

OS DISPÊNDIOS EM PESQUISA & DESENVOLVIMENTO (P&D) CAUSAM EXTERNALIDADES NO MEIO AMBIENTE? EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS PARA O BRASIL

Michel Constantino¹

Dany Rafael Fonseca Mendes²

Resumo

Reconhecendo que a investimentos em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) podem contribuir para o desenvolvimento do Brasil, foram feitos investimentos importantes ao longo do tempo a partir da década de 1940 e foram implementadas a partir da década de 1990 as políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para alavancar a economia. Os recursos devem garantir ao longo do tempo, um processo de desenvolvimento de acordo com os objetivos e padrões de sustentabilidade econômica, social e ambiental. Neste contexto o presente artigo objetivou analisar o impacto dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) aplicados pelo setor público e privado nas emissões de CO₂ do setor agropecuário. Para o procedimento de análise, foram elaborados dois modelos distintos, o primeiro que conta com P&D público e privado na forma linear e quadrática, para investigar o comportamento no futuro. E, no segundo modelo, foram inseridos além da P&D, os desembolsos de crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social – BNDES e o PIB *per capita*. O método de estimação utiliza uma abordagem econométrica para dados em séries temporais no período entre 2000-2015. A variável dependente dos modelos é sempre as emissões de CO₂ do setor agropecuário (CO₂Agro) no Brasil. Os resultados apresentaram alto ajuste do modelo, com R² de 0.977. Os dispêndios públicos, privados e os desembolsos do BNDES apresentaram coeficientes negativos, e o Pib *per capita* apresentou impacto positivo, porém, somente os dispêndios públicos e o Pib *per capita* foram significativos estatisticamente com p-valor<0.01. Há evidências que quanto maiores forem os dispêndios em P&D, menores serão as emissões de CO₂ no setor agropecuário. Os resultados sugerem que com o desenvolvimento do país, e a partir de recursos públicos, sejam geradas tecnologias limpas ao longo do tempo, objetivando redução das emissões de CO₂ no setor mais importante da economia brasileira.

Palavras-chave: Crescimento econômico; Gases de Efeito Estufa; Pesquisa e Desenvolvimento; Setor Agropecuário; PIB *per capita*.

Summary

Recognizing that investments in Research & Development (R&D) can contribute to the development of Brazil, important investments were made over time from the 1940s and the policies of Science, Technology and Innovation (CT&I) to leverage the economy. Resources must ensure, over time, a development process in accordance with the objectives and standards of economic, social and environmental sustainability. In this context, the present article aimed to analyze the impact of R&D expenditures applied by the public and private sector on CO₂ emissions from the agricultural sector. For the analysis procedure, two distinct models were elaborated, the first one that counts on public and private R&D in linear and quadratic form, to investigate the behavior in the future. And, in the second model, the BNDES credit disbursements of the National Bank for Economic and Social Development (BNDES)

1 Professor Universidade Católica Dom Bosco. PhD em Economia. michel@ucdb.br

2 Professor UniCEUB – Brasília: rafael.dany@gmail.com

and GDP per capita were inserted in addition to R & D. The estimation method uses an econometric approach for data in time series in the period between 2000-2015. The model-dependent variable is always CO₂ emissions from the agricultural sector (CO₂Agro) in Brazil. The results showed a high fit of the model, with R² of 0.977. Public and private expenditures and BNDES disbursements presented negative coefficients, and the GDP per capita had a positive impact, however, only public expenditures and GDP per capita were statistically significant with a p-value of <0.01. There is evidence that the greater the R & D expenditures, the lower the CO₂ emissions in the agricultural sector. The results suggest that with the development of the country, and from public resources, clean technologies are generated over time, aiming to reduce CO₂ emissions in the most important sector of the Brazilian economy.

Keywords: Economic growth; Greenhouse gases; Research and Development; Agricultural Sector; GDP per capita.

1. INTRODUÇÃO

As economias desenvolvidas investem cada vez mais em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D). Esses investimentos são oriundos de recursos governamentais e de empresas privadas, este último representa a maior parcela em países como os EUA, Austrália e Japão, enquanto nos países em desenvolvimento o fomento é realizado principalmente pelo governo central. No Brasil os investimentos em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) que englobam os recursos com Pesquisa & Desenvolvimento, são chamados de dispêndios, e divididos entre públicos e privados. Esses dispêndios são fontes de recursos e fomentam a economia para a inovação tecnológica, com objetivo de aumentar a competitividade e alavancar o desenvolvimento.

Na literatura é consenso que os dispêndios com P&D impactam positivamente na economia, e tem papel fundamental no processo de desenvolvimento, principalmente nos aspectos científicos e tecnológicos. Esses investimentos foram respostas para a teoria malthusiana e a revolução verde provou que a tecnologia proporcionada pelo progresso tecnológico a lá Romer, permitiram aumentar a produção com menores fatores naturais como terra e capital humano.

Neste contexto o Brasil, com uma economia baseada na produção agrícola, fez investimentos importantes ao longo do tempo a partir da década de 1940 em políticas de CT&I, elevou seus índices de produtividade agrícolas e transformou sua matriz econômica, que foi além da produção de milho e soja. A partir deste cenário a presente pesquisa foi motivada pela questão: Os dispêndios com P&D geram externalidades positivas ou negativas ao meio ambiente? e quais essas externalidades especificamente no setor agropecuário? pois, este é o setor que recebe maior atenção das políticas públicas de fomento.

Neste contexto, o objetivo do estudo foi de analisar o impacto dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) públicos e privados nas emissões de CO₂ do setor

agropecuário. Para o procedimento de análise, foram elaborados dois modelos distintos, o primeiro que conta com P&D público e privado na forma linear e quadrática, para investigar o comportamento no futuro. E, no segundo modelo, foram inseridos além da P&D, os desembolsos de crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social – BNDES e o PIB *per capita*. O método de estimação utiliza uma abordagem econométrica para dados em séries temporais no período entre 2000-2015. A variável dependente dos modelos é sempre as emissões de CO₂ do setor agropecuário (CO₂Agro) no Brasil.

No presente estudo, além da presente introdução, a segunda seção é dedicada à uma revisão bibliográfica onde se trata das temáticas: Tecnologia e Inovação na Economia; Pesquisa e Desenvolvimento; Economia e Emissões de CO₂. A terceira parte do artigo discorre sobre os Dados; Modelo Teórico; e Método de Estimação. Em seguida, na quarta seção, apresenta a Análise dos Dados; Análise Econométrica; e Discussão. Por fim, são apresentados na última seção as Considerações Finais sobre o estudo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Tecnologia e Inovação na Economia

Os recursos tecnológicos devem garantir ao longo do tempo, um processo de desenvolvimento de acordo com os objetivos e padrões de sustentabilidade econômica, social e ambiental. De acordo com Gaspar (2015) as tecnologias evoluem e propiciam mais e melhores resultados em benefício da humanidade. Estas evoluções tecnológicas poderão, no futuro, ajudar ou prejudicar a sobrevivência de todo tipo de vida existente no planeta terra. Assim sendo, as tecnologias influenciam nas alterações que ocorrem na humanidade (GASPAR, 2015). A Revolução Industrial iniciada entre o final do século XVIII e início do século XIX, promoveu evoluções tecnológicas que permitiram o avanço econômico e potencializou as grandes inovações.

A humanidade em suas atividades demanda por constantes inovações tecnológicas para atender o seu consumo. Numa economia baseada no consumo as inovações tecnológicas são as principais propulsoras da elevação do mercado, pois promove o surgimento de novas necessidades nos seres humanos e se apresenta como o principal fator de progresso e de desenvolvimento (SILVEIRA & BASSO, 2005; GASPAR, 2015). De acordo com Griffin (2012) a tecnologia é fator colaborativo para incrementar a economia, a produção de bens e serviços e o bom uso dos mais diversos recursos em prol de promover a sustentabilidade da humanidade.

Nelson & Phelps (1966) e Romer (1990) afirmam que a evolução tecnológica corrobora no aumento da produção. No mesmo contexto, Rattner (1967) destaca que

o aumento de produção desempenha um papel importante no desenvolvimento e crescimento econômico.

A tecnologia e a inovação, são importantes para a economia, e se constituem fundamentais para o processo social, intimamente ligada à história, à cultura, à educação, às organizações institucionais e políticas, e à base econômica da sociedade. O processo tecnológico de inovar não é papel único atribuído às empresas, mas também a um conjunto de habilidades coletivas bem amplas, canalizadas para gerar, absorver e difundir o novo (MCTI&C, 2001; MCTI&C, 2002).

Verspagen (2000) analisou um modelo de crescimento evolutivo e observou que a convergência baseada na assimilação de tecnologia estrangeira estava se tornando um processo mais ativo. Constatou que a P&D é crucial para recuperação do atraso das nações e não é mais uma atividade inequivocamente associada à mudança da fronteira tecnológica mundial. Constatou ainda que, as diferenças entre os países em termos de competências tecnológicas puras são importantes para explicar os diferenciais de crescimento.

2.2 Pesquisa & Desenvolvimento

As diferenças do desempenho econômico entre os países, de acordo com a perspectiva neoschumpeteriana, são explicadas, em sua maioria, por meio da complexa interação das instituições públicas e privadas participantes do Sistema Nacional de Inovação (SNI) e a coordenação entre elas. Reconhecendo que os investimentos em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) podem contribuir para o desenvolvimento do Brasil, foram implementadas a partir da década de 1990 políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para alavancar a economia.

Para Mazzucato & Penna (2016) todos os países do mundo buscam conseguir um crescimento econômico inteligente (subsidiado pela inovação), inclusivo e sustentável. Para tanto, as políticas de inovação devem desenvolver, implementar e monitorar, estrategicamente, um programa de inovação baseado nos pontos fortes do sistema de inovação de modo a vencer as fragilidades da nação, enfrentando os desafios, aproveitando as potencialidades e oportunidades disponíveis em termos de recursos no país. Ainda, Mazzucato & Penna (2016) afirmaram que os investimentos públicos em P&D e inovação são recursos que geram melhores efeitos multiplicadores na economia em comparação a outros gastos governamentais. Estes investimentos promoverem a inclusão de tecnologias inovadoras que maximizam a produção e conseqüentemente a criação de novas vagas de emprego e qualidade de vida humana.

Para Tuna, Kayacan & Bektaú (2015) o crescimento sustentado nas nações desenvolvidas é atribuído por maioria dos economistas contemporâneos nas atividades intensivas por elas realizadas em P&D.. Metcalfe (2005) afirma que o

principal objetivo da política científica é administrar e financiar a produção e a acumulação de conhecimentos em relação ao fenômeno natural pela criação e apoio de organizações apropriadas - laboratórios de pesquisa e universidades.

Sobre Ciência, Tecnologia e Inovação, Salami & Soltanzadeh (2012) salienta que existe diferenças entre os objetivos da política tecnológica e a política científica. Estas políticas representam considerações filosóficas mais amplas para um foco mais instrumental no prestígio nacional e nos objetivos econômicos. As políticas de inovação são abordadas por ambas como uma infraestrutura para ajudar as organizações e instituições envolvidas na elaboração de políticas de C & T., sendo comum entre elas a divulgação com uso de marketing das novas tecnologias.

Mazzucato & Penna (2016) estudaram as políticas de inovação explícitas brasileira (políticas formuladas pelo Ministério da Fazenda e o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCTI) e incluídas nos planos de políticas de ciência, tecnologia e inovação) para poderem sugerir iniciativas políticas que permitam o Sistema Nacional de Inovação (SNI) ficar mais instruído para realizarem políticas propositivas promovidas pelo Estado em parceria direta com o setor privado. Neste estudo os autores concluíram que as políticas de inovação executadas nas últimas décadas do século XX foram falhas devido a terem sido baseadas em uma perspectiva restritiva de falha de mercado, e que para os próximos anos, com políticas de inovação direcionadas, passe a ser eficiente na definição da direção e ambições sobre sua trajetória tecnológica em prol do desenvolvimento econômico.

Mendes, Oliveira e Pinheiro (2013) examinaram os possíveis impactos da Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil, especialmente na parte do seu marco regulatório, nos indicadores do processo inovativo. Analisaram as prováveis relações entre as leis: Lei da Inovação e Lei do Bem e ainda, analisaram os dispêndios privados em P&D durante o período inicial do ano de 2005 até o ano de 2009. Os resultados confirmaram ter havido evolução significativa nos indicadores de inovação após a vigência das Leis: da Inovação e do Bem, e verificou ter havido uma evolução positiva dos dispêndios privados em P&D.

Zuniga *et al.* (2016) examinaram a situação brasileira com relação as suas atividades de pesquisa, transferência de tecnologia e inovação comparada as economias semelhantes e, também, com alguns países desenvolvidos. Para tanto, analisaram a governança em três itens: sistemas de pesquisa e inovação; atual panorama de políticas; e os resultados dos atuais programas de políticas. O objetivo do estudo foi identificar formas de promover um Sistema Nacional de Inovação (SNI) mais eficaz e um melhor desempenho da inovação por parte do setor privado. O estudo possibilitou sugerir: reformas das políticas públicas para a inovação do setor privado brasileiro com base no aumento da eficiência da concorrência de mercado que é fundamental para sucesso do apoio estatal à inovação; melhorar a pesquisa pública com a colaboração da indústria; aumentar a inovação e a eficácia da demanda;

melhorar a gestão de políticas; e realizar revisões periódicas da despesa pública e outras formas de monitoramento e avaliação.

Zuniga *et al.* (2016) afirmaram que houve nas últimas décadas progressos econômicos e sociais expressivos no Brasil, fato que participou na diminuição da pobreza e desigualdades. Salientam que, mesmo com progressos econômicos consideráveis, o Brasil nas últimas seis décadas teve baixo crescimento da produtividade nas indústrias dos setores de manufaturas e serviços.

Resende; Strube & Zeidan (2014) avaliaram as políticas de inovação no contexto da indústria brasileira em 2003. Focaram nos testes de complementaridade e substituíbilidade para os obstáculos à inovação. Encontraram evidências de que a concorrência internacional promove as empresas a terem maior propensão a inovação e ainda, encontraram evidências que sugerem e favorecem a adoção de políticas de incentivo mais direcionadas à inovação. Quadros *et al.* (2001) salientam que as empresas transnacionais dos países industrializados que mantêm centros de P&D transferem suas inovações inseridas nos produtos e processos para o mercado sul-americano de forma a adaptá-los as necessidades do mercado local ou às restrições técnicas ao fornecimento de materiais e componentes. Neste mesmo contexto, Erber (2004) afirma que as empresas localizadas no Brasil investem limitadamente em P & D e importam tecnologia para introduzirem em seus novos produtos e processos.

Gupta *et al.* (2013) afirmam que os recursos públicos investidos em P&D não beneficia grande parte dos setores privados. A pesquisa básica realizada pelas universidades não está sendo transferida para a comunidade produtora privada, fato que faz com que os benefícios das pesquisas impactem a economia após mais de uma década. Ainda, as inovações realizadas no Brasil são adaptadas amplamente as demandas locais e regionais e não são compartilhadas a nível global. Mesmo assim, o Brasil tem um forte setor manufatureiro, domina a região da América do Sul como um líder regional, e tem mantido uma econômica crescente.

Ribeiro (2016) estudou as transferências de técnicas para o ramo semiárido da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a partir do início dos anos 90, focando a cooperação internacional do Brasil em ciência & tecnologia (C&T) e comparou a política de Ciência, Tecnologia e Inovação (CTI) do Brasil com as iniciativas reais de cooperação em C & T para determinar se elas convergem ou divergem. O resultado do estudo identificou que a política de CT&I do Brasil foi ajustada em grande parte pela colaboração internacional e identificou lacunas e áreas de preocupação, em especial uma fragmentação da cooperação em nível macro e micro que requer um gerenciamento eficaz na eventualidade da colaboração em C&T for consolidar o papel internacional do Brasil e seus interesses geopolíticos.

Quadros *et al.* (2001) analisou os dados coletados em mais de 10.000 empresas industriais do Estado de São Paulo referentes a 1996, e constatou que as empresas

controladas total ou parcialmente por estrangeiros são mais propensas para introduzir novos processos e produtos, além de serem as empresas que mais empregam cientistas e engenheiros para realizarem as atividades de P&D.

Erber (2004) em seu estudo que explora a conjectura da inovatividade da economia brasileira no período desde o ano 1990 até 2002, afirma que no Brasil a maior parte dos investimentos em pesquisa científica e técnica são realizados por fundos governamentais e, ainda, são consumidos acima de 40% dos gastos com P&D na manutenção e a expansão do sistema de pós-graduação. As empresas investem apenas 36% do total dos dispêndios em P&D, participação percentual que equivalente aproximadamente a metade da média dos investimentos na OCDE. Afirma, ainda, Erber (2004) que os governos Brasil e Coreia do Sul investem em P&D uma parcela do PIB (Brasil 0,57% e Coreia do Sul 0,7%) e o setor privado investe a diferença dos investimentos totais em P&D e que correspondem em percentual do PIB, no Brasil 0,9% e na Coreia do Sul 2,5%.

Salami & Soltanzadeh (2012) analisaram as políticas e experiências com CTI dos países: Brasil; Índia; China; África do Sul; e Coreia do Sul, considerados bem-sucedidos no gerenciamento de sua mudança tecnológica. Observaram que o governo de cada país desempenhou seu papel na concepção e formulação de políticas de ciência, tecnologia e inovação de seus países. Em cada um destes países foi criada uma infra-estrutura adequada para implantar políticas de CTIs para lhes permitir a conquista de sucesso em seu desenvolvimento tecnológico nacional geral de suas nações. Concluíram que com a análise dos países estudados os formuladores de políticas dos países menos desenvolvidos devem adotar políticas de CTI que se integrem ao seu desenvolvimento nacional. Ainda, Salami & Soltanzadeh (2012) observaram que a política de inovação deve sempre buscar soluções para alcançar o desenvolvimento econômico e eliminar problemas relacionados à falta de energias renováveis e poluições. Oliveira *et al.* (2015) analisaram o impacto dos dispêndios em P&D no Brasil nos pedidos de patentes nacionais e no Produto Interno Bruto (PIB) do País, e os resultados dos modelos econométricos confirmam que os dispêndios públicos e privados são importantes para o crescimento do PIB.

De acordo com o contexto apresentado observa-se que no Brasil está ocorrendo uma lenta evolução das políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), mesmo assim tem havido progresso no desempenho das inovações e consequente crescimento econômico. Estes fatores poderiam estarem melhores para permitir a redução da dependência tecnológica externa que ainda prevalece no País.

2.3 Economia e emissões de CO₂e

O crescimento das nações deve garantir ao longo do tempo, um processo de desenvolvimento de acordo com os objetivos e padrões de sustentabilidade econômica, social e ambiental. Pesquisadores elaboram diariamente estudos para

determinar em quais condições e quais os fatores que contribuem para o aumento ou diminuição das emissões de gases do efeito estufa. Neste sentido, Soares & Lima (2013) com o objetivo de analisar a relação entre a produção de energia, a renda e as emissões de dióxido de carbono (CO₂) no Brasil, no período desde o ano de 1962 até o ano de 2007, constataram que o Brasil, mesmo contando com uma matriz energética relativamente limpa não está conseguindo reduzir as emissões de CO₂.

Shaari *et al.* (2014) investigaram os efeitos do crescimento econômico e do investimento estrangeiro direto-IDE sobre as emissões de CO₂ de 15 países em desenvolvimento no período desde o ano de 1992 até o ano de 2012. Os resultados na cointegração de Johansen mostraram a existência de relação cointegrada entre as variáveis (IDE, CO₂ e PIB), Analisaram o FMOLS e constataram que, a longo prazo, o IDE direto não tem efeito sobre a emissão de CO₂. Mas, os aumentos no crescimento econômico podem intensificar as emissões de CO₂. Zhang & Cheng (2009) investigam a existência de causalidade de Granger entre crescimento econômico, consumo de energia e emissões de carbono na China no período desde o ano de 1960 até o ano de 2007, aplicaram um modelo multivariado de crescimento econômico e encontraram evidências que nem as emissões de carbono nem o consumo de energia levam ao crescimento econômico na China.

Wang *et al.* (2011) examinaram as relações causais entre emissões de dióxido de carbono, consumo de energia e produção econômica real em 28 províncias na China durante o período desde o ano de 1995 até o ano de 2007, por meio das técnicas de modelagem de correção de erro de vetor de painel e cointegração de painel baseadas nos dados do painel. Os resultados mostram que as emissões de CO₂, o consumo de energia e o crescimento econômico parecem estar cointegrados. Constataram que o consumo de energia e o crescimento econômico causam a emissão de CO₂. As emissões de CO₂ e o crescimento econômico são causa do consumo de energia. Portanto, concluíram que as emissões do CO₂ na China não reduzirão e poderão prejudicar o crescimento econômico do país.

Boopen & Vinesh (2010), analisaram a relação entre o PIB e as emissões de dióxido de carbono para as Maurícias e vice-versa para o ano 1975-2009. Usaram as propriedades de séries temporais e análise econométrica, e os resultados sugeriram que a emissão de dióxido de carbono está intimamente relacionada com PIB no tempo. Shaari *et al.* (2016) analisaram os efeitos positivos e negativos da tecnologia em países desenvolvidos (Alemanha, Reino Unido, França, Estados Unidos e Canadá) no período de 1996 a 2011. Os resultados da cointegração mostraram que existe uma relação de longo prazo entre as variáveis (P&D, PIB, Uso de Energia e Emissão de Dióxido de Carbono).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Dados

A análise econométrica utilizou dados secundários em séries temporais coletadas do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação- MCTI&C que adota a metodologia sugerida no Manual de Frascati da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico, para os valores dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social- BNDES é responsável pelos dados dos desembolsos com as ofertas de crédito. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) calcula o PIB e divulga no primeiro semestre de cada ano divulga o PIB anual referente ao período anterior. O SEEG-Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa calcula os valores estimados das emissões dos Gases Efeito Estufa (GEE) do Brasil usando os fatores de emissão do quinto relatório de avaliação (AR5) de 2013 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas-IPCC. O IPCC adota a sigla CO_{2e}- gás carbônico equivalente para se referir ao total dos gases efeito estufa GEE (SEEG, 2017).

Os valores das variáveis P_{pub}, P_{priv}, BNDES estão expressos em milhões de Reais e em valores correntes. A variável PIB per capita (Pibpc) está expressa em mil reais e a variável CO₂Agro está expressa em toneladas, entre 2000-2015. Os dados para análise foram organizados na Tabela 1 e se destinam a proporcionar uma melhor visão das evoluções que tiveram no período em estudo.

Tabela 1 – Séries Temporais Analisadas

Ano	CO _{2e} ³	CO ₂ Agro ₂ ⁴	PD _{pub} ⁵	PD _{priv} ⁶	BNDES ⁷	PIBpc ⁸
1 2000	2.246.338.610,49	384.605.797,46	6.493,84	6.066,81	23.046,00	6.913,25
2 2001	2.231.782.360,62	398.106.835,13	7.447,79	6.525,23	25.216,52	7.480,35
3 2002	2.490.316.648,38	412.154.021,62	7.760,89	7.271,02	37.419,27	8.350,46
4 2003	3.703.761.245,57	435.326.856,74	8.825,99	8.343,02	33.533,59	9.511,04
5 2004	3.929.252.165,35	453.609.253,20	9.335,28	9.526,30	39.833,90	10.703,18
6 2005	3.261.774.332,79	459.307.531,49	10.371,21	11.388,10	46.980,24	11.723,76
7 2006	2.875.364.993,65	458.547.385,27	11.911,11	11.895,90	51.318,02	12.862,61
8 2007	2.681.721.585,19	445.269.796,82	15.184,84	14.231,55	64.891,80	14.359,12
9 2008	2.806.913.074,72	453.033.595,63	17.680,75	17.430,08	90.877,91	16.237,99
10 2009	2.003.105.249,55	460.430.021,97	19.498,13	17.787,17	136.356,36	17.222,52
11 2010	1.924.983.500,34	472.207.175,68	23.039,23	22.033,63	168.422,75	19.877,68
12 2011	1.926.895.069,33	483.930.348,29	26.382,62	23.493,24	138.873,44	22.170,80
13 2012	1.947.464.822,56	478.163.670,37	29.802,88	24.451,71	155.992,27	24.165,02
14 2013	2.106.776.356,05	483.146.335,18	36.783,75	26.964,85	190.419,04	26.520,06
15 2014	2.022.249.199,96	487.909.422,84	38.742,60	34.645,00	187.836,87	28.498,21
16 2015	2.091.294.970,58	490.923.397,59	38.394,40	38.137,40	135.942,05	29.117,47

Fontes: BNDES (2017); IBGE (2017a); MCTI&C (2017); SEEG (2018)

³ CO_{2e} = Gases Efeito Estufa (GEE) equivalente – quantidade total bruta no Brasil (Ton.)

⁴ CO₂Agro₂ = Gases Efeito Estufa (GEE) equivalente – quantidade total bruta na agropecuária (Ton.)

⁵ PD_{pub} = Dispêndios em P&D por instituições públicas (Milhões de Reais)

⁶ PD_{priv} = Dispêndios em P&D por instituições privadas (Milhões de Reais)

⁷ BNDES = Desembolsos BNDES para Empresas (Milhões de Reais)

⁸ PIBpc = Produto Interno Bruto *Per Capita* (Mil Reais)

3.2 Modelo Teórico

O modelo (1) estima o impacto: dos dispêndios em P&D públicos (PD_{pub}), P&D privados (PD_{priv}); de forma linear e não linear (PD_{pub}^2 ; PD_{priv}^2) nas Emissões de CO₂ do setor agropecuário (CO₂Agro₂) no Brasil.

$$CO_2Agro_2 = \beta_o + \beta_1 PD_{pub}_t + \beta_2 PD_{priv}_t + \beta_3 PD_{pub}_t^2 + \beta_4 PD_{priv}_t^2 + \varepsilon_t \quad (1)$$

O modelo (2) estima o impacto: dos dispêndios em P&D públicos (PD_{pub}), P&D privados (PD_{priv}), os desembolsos de crédito do BNDES ($BNDES$); e do PIB *per capita* (BIP_{pc}) sobre as Emissões de CO₂ do setor agropecuário (CO₂Agro₂) no Brasil.

$$CO_2Agro_2 = \beta_o + \beta_1 PD_{pub}_t + \beta_2 PD_{priv}_t + \beta_3 BNDES_t + \beta_4 BIP_{pc}_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

3.3 Método de Estimação

Para a análise empírica, a modelagem econométrica foi definida como um procedimento metodológico, e o método de estimação aplicado foi o Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Todas as variáveis foram convertidas em logaritmos naturais na análise econométrica de forma a evitar os efeitos de variáveis que poderiam afetar os dados. O uso de logaritmos melhora a interpretação dos coeficientes permitindo que a avaliação seja em base percentual.

Para análise do ajuste do modelo, foi utilizado o R² que é o coeficiente de determinação, e que varia entre 0 e 1.

4 RESULTADOS

4.1 Análise dos Dados

As emissões de CO₂e no decorrer do período de 2000 a 2015 teve crescimento médio de 0,74% com uma média de 2.515.624.636,6 toneladas de CO₂e (tabela 2), enquanto as emissões de CO₂Agro teve crescimento médio de 1,66% e média de 453.541.965,3 toneladas de CO₂e (tabela 2). O PIB *per-capita* no mesmo período teve aumento médio de 10,11% e média de 16.607,1 (Reais) (tabela 2), o que sugere que o crescimento das emissões de GEE não evoluíram proporcionalmente ao PIB-*per capita*. No entanto, nos anos de 2004 até 2010 houve uma redução nas emissões estimadas totais no Brasil na ordem de 51,01%, de 3.929.252.165,35 toneladas para 1.924.983.500,34 toneladas. No mesmo período, as emissões estimadas totais do setor agropecuário tiveram aumento de 4,10%, de 453.609.253,20 toneladas para 472.207.175,68 toneladas, enquanto o PIB-*per capita* passou de R\$ 10.703,18 em 2004 para R\$ 19.877,68 em 2010, registrando um aumento neste período de 85,72%. Na inferência destes dados, constata-se que o setor agropecuário está emitindo gases efeito estufa, proporcionalmente, muito superiores às emissões de CO₂e totais do Brasil.

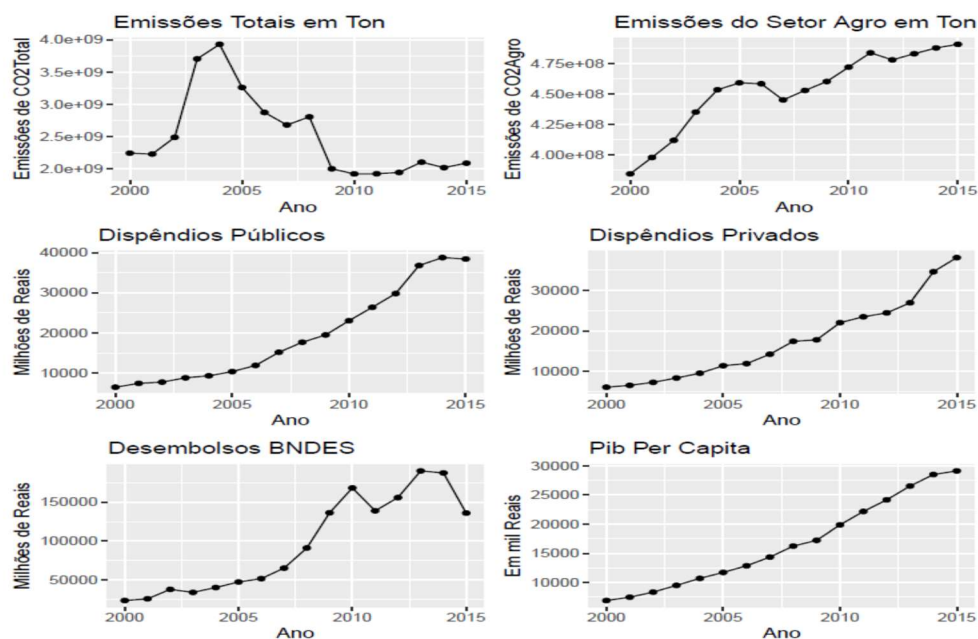
Os dispêndios com P&D para as instituições públicas e para as privadas tiveram no período de 2000 a 2015 aumento médio de 12,80% e 13,30% e médias de 19.228,5 e 17511,9 (milhões de Reais) respectivamente (tabela 2), respectivamente, o que mostra um equilíbrio entre os dispêndios para os dois setores. Os desembolsos com as ofertas de crédito realizados pelo BNDES no período em estudo resultaram na média percentual de 14,75% e média de 95435,0 (milhões de Reais) conforme tabela 2, enquanto o BIP *per capita* teve 10,11% de aumento médio no mesmo período. As três variáveis PDpub, PDpriv, BNDES, e PIBpc tiveram aumentos médios de 12,80%, 13,30%, 14,75%, 10,11% respectivamente, enquanto as variáveis CO²Agro e CO²e tiveram aumento médio de 0,17% e 0,07%. Diante de tais dados pode-se inferir que as variáveis em estudo podem influenciar na estabilização das emissões de Gases de Efeito Estufa.

Tabela 2 – Estatística Descritiva das Variáveis: CO₂e; CO₂Agro; P_dpub.; P_dpriv.; BNDES; e PIBpc período de 2000 a 2015

	CO ₂ e	CO ₂ Agro	P _d pub	P _d priv	BNDES	PIBpc
Média	2515624636,6	453541965,3	19228,5	17511,9	95435,0	16607,1
Mediana	2239060485,6	458927458,4	16432,8	15830,8	77884,9	15298,6
Desvio padrão	644665080,3	32018139,2	11613,8	9990,0	61894,8	7611,6
Variância	4,15593E+17	1,02516E+15	134880348	99799360,2	3830964320	57935705,7
Mínimo	1924983500	384605797,5	6493,8	6066,8	23046,0	6913,3
Máximo	3929252165	490923397,6	38742,6	38137,4	190419,0	29117,5
Contagem	16	16	16	16	16	16

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do BNDES (2017); IBGE (2017); e MCTI&C (2017)

Figura 1: Evolução anual das variáveis



Fonte: BNDES (2017); IBGE (2017a); MCTI&C (2017); SEEG (2018)

4.2 Análise Econométrica

Os modelos propostos foram estimados com intuito de analisar o impacto dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) públicos e privados e da economia (desembolsos de crédito do BNDES e PIB *per capita*) no Brasil nas emissões de CO₂ do setor agropecuário (CO₂Agro), para os anos 2000 a 2015. A Tabela 3 apresenta os resultados.

Tabela 3: Resultado da Estimação dos Modelos (1) e (2)

	<i>Dependent variable:</i>	
	log(CO₂Agro)	
	(1)	(2)
log(PDpub)	-0.373** (0.137)	-0.353*** (0.049)
log(PDpriv)	0.522*** (0.134)	-0.078 (0,058)
PDpub2	-0.000* (0.000)	
PDpriv2	-0.000** (0.000)	
log(BNDES)		-0.003 (0,018)
log(Pibpc)		0.697*** (0,093)
Constant	18.546*** (0.230)	17.445*** (0.189)
Observations	16	16
R²	0.922	0.977
Adjusted R²	0.893	0.969
Residual Std. Error (df = 11)	0.024	0.013
F Statistic (df = 4; 11)	32.367***	118.533***
Note:	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01	

4.2.1 Análise Econométrica do Modelo 1

Na análise dos resultados econométricos, especificamente na análise de regressão, se observa que no modelo 1, tabela 3, analisa os dispêndios em P&D públicos e privados nas emissões de CO₂Agro, e analisa o impacto linear e o impacto não linear.

O índice “R²” (R-quadrado) mede a qualidade e os ajustes dos valores obtidos na regressão. Portanto, o R² apresentou o resultado de 0,922, muito próximo a 1.

Assim sendo, foi observado que o modelo 1 apresenta alto ajuste sugerido pelo R^2 de 92,2%. Portanto, o resultado do R^2 dá a garantia de que este modelo explica o objeto em estudo, ou seja, verifica-se que 92,2% da variabilidade da variável dependente $\log(\text{CO}_2\text{Agro})$ é explicada pelas variáveis independentes: $\log(\text{Pdpub})$; $\log(\text{Pdpriv})$; Pdpub^2 ; e Pdpriv^2 .

Os coeficientes das variáveis independentes em análise no Modelo 1 apresentaram-se da seguinte forma:

O coeficiente da variável $\log(\text{Pdpub})$ resultou em - 0,373 (negativo) com significância de 0,95, demonstrando que ao serem aumentados os dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento no setor público, menores serão as emissões de CO_2 no setor agropecuário.

O coeficiente da variável $\log(\text{Pdpriv})$ resultou em 0,522 (positivo) com significância de 0,99 que demonstra ter alta relevância, e sugere que os dispêndios em P&D no setor privado corroboram com o aumento das emissões de CO_2 agropecuário.

4.2.2 Análise Econométrica do Modelo 2

O modelo 2, tabela 3, analisa o impacto: dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) efetuados para o setor público e para o setor privado; dos desembolsos com a oferta de crédito realizados pelo BNDES e o PIB *per capita* sobre as Emissões de CO_2 do setor agropecuário (CO_2Agro). O índice “ R^2 ” (R -quadrado) mede a qualidade e os ajustes dos valores obtidos na regressão. Portanto, o R^2 apresentou o resultado de 0,977, muito próximo a 1. Assim sendo, foi observado que o modelo 2 apresenta alto ajuste sugerido pelo R^2 de 97,7%. Portanto, o resultado do R^2 dá a garantia de que este modelo explica o objeto em estudo, ou seja, verifica-se que 97,7% da variabilidade da variável dependente $\log(\text{CO}_2\text{Agro})$ é explicada pelas variáveis independentes $\log(\text{Pdpub})$; $\log(\text{Pdpriv})$; $\log(\text{BNDES})$; e $\log(\text{Pibpc})$.

Os coeficientes das variáveis independentes em análise, apresentaram-se da seguinte forma:

O coeficiente da variável $\log(\text{Pdpub})$ resultou em - 0,353 (negativo) com significância de 0,99 demonstra que quanto maiores forem os dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento no setor público, menores serão as emissões de CO_2 Agropecuário.

O coeficiente da variável $\log(\text{Pdpriv})$ resultou em -0,078 (negativo) com significância abaixo de 0,90 que demonstra ter baixa relevância. Mas, pelo fato de o coeficiente ser negativo, demonstra que os aumentos dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento no setor privado corrobora com a redução do CO_2 Agropecuário, mas com menor intensidade.

O coeficiente da variável log (BNDES) resultou em -0,003 (negativo) com significância abaixo de 0,90 que demonstra ter baixa relevância. Inclusive apresentou um valor muito próximo a zero demonstrando que o desembolso com a oferta de crédito pelo BNDES não é significativo para corroborar nos aumentos ou reduções do CO₂Agro.

O coeficiente da variável log(Pibpc) resultou em 0,697 (positivo) com significância acima de 0,99. Resultado que demonstra ter esta variável alta relevância, mas se apresenta oposto aos resultados das demais variáveis em razão de o PIB *per capita* corroborar para o aumento das emissões do CO₂ Agropecuário.

4.3 DISCUSSÃO

4.3.1 Análise dos resultados do modelo 1

A análise econométrica do impacto dos dispêndios em P&D públicos e privados nas emissões de CO₂Agro, analisa o impacto linear e o impacto não linear, conforme modelo 1, é apresentado o coeficiente dos dispêndios em P&D públicos negativo e significativo com p-valor<0.05, este resultado sugere que os dispêndios em P&D público contribuem para a redução nas emissões de CO₂ agropecuário. Portanto, há evidências de que os dispêndios em P&D públicos impactam negativamente as emissões de CO₂ agropecuário. Este resultado corrobora com os estudos de Yii & Geetha (2017) que examinaram a relação causal entre inovação tecnológica e emissões de CO₂ com crescimento econômico, consumo de eletricidade e preço de energia na Malásia. Os dados ao longo do período desde o ano de 1971 até o ano de 2013 foram analisados usando os testes de causalidade VECM e TYDL granger. Os resultados indicaram que a inovação tecnológica está negativamente relacionada às emissões de CO₂ em curto prazo, enquanto nenhuma relação de longo prazo foi encontrada, ou seja, o estudo sugere que inovação tecnologia promove, a curto prazo, a redução das emissões de CO₂.

O resultado ainda vai de encontro com Fernández; López & Blanco (2018) que, em seu estudo, verificaram empiricamente se os esforços em inovação têm um efeito positivo na redução das emissões de CO₂ na União Europeia, nos Estados Unidos e China entre os anos de 1990 até o ano de 2013. A estimativa foi realizada utilizando uma regressão linear por mínimos quadrados ordinários, utilizando como variáveis independentes os dispêndios com P&D e o consumo de energia. Os resultados apoiam a hipótese de que a redução das emissões de CO₂ nos países desenvolvidos podem ser consequentes da contribuição dos dispêndios com pesquisa e desenvolvimento.

A título de exemplo de que a P&D corrobora com a redução das emissões de CO₂ está sugerido no estudo de Burchart-Korol; Pichlak; & Kruczek (2016) que objetivou divulgar as inovações tecnológicas que mais participam na redução das emissões de gases efeito estufa no decorrer da produção de aço. O resultado

apresentou as tecnologias inovadoras de produção de aço que reduzem entre 25 e 35% das emissões dos Gases Efeito Estufa (GEE).

Opostamente ocorreu com o coeficiente dos dispêndios em P&D no setor privado que se apresentou positivo e significativo com $p\text{-valor} < 0.01$, este resultado sugere que os dispêndios com P&D privado pode contribuir para o aumento das emissões de CO₂ agropecuário. Resultado semelhante a este não foi encontrado nenhum outro estudo.

Assim sendo, ao serem analisados os estudos de Fernández; López & Blanco (2018) e de Burchart-Korol; Pichlak & Kruczek (2016), que afirmam que os investimentos em P&D contribui para a redução das emissões de CO₂. Portanto, este resultado se apresenta em sentido oposto aos dispêndios em P&D público. Desta forma, pode-se sugerir que os dispêndios em P&D privados poderiam apresentar resultados favoráveis à redução das emissões de CO₂ se fossem realizados em montante maior, para poderem possibilitar os mesmos efeitos dos recursos dispendidos em P&D com o setor público.

Neste contexto, Zuniga *et al.* (2016) asseguram que o setor privado brasileiro investe pouco em ciência, tecnologia e inovação (CT&I) em comparação aos seus pares e aos países da OCDE em várias áreas críticas de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), outros ativos intangíveis e, o mais significativo que é na adoção de tecnologias. Erber (2004) em seu estudo afirmou que o governo brasileiro realiza a maior parte dos investimentos em P&D, já o setor público investe somente 36%.

O modelo 2 analisa o impacto dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para o setor público e o coeficiente se apresentou negativo e significativo com $p\text{-valor} < 0.01$. Este resultado sugere que quanto maiores forem os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento no setor público, menores serão as emissões de CO₂ no setor agropecuário. Este resultado compactua com os estudos de Raulino (2018) que afirma que quanto maiores os investimentos em tecnologias, principalmente nas tecnologias que possibilitam a mitigação da emissão de GEE reduzem os impactos ambientais.

Ainda, no modelo 2, o impacto dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) efetuados para o setor privado apresentou um coeficiente negativo e significativo com $p\text{-valor} < 0.10$, demonstrando que promove redução do CO₂ do setor agropecuário, mas com menor intensidade. Assim sendo, reforça-se a análise exposta no modelo 1 de que qualquer investimento em P&D ajuda promover a redução de CO₂. Este fato corrobora com os resultados dos estudos de Fan & Hossain (2018) que examinaram e compararam as relações de longo e curto prazo entre inovação tecnológica, abertura comercial, emissão de CO₂ e crescimento econômico da China e da Índia no período desde o ano de 1974 até o ano de 2016. Utilizaram a metodologia ARDL Bounds Test e o teste Toda-Yamamoto Granger Causality. Os

resultados obtidos expressaram que: as emissões de CO₂ impactam negativamente a curto prazo no crescimento econômico e mostra uma causalidade unidirecional decorrente da Inovação tecnológica às emissões de CO₂.

No modelo 2, ainda, foi analisado o impacto dos desembolsos com a oferta de crédito realizados BNDES nas emissões de CO₂ do setor agropecuário que apresentou um coeficiente negativo e significativo com $p\text{-valor} < 0.10$, demonstrando ter baixa relevância para corroborar nos aumentos ou reduções nas Emissões de CO₂ do setor agropecuário. Mas, de acordo com Muhammad; Qazi Muhammad Adnan & Aviral Kumar (2013) que examinaram as ligações entre o crescimento econômico, consumo de energia, desenvolvimento financeiro, abertura comercial e emissões de CO₂ durante o período desde o ano de 1975 até o ano de 2011 na Indonésia, e obtiveram nos resultados empíricos que o crescimento econômico e o consumo de energia aumentam as emissões de CO₂, mas o desenvolvimento financeiro e a abertura comercial o compactam e podem desempenhar seu papel na melhoria da qualidade ambiental. Assim, podemos considerar que o BNDES desempenha um papel significativo no desenvolvimento financeiro, que por sua vez, corrobora na compactação das emissões de CO₂.

Na análise do modelo 2, o impacto do PIB *per capita* sobre as emissões de CO₂ do setor agropecuário (CO₂Agro) o coeficiente apresentou-se negativo e significativo com $p\text{-valor} < 0.01$. Este resultado demonstra alta relevância desta variável, mas se apresenta oposto aos resultados das demais variáveis, isto em razão de o PIB *per capita* corroborar para o aumento das emissões do CO₂Agro. Este fato confirma os estudos de Shaari *at al.* (2014) quando afirmaram que os aumentos no crescimento econômico podem intensificar as emissões de CO₂. E também corrobora com Cederborg & Snöbohm (2016) que examinaram a relação entre o PIB per capita e as emissões per capita de CO₂. O estudo foi realizado em 69 países industrializados e em 45 países pobres usando dados transversais. O resultado empírico do estudo transversal apontou que existe uma relação entre o PIB *per capita* e as emissões de CO₂ *per capita*. A correlação apresentou-se positiva, o que sugeriu que o crescimento do PIB *per capita* leva ao aumento das emissões de CO₂.

Conforme considerações elencadas, qualquer dispêndio em P&D pode corroborar com a redução das emissões de CO₂, fato que compactua com os autores Solow (1956) e Gonda (2005) que defendem a tecnologia com o argumento de que os problemas ecológicos provocados pelo crescimento econômico serão superados com o progresso tecnológico que cria recursos novos para atender novas ou antigas necessidades, ou substitui os recursos escassos e/ou economiza recursos existentes.

Com o desenvolvimento financeiro e conseqüente aumento da oferta de recursos no mercado da forma como é realizado pelo BNDES é possibilitada a redução ou intensificação das emissões. Mas o PIB *per capita* apresentou resultado ao contrário, pois promove aumentos das emissões de CO₂, fato que corrobora com

os estudos dos autores Hoffmann (2001); Khan (2015) e Shaari, Abdullah & Alias (2016) que salientam ser a P&D importante para impulsionar o crescimento econômico,

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do impacto dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) aplicados pelo setor público e privado nas emissões de CO₂ do setor agropecuário é o objetivo deste estudo. Para o procedimento de análise, foram elaborados dois modelos distintos, o primeiro que conta com P&D público e privado na forma linear e quadrática, para investigar o comportamento no futuro. E, no segundo modelo, foram inseridos além da P&D, os desembolsos de crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social – BNDES e o PIB *per capita*. O método de estimação utiliza uma abordagem econométrica para dados em séries temporais no período entre 2000-2015. A variável dependente dos modelos é sempre as emissões de CO₂ do setor agropecuário (CO₂Agro) no Brasil.

Os resultados evidenciaram que, conforme o modelo 1 e 2, quando são aumentados os dispêndios em P&D no setor público são reduzidas as emissões de CO₂ agropecuário (modelo 1 = coeficiente - 0,373 (negativo) com significância de 0,95 e modelo 2 = coeficiente - 0,353 (negativo) com significância de 0,99); No modelo 1, com aumentos dos dispêndios em P&D no setor privado, aumentam as emissões do CO₂ do setor agropecuário (coeficiente 0,522 positivo e significância 0,99), mas no modelo 2, ocorreu situação oposta, quando maiores forem os dispêndios em P&D para o setor privado, maiores serão as reduções das emissões de CO₂ agropecuário (coeficiente -0,078 negativo e significância abaixo de 0,90). Apesar de baixa relevância no resultado do modelo 2, houve contradição nos resultados. Mas, de acordo com os estudiosos, os dispêndios em P&D corroboram com a redução das emissões de CO₂.

Os desembolsos com a oferta de crédito pelo BNDES analisado no modelo 2, demonstrando que a variável BNDES não é significativa para corroborar nos aumentos ou reduções do CO₂ agropecuário. Mas, neste mesmo modelo o PIB per capita corrobora para o aumento das emissões do CO₂ Agropecuário (0,697 positivo com significância acima de 0,99).

No contexto do estudo, verificou-se que os dispêndios em P&D promovem a redução das emissões em CO₂ agropecuário. Portanto, os dispêndios com P&D geram externalidades positivas para o meio ambiente. As externalidades que são geradas pelos dispêndios com P&D, especificamente, são as reduções dos impactos das emissões de CO₂ no setor agropecuário. Enquanto as variáveis econômicas corroboram no aumento das emissões em CO₂ agropecuário.

Portanto, os resultados sugerem que com o desenvolvimento do país, e a partir de recursos públicos, sejam geradas tecnologias limpas ao longo do tempo,

objetivando redução das emissões de CO₂ no setor mais importante da economia brasileira.

Sugere-se, portanto, como uma possível discussão para trabalhos futuros, analisar os impactos dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento no Setor Público e Privado nas emissões de CO₂ pelo setor energético no Brasil.

6. REFERÊNCIAS

BNDES- Banco Nacional de Desenvolvimento. **Evolução dos desembolsos**. 2017. Disponível em: < <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/estatisticas-desempenho/desembolsos>>. Acesso em: 26 dez. 2021.

BOOPEN, Seetanah, VINESH, Sannassee. **On the Relationship Between CO2 Emissions And Economic Growth: The Mauritian Experience**. University Of Mauritius: Réduit, Moka, 2010. Disponível em:< <http://www.dl.icdst.org/pdfs/files/35983d7b0f9ae1d0d649a5c96b267272.pdf> >. Acesso em: 04 mai. 2022.

BURCHART-KOROL, D.; PICHLAK, M.; KRUCZEK, M. Innovative technologies for greenhouse gas emission reduction in steel production. **Metalurgija**, v. 55, n. 1, p. 119-122, 2016. Disponível em:< <https://hrcak.srce.hr/141851>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

CEDERBORG, Jenny; SNÖBOHM, Sara. Is there a relationship between economic growth and carbon dioxide emissions?. 2016. Disponível em: < <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1076315/FULLTEXT01.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

ERBER, Fabio Stefano. Innovation and the development convention in Brazil. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 3, n. 1, p. 35-54, 2004. Disponível em:<<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8648891/15437>> Acesso em: 20 dez. 2021.

FAN, Hongzhong; HOSSAIN, Md Ismail. Technological Innovation, Trade Openness, CO₂ Emission and Economic Growth: Comparative Analysis between China and India. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v. 8, n. 6, p. 240-257, 2018. Disponível em:< <https://ideas.repec.org/a/eco/journ2/2018-06-30.html>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

FERNÁNDEZ, Y. Fernández; LÓPEZ, MA Fernández; BLANCO, B. Olmedillas. Innovation for sustainability: The impact of R&D spending on CO₂ emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 3459-3467, 2018. Disponível em :< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617326513>>. Acesso em: 20 dez.2021.

GASPAR, Ricardo Carlos. **A trajetória da economia mundial: da recuperação do pós-guerra aos desafios contemporâneos**. Cadernos Metrópole. vol.17 nº 33, p. 265-296 2015, São Paulo-SP., 2015. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-99962015000100265 >. Acesso em: 26 Fev. 2021.

GONDA, Vladimir. **Profiles of world economists Robert M. Solow**. BIATEC, Volume XIII, 11/2005. P.22-25. Disponível em: < https://www.nbs.sk/_img/Documents/BIATEC/BIA11_05/22_25.pdf>. Acesso em: 29 dez.2021.

GRIFFIN, Emma Alice. **The ‘industrial revolution’: interpretations from 1830 to the present**. Vereinigtes Königreich: Clio Oline, 2012. Disponível em: < <http://www.uea.ac.uk/documents/1006128/1446434/Emma+Griffin+industrialrevolution.pdf/816bcd4c-ac9b-4700-aae4-ee6767d4f04a> >. Acesso em: 23 fev. 2022.

GUPTA, Nayanee *et al.*. Innovation Policies of Brazil. Institute for Defense Analyses. 2013. Disponível em: < <https://www.ida.org/idamedia/Corporate/Files/Publications/STPIPubs/2014/ida-p-5039.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

HOFFMANN, Rodolfo. **Distribuição de renda e crescimento econômico**. Estudos Avançados, vol.15 nº 41, Jan./Apr. 2001, São Paulo: Estudos Avançados, 2001. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142001000100007>. Acesso em: 20 abr. 2022.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil em Síntese - contas nacionais**. IBGE: Brasília - DF. 2017. Disponível em: <<http://brasilemsintese.ibge.gov.br/contas-nacionais.html>>. Acesso em: 28 abr. 2022.

KHAN, Jangraiz. **The Role of Research and Development in Economic Growth: A Review**. Vol. 2. Issue 3, (Sep 2015), 128-133, Journal of Economics Bibliography: Istanbul: 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282365490_The_Role_of_Research_and_Development_in_Economic_Growth_A_Review>. Acesso em: 21 mar. 2022.

MAZZUCATO, Mariana; PENNA, Caetano. The Brazilian innovation system: a mission-oriented policy proposal. 2016.p.06 a 15 Disponível em:<http://sro.sussex.ac.uk/id/eprint/61974/1/The_Brazilian_Innovation_System-CGEE-MazzucatoandPenna-FullReport.pdf>. Acesso em 20 dez. 2021.

MCTI&C - Ministério da Ciência e Tecnologia, Inovação & Comunicações. **Livro Branco-Ciência, Tecnologia e Inovação**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002. Disponível em:< http://www.cgee.org.br/arquivos/livro_branco_cti.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2022.

MCTI&C - Ministério da Ciência e Tecnologia, Inovação e Comunicação. **Livro Verde da Ciência, Tecnologia e Inovação**. Projeto Diretrizes Estratégicas para Ciência, Tecnologia e Inovação. Coordenado por Cylon Gonçalves da Silva e Lúcia Carvalho Pinto de Melo. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia / Academia Brasileira de Ciências, 2001. Disponível em: < http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/859/1/ciencia,%20tecnologia%20e%20inova%C3%A7%C3%A3o_%20desafios%20para%20a%20sociedade%20brasileira.%20livro%20verde.pdf >. Acesso em 04 jan. 2022

MCTI&C - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Tabela 2.1.2 - Dispendio nacional em ciência e tecnologia (C&T)(1), em valores correntes, em relação ao total de C&T e ao produto interno bruto (PIB), por setor institucional, 2000-2015**. 2017. Disponível em: < <http://www.mctic.gov.br/mctic/open>>

cms/indicadores/detalhe/recursos_aplicados/indicadores_consolidados/2_1_2.html>. Acesso em: 26 dez. 2021.

MENDES, Dany R.F.; OLIVEIRA, Michel Â.C.de; PINHEIRO, Adalberto A.. **Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: avaliação do marco regulatório e seus impactos nos indicadores de inovação**. Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas, v. 2, n.1, p. 22-46, 2013. Disponível em: < <http://www.regepe.org.br/regepe/article/view/49>>. Acesso em: 13 abr. 2022.

METCALFE, J.. Science, technology and innovation policy. *In* Ganeshan Wignaraja, Competitiveness strategy in developing countries (pp. 95-130). New York: Routledge pub. LTD. 2005. P.198.

MUHAMMAD, Shahbaz; QAZI MUHAMMAD ADNAN, Hye; AVIRAL KUMAR, Tiwari. Economic Growth, Energy Consumption, Financial Development, International Trade and CO2 Emissions, in Indonesia. 2013. Disponível em:< <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/43722/>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

NELSON, Richard R.; PHELPS, Edmund S. Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. **The American economic review**, v. 56, n. 1/2, p. 69-75, 1966. Disponível em:< http://federation.ens.fr/wheberg/parischoeco/formation/fcses/_boitdocu/0607s1_lect02_a.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2022.

OLIVEIRA, Michel A. Constantino; MENDES, Dany R. Fonseca; MOREIRA, Tito B. Silva; CUNHA, George H. de Moura. **Análise econométrica dos dispêndios em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) no Brasil**. RAI –Revista de Administração e Inovação, São Paulo, v. 12, n.3 p. 268-286, jul./set. 2015. Disponível em: < <https://www.revistas.usp.br/rai/article/download/101896/105534>>. Acesso em: 28 jan. 2022.

QUADROS, Ruy *et al.* Technological innovation in Brazilian industry: an assessment based on the São Paulo innovation survey. **Technological forecasting and social change**, v. 67, n. 2-3, p. 203-219, 2001. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162500001232>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

RATTNER, Heinrich. **Produtividade e desenvolvimento**. Revista de Administração de Empresas. vol.7, no 25, São Paulo: 1967. Disponível em:< http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901967000400002 >. Acesso em: 23 jan. 2022.

RAULINO, Petrus S. Emissões de Gases de Efeito Estufa e o Setor Elétrico Brasileiro– O Caso CPFL Energia. **Programa de Pós-Graduação em Administração da FEA/USP**. 2018. Disponível em:< <https://www.usp.br/mudarfuturo/cms/?p=603>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

RESENDE, Marcelo; STRUBE, Eduardo; ZEIDAN, Rodrigo. Complementarity of innovation policies in Brazilian industry: An econometric study. **International Journal of Production Economics**, v. 158, p. 9-17, 2014. Disponível em:<

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527314002266>>. Acesso em: 20 dez. 2021

RIBEIRO, Maria Clotilde. Brazilian Science and Technology Policy and the Case of Embrapa Semiárid. **Contexto Internacional**, v. 38, n. 2, p. 685-710, 2016. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-85292016000200685>. Acesso em: 20 dez. 2021.

ROMER, P. M. **Endogenous Technological Change**; Journal of Political Economy, October. 1990. Disponível em:< <http://pages.stern.nyu.edu/~promer/Endogenous.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2021.

SALAMI, Reza; SOLTANZADEH, Javad. Comparative analysis for science, technology and innovation policy; Lessons learned from some selected countries (Brazil, India, China, South Korea and South Africa) for other LdCs like Iran. **Journal of technology management & innovation**, v. 7, n. 1, p. 211-227, 2012.

SEEG-Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. **Bruto ou Líquido?** 2017. Disponível em: <http://seeg.eco.br/2017/11/01/emissoes-do-brasil-sobem-9-em-2016/>. Acesso em: 23 jul. 2021.

SEEG-Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. **Total Emissions**, base de dados de 18/10/2017-SEEG-5-COMPLETA, 2018. Disponível em:<<http://seeg.eco.br/tabela-geral-de-emissoes/>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

SHAARI, Mohd Shahidan; ABDULLAH, Diana Nabila Chau; ALIAS, Nur Salimah; ADNAN, Nor Syamimi Mohamed. **Positive and Negative Effects of Research and Development. International Journal of Energy Economics and Policy**, vol.6, Issue 4, pp. 767-770, Montpellier Business School: Montpellier, France, 2016. Disponível em:< <http://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/2978>>. Acesso em: 03 mai. 2021.

SHAARI. Mohd Shahidan; HUSSAIN, Nor Ermawati; ABDULLAH, Hussin; KAMIL, Syahida. **Relationship among Foreign Direct Investment, Economic Growth and CO2 Emission: A Panel Data Analysis**. International Journal of Energy Economics and Policy, vol. 4, Issue 4, pp.706-715, Montpellier Business School: Montpellier, France, 2014. Disponível em:< <http://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/887>>. Acesso em: 03 mai. 2021.

SILVEIRA, Rosemari M. C. Foggiatto; BAZZO, Walter Antonio. **Ciência e Tecnologia: Transformando a relação do ser humano com o mundo**. Categoria: Workshop, IX Simpósio Internacional processo Civilizador - Tecnologia e Civilização, de 24 a 26 de novembro de 2005. Ponta Grossa-PR., 2005. Disponível em: < <http://www.uel.br/grupo-estudo/processoscivilizadores/portugues/sites/anais/anais9/artigos/workshop/art19.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2021.

SOARES, Thiago Costa; LIMA, João Eustáquio de. **Uma análise entre a energia, renda e emissões de CO²: evidências para o Brasil, 1962-2007**. **Revista Textos de Economia**. v. 16, nº 1, Florianópolis, SC: UFSC, 2013. Disponível em:<

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/economia/article/view/2175-8085.2013v16n1p11/27341>>. Acesso em: 05 jun. 2021.

SOLOW, Robert M.. **A Contribution to the Theory of Economic Growth**. The Quarterly Journal of Economics, vol. 70, n° 1, 1956. p. 65-94. Disponível em: < <https://www.econ.nyu.edu/user/debraj/Courses/Readings/Solow.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2021.

TUNA, Kadir; KAYACAN, Emir; BEKTAÚ, Hakan. **The Relationship Between Research & Development Expenditures and Economic Growth: The Case of Turkey**. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 195, 2015, 501-507, , Istanbul, Turkey: Faculty of Economics, Istanbul University, 2015. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/282556669_The_Relationship_Between_Research_Development_Expenditures_and_Economic_Growth_The_Case_of_Turkey>. Acesso em: 25 set. 2022.

UNCTAD-United Nations Conference on Trade and Development. **Improving the Competitiveness of SMEs Through Enhancing Productive Capacity**. United Nations: New York and Geneva, 2005. Disponível em: < http://unctad.org/en/Docs/iteteb20051_en.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2021.

VELHO, Léa; VELHO, Paulo; SAENZ, Tirso W. P&D nos setores público e privado no Brasil: complementares ou substitutos? **Parcerias Estratégicas**, v. 9, n. 19, p. 87-128, 2010. Disponível em: < http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/251>. Acesso em: 30 out. 2021.

VERSPAGEN, Bart. **Economic growth and technological change: an evolutionary interpretation MERIT**. Maastricht, Working Paper, 2000. Disponível em:< <https://translate.google.com/translate?hl=pt-BR&sl=en&tl=pt&u=https%3A%2F%2Fresearch.tue.nl%2Fen%2Fpublications%2Feconomic-growth-and-technological-change-an-evolutionary-interpre-2&anno=2>>. Acesso em: 13 ago. 2021.

VILARTA, Roberto; GUTIERREZ, Gustavo Luís; DE CARVALHO, Teresa Helena P. F.; GONÇALVES, Aguinaldo (organizadores). **Qualidade de Vida e Novas Tecnologias**. CAMPINAS: IPES EDITORIAL, 2007. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?down=000410337>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

WANG, S. S. *et al.* CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in China: A panel data analysis. **Energy Policy**, v. 39, n. 9, p. 4870-4875, 2011. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511004885>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

YII, Kwang-Jing; GEETHA, Caroline. The nexus between technology innovation and CO₂ emissions in Malaysia: evidence from granger causality test. **Energy Procedia**, v. 105, p. 3118-3124, 2017. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217307087>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

YOSHIDA, Hiroyuki. **Harrodian dynamics under imperfect competition: A growth cycle model**. In: Time and Space in Economics. pp 29-40. Editors: Toichiro Asada

& Toshiharu Ishikawa. College of Economics Nihon University. Misaki 1-3-2 Chiyoda-ku Tokyo, Japan. 2007. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.513.9970&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 25 set. 2021.

ZHANG, Xing-Ping; CHENG, Xiao-Mei. Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China. **Ecological Economics**, v. 68, n. 10, p. 2706-2712, 2009. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092180090900216X>>. Acesso em: 19 ago. 2021.

ZUNIGA, Pluvia *et al.* Conditions for Innovation in Brazil: A review of key issues and policy challenges. Discussion Paper 218, p. 9 a 40. Brasília: IPEA, 2016. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/ingles/dp_218.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2021.