentos metodológicos adotados serão de caráter empírico, por meio de um modelo econométrico probabilístico em *cross-section*, entre o período de 2011-2015.

O estudo avança em relação aos demais trabalhos da literatura relacionada, sobretudo, por realizar uma análise empírica, apresentando resultados e procedimentos inéditos na temática. Além disso, os resultados apresentados potencializam a importância do financiamento público destinado a pesquisa, possibilitando conduzir uma discussão extremamente relevante para os formuladores de políticas públicas (*policy makers*).

Além desta introdução, o artigo está estruturado em cinco seções. A segunda seção apresentará a composição e contribuição dos Fundos Setoriais para o ambiente de pesquisa no Brasil, com ênfase no Fundo Setorial de Energia e nos principais trabalhos empíricos. A terceira seção irá discutir sobre os determinantes da produção científica, sobretudo, os determinantes de caráter individual e observáveis. Os procedimentos metodológicos, os critérios de seleção e as descrições da base de dados estarão presentes na quarta seção. A quinta seção será subdividida em uma análise descritiva dos dados, seguida respectivamente, da análise econométrica. Por fim, a última seção consiste nas considerações finais deste artigo.

2. FINANCIAMENTO À PESQUISA: CONTRIBUIÇÃO DOS FUNDOS SETORIAIS

Dada a instabilidade das fontes de financiamento a pesquisa ao longo dos anos, a década de 1990 foi marcada com a criação dos Fundos Setoriais, representando uma reforma crucial no sistema de financiamento à inovação.

Implementando em 2000, e subdividido em 16 Fundos – exposto no quadro 1 –, a principal finalidade da criação dos Fundos Setoriais, consistiu em assegurar de forma continuada, o suprimento dos recursos necessários e a descentralização por setor econômico – petróleo, biotecnologia, informática, energia e entre outros. Uma outra finalidade da implementação dos Fundos Setoriais foi o fortalecimento de parcerias entre universidades, institutos de pesquisas e empresas.

Quadro 1 – Categorização dos Fundos Setoriais

Fundo	Lei Geradora	Fonte de Recurso
CT-Petro	9.478,6/8/97	25% dos royalties que excederam a 5% da produção de petróleo e gás natural
CT-Info	10.176, 11/1/01	Mínimo de 0,5% do faturamento bruto das empresas beneficiadas pela Lei de Informática
CT-Infra	10.197, 14/2/01	20% dos recursos de cada Fundo Setorial
CT-Energ	9.991, 24/7/00	0,75% a 1% faturamento líquido das concessionárias
CT-Mineral	9.993, 24/7/00	2% da compensação financeira paga por empresas com direitos de mineração
CT-Hidro	9.993, 24/7/00	4% da compensação financeira recolhida pelas geradoras de energia elétrica
CT-Espacial	10.332, 19/12/01; 9.994, 24/7/00	25% das receitas de utilização de posições orbitais; total da receita de licenças e autorizações da Agência Espacial Brasileira
CT-Saúde	10.332, 19/12/01	17,5% Cide
Bio	10.332, 19/12/01	7,5% da Cide
CT-Agro	10.332, 19/12/01	17,5% da Cide
Aero	10.332, 19/12/01	7,5% da Cide
FVA	10.168, 29/12/00; 10.332, 19/12/01	50% da Cide, 43% da receita do IPI incidente sobre produtos beneficiados pela Lei de Informática
CT-Transpo	9.992, 24/7/00; 10.332, 19/12/01	10% das receitas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (contratos para utilização de infraestrutura de transporte terrestre)
Amazônia	8.387, 30/12/91; 10.176, 11/1/01	Mínimo de 0,5% do faturamento bruto das empresas de informática da Zona Franca de Manaus

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Pereira (2006).

Em concordância, Lemos e Negri (2010) destacam que os Fundos Setoriais têm como objetivo

¹ Destinado ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisas).

garantir a ampliação e estabilidade do financiamento direcionado a C&T, não obstante – a fim de incentivar os investimentos privados e impulsionar o desenvolvimento tecnológico dos setores produtivos –, objetiva-se promover parcerias entre as instituições de pesquisas e o setor produtivo.

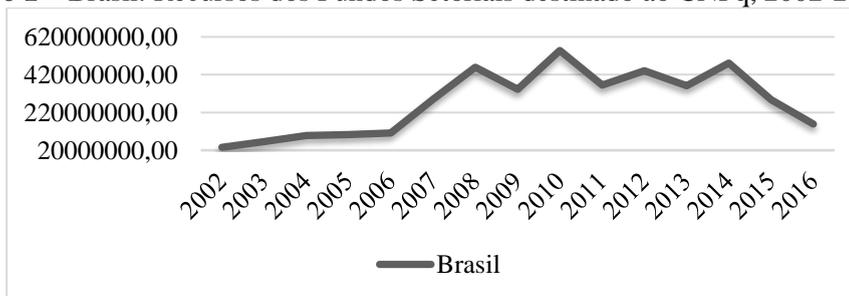
Os Fundos possuem aplicações a setores específicos – em exceção o Fundo Verde e Amarelo e o Fundo de Infraestrutura –, e sob gestão compartilhada – por representantes de ministérios, agências reguladoras, comunidade científica e empresarial –, os recursos provêm de receitas de diversas fontes e possuem destinação assegurada por lei (GUIMARÃES, 2006). A receita obtida nos respectivos setores de cada Fundo, são alocados no orçamento do FNDCT e aplicado nas modalidades de financiamento da FINEP e do CNPq (MORAIS 2008, p.12). O contingenciamento estabelecido pela União tem sido visto na literatura como um entrave na efetividade dos Fundos, dado que, o excedente da movimentação financeira é direcionado a uma reserva de contingência e sua disponibilização depende exclusivamente da abertura de crédito suplementar aprovada em Lei orçamentária.

Embora tenha ocorrido a tentativa de os Fundos Setoriais fazerem parte do grupo de Fundos com exceção² à regra, “em 2003 o orçamento da União passou a classificar uma parcela da receita dos Fundos como reserva de contingência”, de modo que, o contingenciamento das despesas incide mais fortemente sobre os maiores Fundos (GUIMARÃES, 2006, p. 42).

Entre 2001 e 2003 a previsão da receita dos Fundos Setoriais aumentou para taxas médias de 39%, porém, apenas uma parte da receita prevista em lei foi direcionada para o gasto efetivo. Como foi apontado, o contingenciamento recaiu de forma diferenciada entre os Fundos ao longo dos anos, de modo que, quanto maior o Fundo, maior o percentual direcionado a reserva de contingência. No período mencionado, o CT-Infraestrutura, o CT-Verde amarelo e o CT-Petróleo de gás natural foram os Fundos com maior percentual de contingenciamento, já os Fundos Setoriais de Energia, Agronegócio, Saúde e demais Fundos, apresentaram um contingenciamento menor nos recursos, por se tratar de Fundos de médios e pequenos portes (GUIMARÃES, 2006).

Nesse sentido, ao longo dos anos foram observados algumas distorções na finalidade do recurso, pois embora a arrecadação dos Fundos em termos absolutos tenha sido crescente, o orçamento do Ministério da Ciência e Tecnologia no decorrer dos anos foi diminuindo. Conforme destaca Negri (2018, p. 113), “por essa razão, mesmo nos anos em que o orçamento absoluto cresceu, e ele teve um crescimento significativo até 2014, a participação relativa do ministério no orçamento total do governo federal se manteve estável”.

Gráfico 1 – Brasil: Recursos dos Fundos Setoriais destinado ao CNPq, 2002-2016 (R\$)



Fonte: Elaboração própria. Dados disponibilizados pelo CNPq, 2016 (Ano base 2016).

Os dados monetários a nível Brasil, mostram que de 2002 até 2008 houve uma expansão do recurso, de R\$ 35.463.239,25 para mais de 450 milhões³. Com uma maior participação no Sudeste, seguido pelo Sul, Nordeste, Centro-Oeste e Norte, respectivamente. Os anos posteriores foram marcados por oscilações dos recursos, chegando em 2016 a um total de R\$ 158.158.395,35, com 50% direcionados a Região Sudeste. Conforme mostra o gráfico 1.

Nesse sentido, é perceptível ao longo da série temporal um comportamento de intensa disparidade do recurso entre as regiões, sendo o Sudeste a região mais representativa em relação ao total (%), com recursos superiores à média em todos os anos da amostra. No que se refere ao crescimento dos Fundos setoriais entre o período de 2002 a 2015, a Região Norte apresentou a maior taxa, seguido do Centro Oeste, sendo estas as regiões com os menores recursos. Já em relação a taxa de crescimento dos Fundo Setorial de Energia, os dados mostram uma taxa negativa em todas as regiões brasileira, devido as oscilações e descontinuidades. Conforme mostra a tabela 1.

² Saúde, educação e assistência social.

³ Ano base 2016.

Tabela 1 – Evolução dos Recursos Destinados à Pesquisa Científica em Ações do CNPq (%)

Região	Fundo Setorial Total - 2002-2015	Fundo CT:Energia - 2002-2015
CO	20,12	-15,88
N	23,48	-22,99
NE	15,14	-9,28
S	13,28	-6,96
SE	13,60	-13,64

Fonte: Elaboração própria. Dados disponibilizados pelo CNPq, 2016 (Ano base 2016).

Esses dados sinalizam uma preocupação no que se refere as oscilações em torno desse recurso, dado que o ambiente de inovação é um ambiente sistêmico e sensível aos aspectos econômicos, organizacionais e institucionais, simultaneamente.

Posto isso, a descontinuidade – aumentos seguidos de declínios – e a centralização do recurso em conjunto com a tímida atuação do Estado – com a falta de políticas energéticas bem delineadas e um planejamento de longo prazo –, tem-se conduzido o País a um ambiente pouco promissor. Nesse sentido, destaca-se a importância do financiamento direcionado e estável ao longo do tempo, em especial, no fomento a inovação e o desenvolvimento científico-tecnológico.

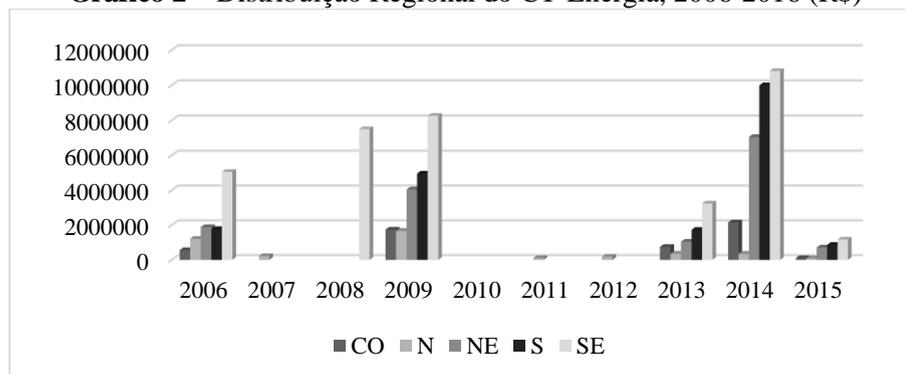
2.1 Financiamento à pesquisa em Energia Renovável no Brasil: Uma Lacuna Preenchida pelo Fundo Setorial de Energia?

Um importante marco legal no setor elétrico foi a criação do Fundo Setorial CT-Energ em 2000, que embora não tenha apresentado uma finalidade direcionada as fontes renováveis de energia, consiste em um recurso de maior relevância nos aspectos de investimento público no setor energético. Segundo o CGEE (2001, p. 218), “muitos desses investimentos requerem largo tempo de maturação e possuem maiores taxas de riscos que aqueles realizados pela iniciativa privada”, assim, o financiamento direcionado a pesquisa acaba sendo majoritariamente por meio de investimentos públicos e da imposição estabelecida em Lei.

Supervisionado pela ANEEL, a obrigatoriedade da aplicação de recursos em P&D pelas empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia tem origem na Lei nº 9.991/2000, parte do recurso é direcionado ao financiamento de atividade em P&D, ao qual compreende: i) projetos de pesquisa científica e tecnológica – sendo este o elemento central de investigação no presente trabalho –; ii) desenvolvimento tecnológico experimental; iii) desenvolvimento em tecnologia industrial básica; iv) implantação de infraestrutura para atividades de pesquisa; v) formação e capacitação de recursos humanos qualificados; e vi) difusão do conhecimento científico e tecnológico (CGEE, 2001).

Segundo o trabalho de Santos (2015), entre o período de 1999-2012 o principal Fundo Setorial de contratação de projetos de ERs⁴ foi o CT-Energia com um total de 647 projetos, seguido pelo CT-Transversal com 597, o CT-Infra com 95, o CT agro com 109, o CT-Petro com 173, o CT-Amazônia com 10, o CT-Hidro com 52 e os demais com 87. Dentre esses projetos, 736 foram na região Sudeste, acarretando concentração do desembolso por região, seguido por 498 no Nordeste, 366 Sul, 155 no Centro-Oeste e 138 no Norte (SANTOS, 2015, p.36).

Gráfico 2 – Distribuição Regional do CT-Energia, 2006-2016 (R\$)



Fonte: Elaboração própria. Dados disponibilizados pelo CNPq, 2016 (Ano base 2016).

Ainda segundo o autor, embora haja uma trajetória de crescimento no financiamento em projetos

⁴ Dados obtidos por meio de entrevistas. Ver Santos (2015).

de P&D em energias renováveis – com recursos do FNDCT –, o período de 2011 e 2012 destacou uma descontinuidade dos recursos do Fundo CT-Energia destinado ao CNPq, de modo que não houve edital específico para o setor energético em 2010, conforme mostra o gráfico 2, em 2010 e em 2016 não houve nenhum registro do repasse (SANTOS, 2015, p.36).

O Fundo apresentou um *boom* no desembolso de projetos em 2014 – período em que os demais Fundos Setoriais também apresentaram crescimento – sendo a região Sudeste a que mais recebeu recursos. Os dados chamam atenção para a região Norte, que embora possua uma das maiores Usinas Hidrelétricas do País, apresentou uma participação ínfima em relação as demais regiões, de modo que apenas 3 – Amazonas, Pará, e Tocantins – dos 7 estados receberam financiamento em toda a série analisada. O que conduz a percepção de que, a região Norte possui uma base científica menos consolidada do que as regiões com centros de pesquisas mais avançados. Nesse sentido, Merton (1988, p.62) destaca que em comparação com os centros que ainda não deixaram sua marca, os centros de excelência científica possui uma disponibilidade maior de recursos para pesquisa.

Observando os dados em relação aos demais Fundos Setoriais, é notável a descontinuidade do recurso do CT-Energia. Em 2006, 2009 e em 2014 o Fundo CT-Energia registrou os períodos de maiores recursos (na série analisada), e se comparado aos demais Fundos, destacam-se por uma participação bastante representativa.

Embora o comportamento dos dados tenham corroborado com o comportamento dos demais Fundos – oscilação do recurso e altas disparidades regionais –, a criação do CT-Energia consiste em um avanço institucional imprescindível para o fomento à PD&I em fontes renováveis e, apesar de terem sido dados pouco expressivos em termos relativos, ainda é o recurso mais importante para o setor. Sendo este um aspecto levantado por Santos (2015, p.42), “o apoio dos Fundos Setoriais tem sido relevante, apesar da falta de continuidade e de previsibilidade de editais, de desembolsos e de sequência de linhas de pesquisa que sejam claramente estabelecidas, tendo em vista o médio e longo prazo”.

Segundo Cruz e Bezerra (2017, p.5), é imprescindível não só ampliar o investimento no avanço a ER, como também, difundir estudos de pesquisa básica nessa área. Esse alerta se refere ao fato de que entre 2000 e 2012, os dados do IBGE – sobre o aumento do uso de energia não renovável – mostraram evidências de que o Brasil “está caminhando na contramão das Convenções Internacionais sobre Desenvolvimento Sustentável”.

Em comparação com os Estados Unidos e a Alemanha, o autor destaca os baixos valores de recursos destinados à P&D em ERs no Brasil, caracterizando direcionamento para pesquisa básica e não para o desenvolvimento de tecnologias de ponta, portanto, diferindo dos países mencionados. Não obstante, o autor ainda destaca a baixa interação entre empresas/IPs e universidades no Brasil, o que ressalta a fragilidade entre redes de cooperações do conhecimento científico e tecnológico (SANTOS, 2015, p.32). Por outro lado, o Brasil ainda apresenta uma matriz energética mais limpa – comparativamente aos Estados Unidos e Alemanha –, o que ressalta o seu potencial de expansão.

Nesse contexto, diante da escassez de recurso direcionado à pesquisa em energias renováveis, o Fundo Setorial de Energia tem sido a principal modalidade de financiamento no setor. Contudo, para que essas tecnologias possam ganhar maturidade e competitividade com as tecnologias tracionais de energia, faz-se necessário ampliar as modalidades de fomento e traçar estratégias para que algumas áreas não sejam mais financiadas que outras. Uma dessas estratégias, por exemplo, poderia ser a elaboração de editais específicos para pesquisas voltadas a tecnologias renováveis.

2.2 Evidências Empíricas

No Brasil, os estudos empíricos de financiamento a P&D voltados para ERs, ainda são escassos, sobretudo, tratando-se dos Fundo Setorial. A literatura aponta como um dos principais fatores limitantes a falta de consistência e transparência dos dados. Contudo, em 2019 com o projeto *Energy Big Push* (EBP), desenvolvido pela Comissão Econômica das Nações Unidas para a América Latina e o Caribe (Cepal) em parceria com Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) – e apoio da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e do Ministério das Relações Exteriores (MRE) o Ministério de Minas e Energia (MME); Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP); Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI); Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP); a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPPI); o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES); e a Agência Internacional de Energia (IEA) – idealiza-se um cenário capaz de reduzir essas lacunas (CGEE, 2019).

O presente artigo adotou como referência principal o trabalho desenvolvido por Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013), a qual teve como objetivo avaliar o impacto sobre a produtividade científica dos

pesquisadores universitários envolvidos em projetos de pesquisa financiados pelos Fundos Setoriais, entre 2000 a 2008. O estudo revelou um impacto positivo sobre a produção acadêmica dos pesquisadores, “um aumento estimado entre 5% e 6,1% na média do total de artigos publicados”.

Os resultados obtidos por Borges (2015), apresentaram impactos positivos e significativos na produtividade científica de centros com maiores participações de pesquisadores bolsistas. As análises destacam, por um lado, que coordenadores ligados a laboratórios de multiatividades aumentam a produtividade. Por outro lado, pertencer a laboratórios intensivos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia – ou de laboratórios apenas intensivos em pesquisa –, são menos produtivos, ressaltando, portanto, a importância das universidades na troca de conhecimento.

Em concordância, os resultados econométricos obtidos por Hayne e Wyse (2017) mostraram que o número de pós programas de pós-graduação, número de mestres e doutores, população brasileira e os gastos com P&D são linearmente correlacionados com a evolução dos artigos no Brasil no período de 1994 a 2014. Para as autoras, o financiamento a pesquisa científica é uma das principais variáveis *input* da geração de conhecimento, não obstante “esta variável também é fundamental para o crescimento econômico por meio de conhecimento que, uma vez aplicado, aumenta a riqueza e a prosperidade por meio da geração de novas tecnologias” (HAYNE E WYSE, 2017, p. 14).

3. DETERMINANTES DA PESQUISA CIENTÍFICA EM ENERGIA RENOVÁVEL

A literatura aponta alguns argumentos individuais que estão relacionados aos fatores determinantes da produção científica, sendo estes de natureza observáveis – características dos pesquisadores e ambiente institucional, por exemplo – e não observáveis – o interesse em resolver um problema e o seu prestígio, por exemplo. Assim, para uma melhor compreensão da temática, esta seção irá expor um arcabouço teórico sobre os principais determinantes da produção científica, com ênfase nos aspectos individuais e observáveis.

A ciência possui um importante papel para o progresso tecnológico e o crescimento econômico, tornando-se uma pedra angular na teoria de crescimento endógeno desenvolvido por Paul Romer na década de 1980 (STEPHAN, 2010). Categorizado como um bem público (NELSON, 1959), o benefício social de descobertas científicas tende a ser superior aos custos inerentes. Contudo, possui uma natureza divergente de outros bens públicos, pois à medida que em que a pesquisa científica é compartilhada o estoque de conhecimento não reduz, muitas vezes é ampliado, classificando-o, portanto, como um bem inexaurível.

Há um extenso debate na literatura que enfatiza a contribuição da pesquisa científica para o crescimento econômico e o desenvolvimento tecnológico (NELSON, 1959; KATZ, 1999; ARROW, 1962 apud KOSSI, LESUEUR E SABATIER, 2015). Segundo Negri (2018), a ciência gera externalidades positivas para a sociedade como um todo, ou seja, a produção de conhecimento cria um ambiente de vantagens positivas não só para quem a produz – ou a financia –, mas sim para todos os indivíduos. Para Nelson (1959, p.3), a pesquisa científica tem sido cada vez mais acoplada a invenção, sendo está definida como uma atividade humana direcionada para a criação de novos produtos e processos práticos melhorados.

Fatores como *spillovers* de conhecimento e acesso a mais financiamento ou a melhores equipamentos, também provocam uma externalidade positiva sobre o aumento na produtividade individual (KOSSI, LESUEUR E SABATIER, 2015). No que se refere ao financiamento da pesquisa, é possível identificar um dilema comum no setor privado: dado que o conhecimento se torna um bem público, as empresas tendem a realizar investimentos mais tímidos na produção científica, de modo geral, acabam financiando mais fortemente a pesquisa aplicada e o desenvolvimento de produtos. Resultando, portanto, uma dependência mais significativa do financiamento público para a produção científica, não só em países periféricos, mas também em países desenvolvidos (NEGRI, 2018).

O reconhecimento acadêmico, o retorno financeiro e a satisfação obtida com a resolução de um enigma da ciência, são apontadas como principais determinantes para o engajamento de pesquisadores em áreas com alto grau de novidade – como por exemplo, a biotecnologia e a nanotecnologia. De acordo com Katz (1999, p.504), “uma contribuição significativa, isto é, aquele que impacta uma grande parte da comunidade científica, pode ser reconhecido por recompensas de maior prestígio, como um diploma honorário ou um prêmio Nobel”.

Naturalmente, o sistema de reconhecimento acadêmico gera a ocorrência de grande concentração na produção científica. Criado em 1926, a Lei de Lotka consiste em uma função de probabilidade da produtividade, a qual descreve uma concentração da produção nas mãos de poucos pesquisadores. De modo que, na medida em que se publica, haverá uma maior facilidade em publicar um novo trabalho e, nesse sentido, os pesquisadores que publicam resultados mais interessantes tendem a ganhar mais

reconhecimento e acesso a recursos (FERREIRA, 2010). Assim, o reconhecimento é obtido a partir da persistência na atuação dos pesquisadores, sendo este um fenômeno que ficou conhecido como “efeito Mateus”.

Em concordância com a Lei de Lotka, o “efeito Mateus” foi denominado por Robert Merton (1968) como um fenômeno de disparidade científica, resultante do sistema de reconhecimento acadêmico e financiamento à pesquisa, ou seja, a má distribuição de reconhecimento no ambiente científico. Segundo o autor, “para todo aquele que tem será dado, e ele terá em abundância. Mas aquele que não tem, será tirado até mesmo o que ele tem” (MERTON, 1968, p.58).

O “efeito Mateus” possui similitudes com as vantagens cumulativas presente em muitos sistemas de estratificação social, em que os ricos ficam mais ricos a uma taxa que torna os pobres relativamente mais pobres. Uma explicação mencionada na literatura consiste no fato de que pesquisadores com melhor reputação possuem uma tendência maior ao reconhecimento e a visibilidade, sobretudo, comparando-os com pesquisadores iniciantes (STEPHAN, 2010).

Partindo para uma análise concentrada nas motivações intrínsecas na produção individual – além desses fatores mencionados –, a literatura destaca algumas características observáveis que distinguem e influenciam um grupo de indivíduos a produzirem mais que outros, dentre os quais destacam-se: gênero, grau de escolaridade, anos de estudo e/ou idade, estoque de conhecimento, a instituição de formação e a região que reside o pesquisador.

A questão de gênero na produtividade individual acadêmica tem sido elemento central em diversos estudos, as pesquisas pontuam uma intensa disparidade no número de publicações entre homens e mulheres (FOX, 2005; STEPHAN, 2010; BRAGA ET AL., 2014). Nas análises realizadas por FOX (2005, p.135), “as mulheres têm quase duas vezes mais probabilidade do que os homens de publicar zero ou um artigo (mulheres 18,8%, homens 10,5%), enquanto, homens são duas vezes mais propensos, do que as mulheres de publicar 20 ou mais artigos no período (homens 15,8%, mulheres 8,4%)”.

Segundo Stephan (2010) a questão é frequentemente estudada em termos de demanda *versus* oferta, ou seja, se a produtividade feminina é menor devido aos atributos específicos – características familiares, por exemplo –, ou se o ambiente acadêmico oferta menos oportunidades em relação as decisões de contratação e financiamento. Contudo, o autor pontua que não há essa dicotomia, pois ambos influenciam tais resultados. Em concordância, Braga et al. (2014) constatou a predominância de autoria principal na produtividade científica do sexo masculino, os autores ainda identificaram a concentração em algumas áreas do conhecimento, de uma amostra de 12.797 artigos houve uma predominância de primeiros autores do sexo masculino nas três áreas analisadas – ciências humanas, biológicas e exatas.

Ainda segundo os autores, um outro ponto que deve ser considerado na disparidade da produtividade entre gênero, trata-se das diferenças de nível socioeconômico, pois “em média, a diferença é muito pequena nas escolas de alto nível socioeconômico e é muito grande nas escolas em que o nível socioeconômico é muito baixo” (BRAGA ET AL., 2014, p. 482).

O grau de qualificação dos pesquisadores também foi apontado como um dos determinantes da produtividade científica, a literatura destaca que quanto maior o grau de escolaridade maior a probabilidade de desenvolver pesquisas (NEGRI, 2018). Ao mesmo tempo, os investimentos em atividades de ensino exercem uma influência negativa sobre o desenvolvimento de pesquisas científicas (KOSSI; LESUEUR, SABATIER, 2015), no geral, os incentivos de recompensas podem levar alguns pesquisadores a dedicar mais tempo a pesquisa do que ao ensino. E neste sentido, a remuneração financeira desempenha claramente um importante papel na estrutura de recompensa da ciência (STEPHAN, 2010).

Os estudos de Kossi; Lesueur, Sabatier (2015) utilizou o número de artigos publicados durante os 4 anos anteriores ao financiamento, ponderado pela qualidade da publicação e o número de co-autores como um índice de produção científica individual. Os autores identificaram uma distribuição assimétrica, convergindo para o efeito Mateus abordado na literatura.

No que se refere a idade e ao pico de produtividade dos pesquisadores, a literatura econômica destaca a teoria do capital humano, em que prevê um declínio da curva de produtividade ao longo do tempo. Segundo Stephan (2010), vários autores adaptaram a teoria do capital humano para desenvolver o modelo de ciclo de vida dos cientistas ou acadêmicos, contudo, o autor aponta que não deve ser visto como fator chave no comportamento dos cientistas – dado a influência de outros fatores, como as áreas do conhecimento, as motivações e as habilidades de cada pesquisador.

O trabalho desenvolvido por Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013) estimou o ciclo de vida da produtividade dos pesquisadores brasileiros – no período de 2000-2008 –, os resultados revelaram que o pico da produção científica de um pesquisador ocorre em torno dos 57 anos de idade, com a publicação média de 3,7 artigos em um mesmo ano. Segundo os autores, esses resultados variam de acordo com a área de pesquisa, a área de ciências sociais, por exemplo, possui um pico precoce de 44 anos de idade, enquanto as áreas de ciências biológicas a média do ciclo de vida é em torno de 61 anos de idade.

Além do exposto, os estudos mencionam a influência da geração sobre a produtividade dos pesquisadores. “Mesmo não sendo estatisticamente perceptível uma mudança estrutural efetiva, a geração e transferência de conhecimento é uma prática relativamente nova para a cultura acadêmica brasileira e que necessita de amparo” (REZENDE; CORRÊA, DANIEL, 2013, p.125). As estimações realizadas por Levin e Stephan (1991) apud Stephan (2010) mostram que não há evidências de uma maior produtividade em gerações mais novas e/ou atualizadas, mas em gerações com uma acumulação maior de conhecimento. E, portanto, a depender do campo de conhecimento é possível identificar uma maior produtividade entre as gerações mais velhas.

4. MODELO ECONOMÉTRICO

O fenômeno a ser explorado neste artigo deriva do seguinte questionamento: qual o impacto do financiamento do Fundo Setorial de Energia do FNDCT sobre a pesquisa científica em energia renovável?

Dispondo como base os trabalhos empíricos descritos no quadro 2, pretende-se responder à questão norteadora a partir do modelo econométrico probabilístico em *cross-section*, entre o período de 2011-2015. Assim, esta seção se subdivide: i) na descrição do modelo empírico adotado, e ii) na descrição da base de dados e os critérios de seleção adotados para a coleta.

4.1 Modelo Empírico

O modelo de resposta binária consiste em um caso particular de resposta qualitativa representada por uma *dummy*, a qual geralmente assume valores 0 para não ocorrência e 1 para ocorrência de determinado fenômeno, sendo estas mutualmente exclusivas.

Em linhas gerais, Pino (2007) destaca que a diferença entre modelos de regressão linear e os modelos de regressão probabilística – Logit, Tobit, Probit, Normit, Poisson, outros –, apresenta-se na resposta da variável dependente. No primeiro caso é expressa como uma variável contínua e seu resultado é um valor numérico. Já nos modelos probabilísticos os resultados são expressos em termos de probabilidade – como o próprio nome sugere.

A regressão logística é o método mais usual para modelagens binárias, de modo a estimar a razão de chances dos preditores que categoriza a probabilidade p de um evento ocorrer em detrimento de um evento alternativo $1-p$ (HILBE, 2009). No geral, o valor 1 é uma medida de sucesso a qual atende alguns critérios, já o valor 0 representa uma falha em atender esses critérios. Assim, no presente trabalho a variável dependente y é definido por:

$$y \begin{cases} 1 & \text{com probabilidade } p \\ 0 & \text{com probabilidade } 1 - p \end{cases} \quad (1)$$

Uma das principais características da regressão logística é que a média prevista – ou valor ajustado –, é uma probabilidade que varia entre 1 (previsão perfeita) ou 0, ou seja, as probabilidades previstas raramente assumem os valores de 1 ou 0, mas assumem valores entre eles. Embora existam também outros modelos – como o Probit, complementar Loglog e Loglog, por exemplo –, apenas a regressão logística pode ser usada para estimar a razão de chances para o modelo preditores (HILBE, 2009).

Descrever como a regressão logística é usada para estimar a chance (*odds*) e a razão de chance (*odds ratios*) de um determinado fenômeno ocorrer, é mais intuitivo do que modelar o próprio preditor binário. Embora matematicamente seja simples, a intuição por trás dos conceitos requer alguns cuidados, sendo estes essenciais para o modelo. Assim, supondo que as chances de publicação de artigos científicos em ERs estejam associados ao retorno que essa atividade produz ao pesquisador (U_i) e, superior ao esforço implícito na atividade (D_i), então o modelo empírico consistiria na relação da equação 2:

$$\log (ART_i) \begin{cases} \mu + \beta X_i + \beta Z_i + \alpha_i + u_i & , \text{ se } U_i > D_i \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (2)$$

Onde:

X_i representa a variável explicativa do modelo

Z_i representa as variáveis de controle do modelo

α_i representa o erro do modelo

u_i representa a variável latente do modelo

Dado que, pretende-se analisar o impacto do financiamento do Fundo Setorial de Energia sobre a produção científica de cada indivíduo – que teve acesso ao recurso pelo menos uma vez na série temporal

analisada –, neste trabalho, será adotado um modelo de regressão probabilística, em que a variável dependente (*proxy* artigos de ERs publicados) corresponde a uma variável binária representativa de produção de artigos – ou não –, controlada por características individuais e observáveis do pesquisador. Conforme explícita na equação 3, em que, i corresponde aos indivíduos.

$$\text{Logit}(E(\text{ART}_i)) = \beta_0 + \beta_1 \text{FS}_i + \Phi_2 \text{PROD. OUT}_i + \Phi_3 \text{ESTOQ}_{t-3} + \Phi_4 \text{ANAIS}_{t-3} + \Phi_5 \text{GEN}_i + \Phi_6 \text{TITULO}_i + \Phi_7 \text{INST}_i + \Phi_8 \text{ANO}_t + u_i \quad (3)$$

A fim de identificar o efeito regional e a contribuição das instituições de pesquisas de maiores reconhecimentos sobre a produtividade científica em ERs, a equação 4 mostra as principais variáveis que serão utilizadas na estimação com interações entre o Fundo Setorial de Energia, as regiões e as instituições. Cabe mencionar que as estratégias de interações entre as variáveis no modelo derivam da equação 3 e tiveram como referência o trabalho desenvolvido por Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013).

$$\text{Logit}(E(\text{ART}_i)) = \beta_0 + \beta_1 \text{FS}_i + \Phi_2 \text{PROD. OUT}_i + \Phi_3 \text{ESTOQ}_{t-3} + \Phi_4 \text{ANAIS}_{t-3} + \Phi_5 \text{GEN}_i + \Phi_6 \text{TITULO}_i + \Phi_7 \text{INST}_i + \Phi_8 \text{REGIAO}_i + \Phi_8 \text{ANO}_t + u_i \quad (4)$$

Onde:

$i=1,2,3,4,\dots$ refere-se a cada indivíduo;

ART_i é uma *dummy* de produção científica correspondente a *proxy* artigos de ER;

FS_i é o financiamento do FNDCT, Fundo Setorial de Energia;

PROD.OUT_i corresponde a produção científica de artigos em outras áreas;

ESTOQ_{t-3} corresponde ao acúmulo de conhecimento (*proxy* de produção científica em ER);

ANAIS_{t-3} corresponde a publicação de anais nos três últimos anos;

GEN_i é uma *dummy* correspondente ao gênero do pesquisador;

TITULO é uma *dummy* de titulação do pesquisador (0 se for doutorando; 1 se for doutor);

INST_i é uma *dummy* correspondente a USP, UNICAMP, UFRJ;

REGIAO_i é uma *dummy* correspondente as regiões Sul, Sudeste, Centro Oeste, Norte e Nordeste.

ANO_i é uma *dummy* correspondente a cada ano da análise;

Φ são as margens das variáveis;

u_i corresponde a variável latente do modelo.

Para efeito de comparação, além da regressão com o modelo probabilístico Logit, a equação 3 será estimada pelos modelos Probit, Tobit e Poisson. Por fim, as avaliações de impacto são análises que auxiliam os formuladores de políticas em várias decisões, “desde a redução de programas ineficientes até a expansão de intervenções que funcionam, a adequação de benefícios do programa e a seleção entre várias alternativas de programas” (MARTINEZ ET AL., 2015, p. 9).

4.2 Descrição Base de Dados e Critério de Seleção

Dado o objetivo do presente estudo, fez-se necessário os seguintes procedimentos, consecutivamente: i) identificar na base de financiamento do Fundo Setorial de Energia fornecida pelo CNPq, os pesquisadores doutores e doutorandos que tiveram acesso ao recurso pelo menos em um edital da série analisada – sendo este, o critério de seleção de indivíduos –; ii) identificar os períodos com rupturas, geradas pelo contingenciamento do recurso – sendo este, o critério adotado para o recorte temporal da análise econométrica que será entre os anos de 2011-2015 –, e iii) extrair informações individuais dos pesquisadores por meio da Plataforma *Lattes*. As variáveis escolhidas partiram de um levantamento teórico e empírico na literatura, a fim de identificar as variáveis mais relevantes para explicar a produtividade científica.

a) Artigos científicos (ART)

Para Negri (2018), nenhum país se torna mais inovador e competitivo sem uma base científica forte e capaz de produzir conhecimento para o processo de inovação. Em geral, a literatura aponta dois indicadores utilizado com maior frequência para a mensuração da produção científica, um deles consiste no número de publicações em revistas indexadas internacionalmente, já o outro indicador refere-se ao número de artigos por habitante.

Há dois fatores importantes, a produtividade – aspecto mais quantitativo – e o impacto sobre a ciência – aspecto mais qualitativo. A produtividade pode ser obtida a partir do número de publicações por

equivalência pessoa-ano em pesquisa, enquanto a medida do impacto é baseada no número de citações por publicação e relacionada a uma média internacional (ROUSSEAU, 1998). Segundo Stephan (2010), as contagens de publicações são geralmente usadas como *proxy* para atividades de pesquisa.

Neste trabalho, optou-se por se concentrar apenas no conceito da produtividade sob o ponto de vista quantitativo, utilizando como *proxy* da produtividade científica o número de publicações em energias renováveis de pesquisadores, designada no modelo econométrico probabilístico como variável *dummy output*.

b) Financiamento FNDCT/FS (FS)

A variável de financiamento do FNDCT/FS foi fornecida diretamente pelo CNPq. Essa base contempla o número de pesquisadores que receberam recursos dos Fundos Setoriais, classificadas por Fundo, nome do programa macro, a instituição, a área, a região e o valor do recurso recebido.

Grande parte das discussões em torno deste trabalho consiste no papel do financiamento como instrumento extremamente relevante para à P&D em ERs. Nesta perspectiva, optou-se por se concentrar no impacto do recurso do Fundo Setorial de Energia (*input*) – destinado ao CNPq para o financiamento de pesquisas científicas, sendo este, uma fonte de financiamento adicional ao CNPq – sobre a variável *output*.

A literatura aponta diversos impactos do recurso – público e privado – sobre os níveis de crescimento e desenvolvimento da pesquisa, e segundo Rezende, Corrêa e Daniel (2013, p.19), “no Brasil, principalmente no âmbito das universidades públicas, o fomento governamental é imprescindível para o desenvolvimento de pesquisa e consequente geração de inovações, visto que as parcerias com o setor privado ainda são insuficientes”.

c) Pesquisadores (PESQ)

Para Negri (2018, p. 35), a “educação pode alavancar o desempenho científico e tecnológico do país, por meio da formação de pessoas qualificadas para entender e fazer frente aos desafios científicos e tecnológicos”. Entende-se que tanto doutores quanto doutorandos são *inputs* para mensurar a capacidade de realização da P&D no setor de ERs. E, embora seja uma “subárea” concentrada na área macro das engenharias, os pesquisadores de outras áreas – como ciências agrárias e ciências biológicas, por exemplo – também tem apresentando a participação em projetos de fontes renováveis de energias. Segundo Santos (2015), os pesquisadores de graduação e pós graduação equivalem a 55% dos pesquisadores vinculados as infraestruturas de energias renováveis no Brasil, dentre os quais possuem maior participação nas áreas das engenharias e das ciências da terra.

A literatura também aponta que, o maior grau de produção científica e tecnológica nos centros de pesquisas se concentram entre os pesquisadores doutores (SANTOS, 2016). Assim, optou-se por utilizar o número de doutores e doutorandos – independente da área macro de concentração – como o *input* representativo ao número de pesquisadores. Sendo estes, o critério de seleção para a coleta de dados do *Lattes/CNPq*.

O universo da base de dados disponibilizada pelo CNPq foi de 4.972 pesquisadores, contudo os anos de 2010 e 2016 não tiveram pesquisadores contemplados, sendo este o critério de recorte. Entre o período de 2011-2015, um total de 1.706 pesquisadores tiveram acesso ao recurso do Fundo Setorial de Energia do FNDCT – por terem sido contemplados em editais lançados pelo CNPq. Desse grupo, foi retirada uma amostra de 396 pesquisadores doutores e doutorandos, ao qual realizou-se o levantamento dos dados individuais de cada pesquisador nos currículos registrados na Plataforma Lattes.

O quadro 2 mostra as principais variáveis utilizada na literatura empírica, a qual possuem abordagens mais próximas a presente temática. Na base da Plataforma *Lattes* do CNPq, foram coletados as seguintes variáveis: i) o número de artigos científicos publicados em energias renováveis (ART); ii) o número de artigos científicos em outras áreas (PROD_OUT); iii) o estoque de conhecimento, obtido pelo somatório da produção científica em ER nos 3 últimos anos anteriores ao recebimento do recurso, ou seja, a produção t-3 do pesquisador no ano t (ESTOQUE); iv) o número de artigos em ER publicados em anais de eventos nos 3 últimos anos anteriores ao recebimento do recurso; v) gênero (GEN); vi) grau de escolaridade (TITULO); vii) *dummy* para as instituições USP, UNICAMP e UFRJ⁵ de formação acadêmica no doutorado (INST_DR); viii) *dummies* das regiões Sul, Sudeste, Centro Oeste, Norte e Nordeste (REGIAO), e xv) *dummy* para os anos (ANOS).

Cabe mencionar que no Brasil, esse tipo de análise voltado para ER é escasso, e uma possível justificativa consiste na dificuldade para obtenção de dados, portanto, os trabalhos mais próximos – embora não sejam direcionados para o setor de ER – foram os de Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013), Hayne e

⁵ Ranking Universitário Folha (2019). Disponível em: <<https://ruf.folha.uol.com.br/2019/>> última visualização: 25/01/21.

Wyse (2017), Rezende, Corrêa e Daniel (2013), Borges (2015), Brito (2015), Araújo et al. (2012), Negri et al. (2009), Figueredo, Alvarenga e Cavalcante (2011). Por fim, a finalidade da seleção desse portfólio de variáveis consiste no esforço de subsidiar resultados em torno da problemática deste trabalho.

Quadro 2 – Variáveis a Serem Utilizadas no Método Econométrico

Variável	Descrição da Fonte	Sinal Esperado	Referencial Teórico e Empírico
ART (Dependente)	Número de artigos científicos (<i>proxy</i> da produção científica)	n/d	Albuquerque et al. (2002); Brito (2015); ; Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013); Borges (2015).
FS (Explicativa)	Financiamento FNDCT: Fundo Setorial	+	Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013) Pereira (2005); Santos (2015).
PROD_OUT (Controle)	Produção de artigos científicos em outras áreas	-	Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013).
ESTOQUE (Controle)	Estoque de conhecimento	+	Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013); Kossi; Lesueur, Sabatier (2015).
ANAIS (Controle)	Anos de estudo	+	Stephan, 2010.
GEN (Controle)	Gênero, sendo 1 para pesquisadores do sexo masculino	+	Rezende, Corrêa e Daniel (2013); Sobrinho (2017); Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013); Fox (2005); Stephan, 2010; Braga, et al. (2014).
TÍTULO (Controle)	Título, sendo 1 para pesquisadores doutores e 0 para doutorandos	+	Figueredo, Alvarenga e Cavalcante (2011); Hayne e Wyse (2017); Santos (2016); Negri (2018).
INST_DR (Controle)	Instituições USP, UNICAMP e UFRJ de formação acadêmica no doutorado	+	Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013).
REGIAO (Controle)	Região, sendo uma <i>dummy</i> para cada região do Brasil	+	Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013); Santos (2016); Resende, Silva e Filho (2011).
ANO (Controle)	Anos, sendo uma <i>dummy</i> para cada ano no período	+	Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013).

Fonte: Elaboração própria.

Nesse sentido, o modelo adotado e as variáveis escolhidas são consistentes com os procedimentos empregados na maioria dos estudos de análise de impacto. Embora a base de dados apresente alguns desafios – assumindo preliminarmente limitações ao modelo – sabe-se que esse tipo de discussão é extremamente relevante para ampliação do setor de energias renováveis, para a maturidade do SIER, para o direcionamento de políticas públicas e para as discussões em torno do desenvolvimento sustentável.

5. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Como mencionando anteriormente, um dos grandes desafios para a transição energética ambientalmente sustentável no Brasil, consiste na falta de financiamento e instrumento direcionado a pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico das fontes renováveis. E nesse sentido, embora os recursos dos Fundos Setoriais apresentem algumas descontinuidades, os recursos destinados ao Fundo Setorial de Energia têm sido o principal instrumento de fomento direcionado a produção científica de pesquisas em energias renováveis. Concomitantemente, nos últimos anos os dados da *Web of Science* de produção científica em ERs apresentaram um crescimento significativo, seguindo uma tendência mundial.

Nesse sentido, posto a contextualização do papel do financiamento a pesquisa e dos fatores determinantes da produção científica, este artigo propõe uma discussão mais concentrada, sobretudo, no recurso direcionado ao CNPq para o desenvolvimento de pesquisas científicas no setor energético – disponibilizada pelo FNDCT. Assim, esta seção discutirá o impacto do financiamento do Fundo Setorial de Energia sobre o indicador de produção científica em energias renováveis no Brasil.

5.1 Análise Econométrica

Diante da descontinuidade do Fundo Setorial de Energia, como mencionada anteriormente, optou-se por realizar uma análise entre o período de 2011-2015, por meio de um modelo econométrico probabilístico

em *cross-section* – descrito na seção anterior.

Ao acompanhar o histograma da amostra de publicação dos pesquisadores nota-se um padrão na frequência tanto dos artigos em energia renovável, quanto publicações de outras áreas. A maior frequência de publicações em energia renovável foi registrado entre 1 e 3 artigos, enquanto em outras áreas a maior frequência foi entre 1 e 4 artigos.

Com uma amostra de 396 observações, a tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas da variável dependente e das variáveis com natureza explicativa e de controle. Os dados de produção científica capturados pela variável *dummy* de artigos em energias renováveis destacam um desvio padrão de 0,42 – comparando com as outras variáveis possui uma baixa dispersão –, esses dados observam tanto os indivíduos que produziram quanto os indivíduos que não produziram nenhum artigo na amostra. É possível identificar também que a média de publicação em outras áreas (1,07) foi superior à média de artigos em ERs (0,23). Embora sejam de natureza descritiva, esses dados auxiliam na percepção do comportamento das variáveis, portanto, imprescindíveis para as análises.

Tabela 2 – Estatística Descritiva

Variáveis	Tipo de Variável	Obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
ART	Dependente	396	.2373737	.4260114	0	1
FS	Explicativa	396	10.16113	1.568485	5.976351	14.10069
ANOS.EST	Controle	396	14.23232	5.519729	4	37
PROD.OUT	Controle	396	1.070707	2.365373	0	15
ESTOQ	Controle	396	1.742424	4.314746	0	38
ANAIS _{t-3}	Controle	396	2.04798	4.606019	0	35
GEN	Controle	396	.6994949	.4590576	0	1
TÍTULO	Controle	396	.7575758	.4290917	0	1
INST	Controle	396	.2146465	.4110963	0	1

Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1.

Dentro desse rol, chama-se atenção para o desvio padrão do Fundo Setorial, que embora esteja menor que outras variáveis de controle, indica uma elevada dispersão em torno da média do financiamento sendo, portanto, padronizada⁶ na equação de regressão com variância robusta. O valor do estimador robusto fornece uma estimativa consistente da matriz de variância-covariância do parâmetro, mesmo quando a função de variância do modelo foi mal especificada (HILBE, 2009).

Tabela 3 – Correlação das Variáveis do Modelo

	FS	ANOS.EST	PROD.OUT	ESTOQ	ANAIS _{t-3}	GEN	TÍTULO	INST
FS	1.0000							
ANOS.EST	-0.0328	1.0000						
PROD.OUT	0.3622	-0.1475	1.0000					
ESTOQ	0.2633	-0.0370	-0.1587	1.0000				
ANAIS _{t-3}	0.2319	-0.0211	-0.1718	0.8951	1.0000			
GEN	0.1248	0.0466	0.0896	0.0132	0.0248	1.0000		
TÍTULO	0.2872	0.0132	0.1766	0.1453	0.1276	0.0791	1.0000	
INST	0.1187	-0.0042	0.1093	0.1155	0.0948	0.0609	0.1379	1.0000

Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1.

Em relação a multicolinearidade, a tabela 3 apresenta a matriz de correlação. Dentre as variáveis expostas no modelo, apenas a variável “ANAIS_{t-3}” apresentou uma alta correlação com “ESTOQ” (0.8951), como esperado. Cabe mencionar, que a colinearidade existe em um modelo quando um ou mais preditores são altamente correlacionados, como ambas as variáveis possuem a mesma finalidade de identificar as atividades ao longo dos últimos três anos do pesquisador, em termos de interação são de fato correlacionados com seus valores de efeitos principais.

Algumas correlações negativas merecem destaques. Por exemplo, a relação negativa da variável “ESTOQ” com as variáveis “ANOS.EST” e “PROD.OUT”, isso se dá devido ao fato de estoque do conhecimento ser uma variável construída a partir do somatório de publicações em energias renováveis ao longo dos três últimos anos, sendo que a variável de anos de estudo não consiste necessariamente em uma variável para pesquisadores de energias renováveis. Ou seja, é esperado essa relação, dado que os pesquisadores tendem a se dedicar a uma área específica, seja em energias renováveis ou não, o que

⁶ Dividindo todos os valores por uma escala $\times 10^4$.

justifica também a relação negativa com a produção de outras áreas.

Com o objetivo de identificar o modelo mais significativo para explicar as variáveis que influenciam a produtividade científica, a tabela 4 mostra os resultados das regressões estimadas, tendo o modelo Logit como a estimação de referência, a fim de comparabilidade.

Considerado como um dos modelos mais simples envolvendo variáveis dependentes binária, o Probit consiste em um modelo de distribuição de probabilidade acumulada (PINO, 2007). Comumente, os resultados do Probit possui semelhanças com os resultados do Logit, exceto quando há a presença de assimetria – ou seja, uma distribuição de frequência concentrada em 1 ou em 0. Na amostra 76% dos pesquisadores registraram 0 publicações e, portanto, as estimações do Probit apresentaram estatísticas bem próximas a do Logit. Cabe mencionar que a escolha do Logit em detrimento do Probit surgiu da comparação entre os níveis de significância entre as variáveis de controle.

Ainda no viés de comparabilidade, os modelos Tobit e Poisson apresentaram resultados estatisticamente não significativos na variável explicativa “FS” e nas demais variáveis de controle – exceto “PROD.OUT” e “ESTOQ” – sendo, portanto, modelos não indicados para a presente análise. Nesse sentido, o modelo Logit destacou-se como o modelo mais aquedado para alcançar o objetivo proposto. Não só por apresentar coeficientes estatisticamente significativos, como também por propor uma discussão sobre a razão de chance (*odds ratio*) do aumento da produtividade a partir do impacto de cada variável.

Cabe mencionar que a escolha do modelo de Logit com interações entre as variáveis, partiu do teste LR, ao qual consiste em um teste de razão de verossimilhança. O teste mostrou que o modelo restrito inclui o modelo completo e não apresenta resultados tão distintos ($\text{Prob} > \chi^2 = 0.0223$), não obstante, a inclusão da variável de controle interagindo com outras variáveis apresentaram os melhores coeficiente para a estimação, portanto, no primeiro momento optou-se por se concentrar nos resultados estimados pelo modelo completo.

Posto a comparação entre os modelos, inicia-se uma discussão da análise de regressão Logit para cada variável do modelo, com o objetivo de identificar o efeito do financiamento e das variáveis de controle que influenciam na produtividade científica em energias renováveis.

Com impacto positivo e estatisticamente significativo (5%), o Fundo Setorial de Energia apresentou uma elasticidade positiva sobre a produção acadêmica em ERs, representando um aumento marginal de 2,27% a cada R\$10.000,00 e de 3,19% na média do total de artigos em ERs publicados – cabe mencionar que a variável “FS” foi padronizada conforme sua média de R\$ 10.16113, a fim de evitar erros de escala. Em outras palavras, a cada R\$ 10.000,00 deflacionado na base de 2016, tem-se um efeito marginal positivo de aproximadamente 2,3% sobre a probabilidade de publicar artigos científicos em ERs.

Um outro ponto fundamental está intrínseco ao fato de que pesquisadores mais produtivos tendem a se auto selecionarem nos editais do Fundo Setorial, o que acarreta uma maior probabilidade de um impacto positivo do financiamento sobre a produtividade, conforme apontado nos resultados de Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013).

Partindo para as análises do impacto das variáveis de controle, a tabela 4 apresenta estatísticas significativas em quase todas variáveis, exceto “TÍTULO” e as interações entre “FS e ESTOQ 0,1 e 2” e “FS e GEN”, contudo, a exclusão destas no modelo acarretam mais variáveis não significativas no modelo. Esse último resultado supõe não haver muita distinção de ser homem (variável categórica =1) e ter recebido o recurso pelo menos uma vez (variável categórica = 1) sobre no nível de produtividade acadêmica em energia renovável, mesmo que as estatísticas descritivas da amostra tenham destacado mais que o dobro de pesquisadores homens em relação ao número de pesquisadoras mulheres. Ainda em relação a variável “GEN”, os resultados apresentaram um aumento marginal de 4,14% sobre a probabilidade de se publicar um artigo em ER. Esse resultado converge com a análise apresentada por FOX (2005), ao qual destaca que os homens são duas vezes mais propensos de publicar um número significativo de artigos, enquanto as mulheres tendem a publicar zero ou um artigo.

Similarmente ao efeito encontrado nos demais modelos, a variável de controle “PROD.OUT” (significativa a 5%) apresentou um impacto negativo de 11,4% sobre a probabilidade de publicação em ERs. Esse resultado é confirmado pelo coeficiente <1 da razão de chance (*odds ratio*) da variável, ou seja, um resultado bem intuitivo, pois na medida que ocorre um aumento da produção em outras áreas reduz a produtividade científica em ERs – talvez houvesse resultados diferentes se as áreas fossem complementares ou relacionadas, por exemplo, a coautoria em artigos de sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável.

O estoque do conhecimento “ESTOQ” foi destacado na literatura como uma variável importante para a produtividade científica (NELSON, 1959). A fim de identificar o efeito marginal conforme aumenta o número de publicações, a variável contínua “ESTOQ” foi padronizada por categorias, de forma que, 6 ou mais publicações são identificadas na variável “ESTOQ 6”. Conforme esperado, os seus resultados mostraram ser estatisticamente significativos a 5% e com uma elasticidade positiva em todos os níveis de

publicação.

Tabela 4 – Resultados de Regressões com Modelos para Comparabilidade

	Logit	Probit	Tobit	Poisson
	Margens (dy/dx)	Margens (dy/dx)	Margens (dy/dx)	Margens (dy/dx)
FS	.0227363* (0.045)	.0230049* (0.036)	.0003568 (0.824)	.0004801 (0.840)
PROD.OUT	-.1140831* (0.001)	-.1167938* (0.002)	-.0094386* (0.014)	-.0903778* (0.015)
ESTOQ 1	.1402325* (0.004)	.1356164* (0.006)	.2352301* (0.019)	.2413208* (0.002)
ESTOQ 2	.1722576* (0.022)	.167892* (0.008)	.2323328* (0.005)	.2655529* (0.001)
ESTOQ 3	.0807265 (0.130)	.0737143 (0.155)	.3435663* (0.001)	1.295326 (0.814)
ESTOQ 4	.5647513* (0.000)	.5635909* (0.000)	.6281453* (0.000)	.5918463* (0.000)
ESTOQ 5	.4994167* (0.000)	.489875* (0.000)	.6511253* (0.000)	.672745* (0.000)
ESTOQ 6	.5418008* (0.000)	.5195906* (0.000)	.6217469* (0.000)	.5992688* (0.000)
ANAIS ₁₋₃	.0492863* (0.000)	.0492477* (0.000)	.0249447* (0.000)	.0074041* (0.004)
GEN	.0414568* (0.099)	.0450919* (0.062)	.0303626 (0.317)	.0179168 (0.580)
TÍTULO	-.0215694 (0.475)	-.0269832 (0.358)	-.0357528 (0.401)	-.0794285 (0.369)
INST	-.0614526* (0.053)	-.0622324* (0.038)	-.0401676 (0.259)	-.0359627 (0.457)
ANO 2011	-	-	-	
ANO 2012	(not estimable)	(not estimable)	-.7538424* (0.063)	-1.743902 (0.210)
ANO 2013	-.1803254* (0.080)	-.1866343 (0.142)	-.2444587 (0.363)	-1.466494 (0.289)
ANO 2014	-.2356719* (0.022)	-.2370232* (0.061)	-.2744524 (0.308)	-1.504809 (0.280)
ANO 2015	-.2427835* (0.019)	-.2480835* (0.051)	-.3464887 (0.202)	-1.554557 (0.264)
FS				
INST	.0224637* (0.048)	.0242642* (0.015)	.0003568 (0.824)	.000358 (0.883)
TÍTULO	.0232209* (0.036)	.0235346* (0.027)	.0003568 (0.824)	.0005107 (0.825)
ESTOQ 0	-.0094481 (0.439)	-.0072319 (0.552)	-.0001947 (0.928)	.0003777 (0.899)
ESTOQ 1	.0189458 (0.126)	.0175069 (0.106)	-.0052563 (0.597)	-.0015199 (0.876)
ESTOQ 2	.0435486 (0.111)	.042411* (0.030)	-.0101449* (0.002)	-.0175101* (0.080)
ESTOQ 3	.030442* (0.002)	.0284907* (0.000)	.0185338* (0.002)	.0842648 (0.848)
ESTOQ 4	.1286604* (0.084)	.1243806* (0.097)	.0089027 (0.140)	.0069477 (0.298)
ESTOQ 5	.0742272* (0.006)	.0713407* (0.005)	.0043587 (0.276)	.0069355 (0.348)
ESTOQ 6	.2020576* (0.000)	.1988486* (0.000)	.0023073 (0.675)	.0049295 (0.537)
GEN	.0182171 (0.152)	.0192896 (0.115)	.0005775 (0.740)	.0003108 (0.908)
N	394	394	396	396
Chi2	89.89	107.58	125.30	BIC -2069.534
Pseudo R2	0.6353	0.6356	0.6875	AIC .9485509

Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1. Nota: 1) entre parênteses encontram-se os p-valores; 2) *: Níveis de significância, significativo a 5%.

Os resultados mostram que pesquisadores que publicaram 5 artigos nos três últimos anos tiveram um impacto marginal de 49,94% a mais na probabilidade de publicar artigos em ERs. Esse efeito é ainda maior quando observado a variável “ESTOQ 6”, a qual destaca um aumento marginal de 54,18% sobre a

produtividade em ERs. Uma possível explicação para esses resultados, provém do comportamento dos pesquisadores na área, ou seja, um dos fatores determinantes da produtividade consiste em uma trajetória de pesquisa desenvolvida nos anos anteriores, comumente, pesquisadores que possui muito estoque de conhecimento possui uma maior probabilidade de continuar publicando. Em concordância, a publicação em anais de eventos, congressos e outros “ANAIS_{t-3}” apresentou um aumento marginal de 49,2% a mais sobre a produtividade em ERs, com estatística significativa de 5%.

Tabela 5 – Resultados de Regressões do Logit com Estratégias de Interações do Fundo Setorial

Variáveis	Margens (dy/dx)	Odds Ratio	Variáveis	Margens (dy/dx)	Odds Ratio
FS	.0261647 (0.093)	1.084273	FS	.0230086* (0.046)	.6302886
PROD.OUT	-.1384412 (0.001)	.0389819	PROD.OUT	-.1161969* (0.002)	.0917653
ESTOQ 1	.1291153 (0.007)	.4688351	ESTOQ 1	.1252987* (0.015)	1.248217
ESTOQ 2	.105954 (0.095)	.536032	ESTOQ 2	.1647814* (0.021)	.8997673
ESTOQ 3	.1171106 (0.032)	.1848319	ESTOQ 3	.0787471 (0.126)	.4021262
ESTOQ 4	.3270394 (0.034)	1.956519	ESTOQ 4	.5624694* (0.000)	2.522617
ESTOQ 5	.469779 (0.000)	1.461699	ESTOQ 5	.5026143* (0.002)	7.184332
ESTOQ 6	.4857751 (0.000)	.0138168	ESTOQ 6	.5282085* (0.000)	.0118146
ANAIS _{t-3}	.0556544 (0.000)	1.469505	ANAIS _{t-3}	.049686* (0.000)	1.528957
GEN	.0136281 (0.597)	39.26989	GEN	.038605 (0.119)	2.583165
TÍTULO	-.0106018 (0.739)	15.64781	TÍTULO	-.0160178 (0.590)	-
INST	-.0639525 (0.076)	1.143065	INST	-.0526561 (0.143)	-
UFRGS	-.0494225 (0.174)	3.447224	Nordeste	.5183574* (0.000)	1068569
UFSC	.065671 (0.240)	.0000426	Centro Oeste	.5989942* (0.000)	415578.2
USP	.0425177 (0.572)	137.6594	Sul	.5304234* (0.000)	1704984
-	-	-	Sudeste	.4377597* (0.000)	938641.3
-	-	-	Norte	.6131823* (0.000)	615741.8
ANO 2011	-	-	ANO 2011	(not estimable)	-
ANO 2012	(not estimable)	1	ANO 2012	-	-
ANO 2013	-.2307948 (0.012)	.0391539	ANO 2013	-.2313052 (0.131)	.0609992
ANO 2014	-.2734268 (0.002)	.0179067	ANO 2014	-.2929154* (0.049)	.0226643
ANO 2015	-.2569872 (0.004)	.0246727	ANO 2015	-.2991804* (0.045)	.0201524
GEN			INST		
INST 1	.0178151 (0.770)	1.130983	TITULO 0	.0071705 (0.823)	1.123676
UFRGS 1	-.0266083 (0.747)	.3589258	TITULO 1	-.1667382* (0.014)	-
UFSC 1	.2216249 (0.018)	16148.59	GEN 0	-	-
USP 1	-.208197 (0.183)	.0162473	GEN 1	-	-
TITULO 0	.0794834 (0.099)	-	-	-	-
TITULO 1	-.0176648 (0.555)	.0802235	-	-	-

Tabela 5 – Resultados de Regressões do Logit com Estratégias de Interações do Fundo Setorial
(continuação)

FS			FS		
INST	.0001924 (0.992)	.3896073	ESTOQ 0	-.0111446 (0.344)	-
UFRGS	-.0001422 (0.996)	.4375295	ESTOQ 1	.019889 (0.113)	1.874158
UFSC	.0540855 (0.055)	4.313069	ESTOQ 2	.0412183 (0.125)	2.396925
USP	.0336935 (0.400)	.4045799	ESTOQ 3	.0287287* (0.003)	2.189148
TÍTULO	.0171986 (0.217)	.6070676	ESTOQ 4	.1283639* (0.057)	6.892444
ESTOQ 0	-.0152498 (0.298)	-	ESTOQ 5	.0670915* (0.049)	3.144792
ESTOQ 1	.0451323 (0.022)	3.83839	ESTOQ 6	.1989724* (0.000)	278.5019
ESTOQ 2	.0330634 (0.102)	3.169527	GEN 0	.0319525* (0.004)	-
ESTOQ 3	.0561108 (0.000)	4.856178	GEN 1	.0173019 (0.198)	.887144
ESTOQ 4	.0616238 (0.504)	5.226269	-	-	-
ESTOQ 5	.1160679 (0.002)	11.10173	-	-	-
ESTOQ 6	.1910266 (0.000)	176.0504	-	-	-
GEN	.0136126 (0.408)	.4646102	-	-	-
N	394	N	394	N	394
Chi2	80.94	Chi2	120.03	Chi2	-
Pseudo R2	0.6154	Pseudo R2	0.6810	Pseudo R2	0.6402

Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1. Nota: 1) entre parênteses encontram-se os p-valores; 2) Níveis de significância: Significativo a 5%.

Embora o resultado da variável de controle “ANO” na tabela 4, não tenha apresentado um impacto positivo, foi estatisticamente significativo a 5%. Uma possível justificativa para esse resultado provém das oscilações do recurso, ou seja, não só da discrepância do número de pesquisadores anualmente, como também a variabilidade do montante de financiamento. No que se refere as estratégias de interações, nota-se que ao inseri-las o modelo apresentou variáveis com estatísticas mais significativas e com uma magnitude maior das margens. A interação do “FS” com o “INST” permitiu capturar o efeito marginal de pesquisadores que cursaram o doutorado nas principais instituições do país – USP, UNICAMP, UFRJ –, financiados com o Fundo Setorial de Energia do FNDCT. Essa estratégia mostrou ser estatisticamente significativa a 5% e apresentou um aumento marginal de 2,24% sobre a produtividade de publicar artigos em ERs.

A fim de compreender melhor a contribuição dos institutos de pesquisas sobre a produtividade científica em ERs, a tabela 5 (coluna 2) mostra os resultados de regressões do Logit com estratégias de interações do Fundo Setorial e das instituições. De acordo com o teste LR, o modelo não apresenta tanta diferença estatística com relação ao modelo completo analisado anteriormente ($Prob > \chi^2 = 0.0709$), entretanto, a interação do Fundo Setorial com as *dummies* representativas das instituições que mais publicaram em ERs no período analisado – UFRGS (46), USP (32) e UFSC (20) –, apresentaram alguns resultados significativos.

Os resultados mostraram que pesquisadores do doutorado da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) que receberam o recurso do Fundo Setorial de Energia apresentaram um aumento marginal de 5,4% na produtividade de artigos em ERs, não obstante, pesquisadores homens da UFSC apresentaram um impacto marginal de 22,16% na produtividade científica. Embora esse resultado tenha sido restrito apenas a essa instituição – tornando-se um resultado generalista –, as estimações mostram indícios do impacto que uma instituição de referência exerce sobre o nível de produtividade, conforme apontada na literatura (STEPHAN, 2010).

Ainda que seja uma diferença sutil e complementar, a análise da probabilidade difere da análise sobre a razão de chances. Dado que o coeficiente (*odds ratio*) do Fundo Setorial de Energia foi >1 , implica dizer que o retorno do pesquisador foi superior ao esforço implícito, e se comparado com o coeficiente das demais variáveis percebe-se que em uma magnitude muito maior que as demais.

Um outro aspecto relevante no modelo consiste no efeito regional sobre a produtividade científica,

dado que algumas regiões possuem capacidades de P&D e instituições de pesquisas mais consolidadas (SANTOS, 2016). Nesse sentido, a tabela 5 (coluna 5) apresentou um efeito marginal positivo e significativo a 5% do Fundo Setorial de Energia com a inclusão das variáveis regionais (Nordeste, Centro Oeste, Sul, Sudeste e Norte) como variáveis de controle. Os resultados indicam um aumento marginal de 2,3% a cada R\$10.000,00 sobre a probabilidade de produzir artigos de ERs. Contudo, o coeficiente (*odds ratio*) do Fundo Setorial de Energia foi <1 , ou seja, o modelo sinaliza um retorno inferior ao esforço implícito para o pesquisador.

Assim como os demais modelos, a produção em outras áreas “PROD.OUT” apresentaram um efeito marginal negativo de 11,6% sobre o aumento da produção científica em energias renováveis e um efeito marginal positivo sobre a produtividade – de quase 5% – dos pesquisadores que nos últimos três anos publicaram em anais “ANAIS_{t-3}”. No âmbito regional, os resultados apresentaram efeitos marginais positivos e significativos a 5% em todas as regiões. A região do Norte destaca-se como a região de maior impacto sobre o aumento da produtividade em ERs (61%), seguido da região Centro Oeste (59%), Sul (53%), Nordeste (51%) e Sudeste (43%). Esses resultados sinalizam que a cada R\$ 10.000,00 de recurso do Fundo Setorial injetado nas regiões Norte e Centro Oeste o efeito marginal sobre a produtividade científica é muito maior do que em regiões com um nível de produtividade maior (como é o caso das regiões Sul e Sudeste).

Por fim, embora o recurso do FNDCT tenha apresentado alguns desafios ao longo do tempo, um ponto chave acerca das formas de incentivos destinada à P&D em energias renováveis, pelo lado do Estado, consiste no direcionamento do recurso sem interrupções, a fim de construir um ambiente de financiamento e fomento à pesquisa. Não obstante, seguindo países líderes nas tecnologias renováveis, o Brasil precisa avançar em termos de infraestrutura de pesquisa e ampliar o nível de cooperação entre indústrias, empresas e universidades, a fim de promover as tecnologias já existentes e obter maturidade nas tecnologias ainda em consolidação no País.

6. CONSIDERAÇÕES

Dado o grau de incerteza envolvido na atividade de ciência e pesquisa básica, os investimentos acabam sendo majoritariamente por meio de financiamento público. Adotando a premissa de que a ciência/pesquisa básica possui uma relação dinâmica com a inovação e exerce um papel imprescindível no desenvolvimento das tecnologias energéticas, alguns países têm realizado vultosos investimentos no desenvolvimento científico e tecnológico das fontes de energias renováveis.

Embora não seja um recurso direcionado e tenha apresentado contingenciamento e algumas descontinuidades em sua trajetória, o financiamento do FNDCT destinado ao CNPq tem sido o principal instrumento de incentivo para o desenvolvimento de pesquisas científicas em ERs (SANTOS, 2015), representando uma reforma crucial para o setor.

A literatura apontou alguns fatores determinantes na produtividade científica, dentre os quais, destacaram-se o retorno financeiro e o reconhecimento acadêmico. De acordo com o “efeito Mateus” esses determinantes podem gerar disparidades no ambiente acadêmico, pois “para todo aquele que tem será dado”. Em outras palavras, pesquisadores com uma alta produtividade tendem a obter financiamento com mais facilidade que outros.

A fim de analisar o impacto do financiamento do Fundo Setorial de Energia sobre a produção científica em energias renováveis no Brasil, realizou-se uma análise econométrica probabilística, entre o período de 2011-2015. Os resultados, em termos gerais, apontaram um efeito estatisticamente significativo a 5% e positivo, levando a um aumento marginal de aproximadamente 2,3% para cada R\$10.000,00 (deflacionado com base em 2016) sobre a probabilidade de publicar artigos científicos em ERs.

De acordo com os resultados, um incremento na produtividade se dá também a partir do estoque de conhecimento, pesquisadores com um estoque de 5 artigos nos três últimos anos tiveram um impacto de 49,94% a mais na probabilidade de publicar artigos em ERs, observando um impacto ainda maior com 6 ou mais publicações, com um aumento marginal de 54,18% sobre a produtividade em ERs. Tal como, a publicação em anais de eventos, congressos e outros que apresentaram um aumento marginal de 49,2% a mais sobre a produtividade. Esses fatores mostram o diferencial que um pesquisador atuante na área possui em relação aos pesquisadores iniciantes. No que se refere ao impacto do gênero, os resultados apresentaram um aumento marginal de 4,14% sobre a probabilidade, conforme disparidade apontada pela literatura.

Um outro resultado complementar a análise dos determinantes da produtividade científica, foi a interação do Fundo Setorial de Energia com as instituições de referência – USP, UNICAMP, UFRJ – ao qual apresentou um aumento marginal de 2,24% sobre a produtividade de publicar artigos em ERs. Esses

resultados sinalizam que um centro de referência a pesquisa pode ter um impacto positivo sobre o nível de produtividade (MERTON, 1988).

Nesse sentido, destaca-se a importância de expansão do financiamento e de infraestruturas de pesquisas destinadas ao desenvolvimento científico e tecnológico das energias renováveis. Não obstante, a fim de desenvolver um Sistema de Inovação em Energias Renováveis (SIER) mais sólido, faz-se imprescindível a atuação do Estado por meio de incentivos de apoio ao setor, sobretudo, com uma política energética conectada com os propósitos ambientais. Assim, tendo um papel extremamente relevante para o desenvolvimento econômico e sustentável no país, a maturidade dessas tecnologias renováveis colocam o Brasil em um nível de competitividade tecnológica avançada em relação as tecnologias convencionais, dado as suas potencialidades naturais ainda subexploradas.

Financing for Renewable Energy Research in Brazil: An Impact Analysis of the Sectorial Energy Fund on Scientific Productivity

Abstract: The purpose of this article was to analyze the contribution of the FNDCT sectorial energy fund regarding its capacity to foster scientific research in renewable energy in Brazil, based on an econometric analysis, between the period 2011-2015. The database used in the estimates was built from the combination of data from the FNDCT/CNPq base and the Lattes Curriculum of the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq). The survey consisted of extracting information and characteristics from researchers with doctoral and doctoral degrees during the period of access to the resource. The results obtained showed a positive marginal impact of the Sectorial Energy Fund of 2,27% on the scientific productivity of the researchers in the sample. Thus, within this framework, it was possible to justify the importance of financing research for renewable energy, to create a more attractive environment for other types of financing in Brazil.

Keywords: FNDCT financing; Renewable energy; Scientific research.

Referências bibliográficas

ANEEL. Fontes de Energia. **Banco de Informações de Geração (BIG)**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/Combustivel.cfm>>. Acesso em: 29/04/20.

BORGES, Renata. **Produtividade Científica e Infraestrutura Tecnológica**. 2015, 116 p. Dissertação (Mestrado em Economia) Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

BRAGA, Luciana. et al. Diferenças de sexo em uma habilidade cognitiva específica e na produção científica. **Psico-USF**, Bragança Paulista, v. 19, n. 3, p. 477-487, set./dez. 2014.

BRITO, Leidiane. **Resultados dos investimentos em ciência e tecnologia nos Estados brasileiros: uma análise dos indicadores no período 2000-2012**. 2015, 74 p. Dissertação (Mestrado em Propriedade Intelectual) Programa de Pós-graduação em Ciência da Propriedade Intelectual: Universidade Federal de Sergipe, 2015.

BEZERRA, Francisco. Panorama da infraestrutura no nordeste do Brasil: Energia elétrica. **Caderno Setorial ETENE**, ano 4, n. 65, jan. 2019.

BRASIL. Lei Nº 9.991, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em P&D em eficiência energética, e das outras providências.

CGEE. **Grande Impulso Energia (Energy Big Push)**. CGEE.

_____. Diretrizes estratégicas para o Fundo Setorial de Energia Elétrica. **Parcerias Estratégicas**, n.13, dez. 2001. FINEP. Composição do FNDCT. **Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP)**.

FIGUEIREDO, Calebe; ALVARENGA, Gustavo; CAVALCANTE, Luiz. Impactos econômicos e tecnológicos do programa de P&D regulado pela ANEEL. Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa P&D regulado pela Aneel. Brasília: **Ipea**, 2011.

FERREIRA, Ana. Bibliometria na avaliação de periódicos científicos. **Data Grama Zero: Revista de Ciência da Informação**, v.11, n.3 jun. 2010.

FOX, Mary. Gender, Family Characteristics, and Publication Productivity among Scientists. **Social Studies of Science**, n. 35/, fev. 2005, DOI: 10.1177/0306312705046630.

GUIMARÃES, Eduardo. Políticas de inovação: Financiamento e incentivos. **Texto para discussão**, n. 1212. IPEA: Brasília, ago. 2006.

GUJARATI, D.; POTER, D. **Econometria Básica**. 5 ed. Editora: MCGraw Hill, 2011.

HAYNE, Luiz; WYSE, A.T.S. Econometric Analysis of Brazilian Scientific Production and Comparison with BRICS. **Science, Technology & Society**, v.23, n.1, 2017, DOI: 10.1177/0971721817744442.

HILBE, Joseph. **Logistic regression models**. Chapman & Hall Texts in statistical science, 2009.

KANNEBLEY JR., Sérgio; PORTO, Geciane. Incentivos Fiscais à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação no Brasil: Uma avaliação das políticas recentes. **Banco Interamericano de Desenvolvimento**, 2012.

KANNEBLEY JR., Sérgio; CAROLO, Murilo; NEGRI, Fernanda. Impacto dos Fundos Setoriais sobre a Produtividade Acadêmica de Cientistas Universitários. **Estudos Econômicos**, São Paulo, vol. 43, n.4, out./dez. 2013.

KAHN, Michael; MARTINS, Luiz, MATOS, Marcelo. The Financing of Innovation. **Research Gate**, 2014.

KATZ, Sylvian. The self-similar science system. **Research Policy**, v. 28. P.501–517, 1999.

KOSSI, Yann.; LESUEUR, Jean.; SABATIER Mareva. Publish or teach? The role of the scientific environment on academics' multitasking. **Industrial and Corporate Change: Oxford Academic**, v. 25, n. 3, jun. 2016.

LUNDVALL, Bengt-Åke. National Innovation Systems - Analytical Concept and Development Tool. **Industry and Innovation**, v.14, n.1, 95-119, 2007.

MARTINEZ, Paul; RAWLINGS, Patrick., VERMEERSCH, Christel. **Avaliação de Impacto na Prática**. Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento/Banco Mundial, 2015.

MAZZUCATO, Mariana. **O Estado Empreendedor: Desmascarando o Mito do Setor Público vs. Setor Privado**. São Paulo: Portfolio Perquin, 2013.

_____. The entrepreneurial state. *Soundings*, n. 49, 2011, pp. 131-142(12). DOI: 10.3898/136266211798411183.

MAZZUCATO, Mariana, SEMIENIUKB, Gregor. Financing renewable energy: Who is financing what and why it matters. **Technological Forecasting & Social Change**, n. 127. Elsevier: 2018.

MERTON, Robert. The Matthew Effect in Science: The reward and communication systems of science are considered. **Science**, v. 159, 1968.

_____. The Matthew Effect in Science, II: Cumulative Advantage and the Symbolism of Intellectual Property. **ISIS**, v. 79, p. 606-623, 1988.

MORAIS, José. Uma avaliação de programas de apoio financeiro à inovação tecnológica com base nos fundos setoriais e na lei de inovação. **Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica no Brasil – IPEA**, 2008.

NEGRI, Fernanda. et al. Impactos do ADTEN e do FNDCT sobre o Desempenho e os Esforços Tecnológicos das Firms Industriais Brasileiras. **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro, 8 (1), p.211-254, jan./jul. 2009.

_____. *Novos caminhos para a inovação no Brasil*. IPEA, Washington (DC). Editora Wilson Center, 2018.

NELSON, Richard. (1959). "The simple economics of basic scientific research". **The Journal of Political Economy**, v. 67, 297–306.

PEREIRA, Newton. Fundos Setoriais: Avaliação das Estratégias de Implementação e Gestão. **Texto para discussão**, n. 1136, nov. 2005.

PINO, Francisco. Modelos de decisão binários: uma revisão. **Rev. de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 43-57, jan./jun. 2007.

REN21. **Renewables 2019: global status report**. Disponível em: <www.ren21.net>. Acesso em: 31/10/2019.

REZENDE, Adriano; CORRÊA, Carolina DANIEL, Lindomar. Os impactos da política de inovação tecnológica nas universidades federais - uma análise das instituições mineiras. **Revista de Economia e Administração**, v.12, n.1, 100-131p, jan./mar. 2013.

RESENDE, Guilherme; SILVA, Diego, SILVA FILHO, Luís. Avaliação do fundo constitucional de financiamento do nordeste (FNE): uma análise espacial por tipologia da PNDR entre 1999 e 2011. Fortaleza: **ANPEC/BNB**, 2015.

ROUSSEAU, Ronald. Indicadores bibliométricos e econométricos para a avaliação de instituições Científicas. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 149-158, mai./ago. 1998.

SANTOS, Gesmar. Financiamento Público da Pesquisa em Energias Renováveis no Brasil: A Contribuição dos Fundos Setoriais de Inovação Tecnológica. **Texto para discussão**, Rio de Janeiro, mar. 2015.

SANTOS, Gesmar; NEGRI, Fernanda (org); SQUEFF, Flávia. (org.) Características da Infraestrutura de Pesquisa em Energias Renováveis no Brasil. **Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil**. Brasília: IPEA, FINEP e CNPq, 2016.

STOKES, Donald. **O quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2005. Clássicos da Inovação.

STEPHAN, Paula. The Economics of Science. **Handbooks in Economics**, VOL 01, 2010.