

Estimativa do Impacto dos Setores Produtivos nas Emissões de CO₂e: Evidências para o Brasil (2000-2015)

Estimating the Impact of Productive Sectors on CO₂e Emissions: Evidence for Brazil (2000-2015)

Gerson João Valeretto

Professor da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD

E-mail: gerson_valeretto@hotmail.com

Michel Constantino

Professor da Universidade Católica Dom Bosco

E-mail: michel@ucdb.br

Recebido em: 18/05/2020

Aprovado em 10/07/2020

RESUMO

As mudanças climáticas resultantes das emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE) antropogênicos aparecem no topo das discussões acadêmicas e de políticas públicas internacionais, neste contexto o objetivo do presente artigo foi estimar o impacto do desenvolvimento dos setores produtivos nas emissões de CO₂e entre o período de 2000-2015, utilizando abordagem econométrica e dados em formato de séries temporais coletados de fontes secundárias oficiais. Os resultados evidenciaram que o crescimento do agronegócio promove impactos com aumentos consideráveis nas emissões totais de CO₂e no Brasil, assim como nos setores de emissões de CO₂e: mudanças do uso do solo e na agropecuária. Nos demais setores de emissões, as externalidades foram nulas nas emissões de GEE. O crescimento econômico da indústria promove significativos aumentos das emissões de CO₂e no setor de emissões na agropecuária. Ao serem analisadas as variáveis que contribuem para com o avanço tecnológico, observou-se indícios de que os dispêndios em P&D no setor público corroboram para a redução das emissões de CO₂e no setor de emissões na agropecuária, mas, opostamente, promovem aumentos das emissões no setor de energia e, não se mostra impactante nas emissões de GEE nos demais setores. Com relação aos aumentos dos desembolsos de crédito pelo BNDES, há evidências de que promove reduções nas emissões de CO₂e nos processos industriais, mas não influencia nas emissões nos demais setores de emissões.

Palavras chave: PIB; GEE; tecnologia; aquecimento global; clima.

ABSTRACT

Climate change resulting from anthropogenic emissions of greenhouse gases (GHGs) is at the forefront of international public policy and academic discussions. The general objective of this paper was to estimate the impact of the development of productive sectors on CO₂e emissions between the period

2000-2015, using an econometric approach and time series data collected from official secondary sources. For the empirical analysis, six econometric models were estimated. The results showed that with the economic growth of agribusiness, impacts are promoted with considerable increases in total CO₂e emissions in Brazil, as well as in the sectors of CO₂e emissions: changes in land use and in agriculture. In the other emissions sectors, externalities were zero in GHG emissions. The economic growth of the industry promotes considerable increases in CO₂e emissions in the emissions sector in agriculture. When analyzing the variables that contribute to the technological advance, there have been indications that R&D expenditures in the public sector corroborate the reduction of CO₂e emissions in the emissions sector in agriculture, but, conversely, they promote emissions increases in the energy sector, and is not impacting GGE emissions in other sectors. With respect to increases in credit disbursements by the BNDES, there is evidence that it promotes reductions in CO₂e emissions in industrial processes but does not influence emissions in the other emission sectors.

Keywords: GDP; GEE; technology; global warming; climate.

1 Introdução

Externalidades ambientais e mudanças climáticas são temas recorrentes entre ciência e políticas públicas. As pesquisas científicas apontam evidências controversas no tocante às mudanças climáticas, um lado reconhecendo o impacto gerado pela ação direta do homem e outro lado discute os ciclos naturais do planeta.

Os pesquisadores Tol & De Vos (1998) afirmaram que existe uma relação estatística robusta entre os registros da temperatura média global do ar na superfície e a concentração atmosférica de dióxido de carbono CO₂e. De acordo com Ozkan & Ozkan (2012), a ocorrência das emissões de CO₂e durante o processo produtivo é um problema ambiental e econômico comum nos países desenvolvidos e, principalmente nos países em desenvolvimento, um exemplo em destaque pelos autores é a Turquia, que em 2004 as emissões de CO₂e na produção de energia (eletricidade e geração de calor) foi de 26% aproximadamente, na produção industrial 19%, na agricultura 14%, no uso do solo e transformação do solo 17%, no transporte 13%, nos setores residencial, comercial e de serviços 8% e, finalmente, nos resíduos 3%.

Jayanthakumaran & Liu (2012) investigaram a relação na China entre comércio, crescimento e emissões usando dados de nível provincial para água (demanda química de oxigênio: DQO) e ar (dióxido de enxofre: SO₂) no período desde o ano de 1990 até 2007. Os resultados mostraram que a nível provincial, a subida dos rendimentos através do aumento dos níveis do comércio internacional esteve associada à queda da DQO devido ao efeito da técnica, de modo que o aumento do rendimento entre as províncias tendeu a estar associado a emissões mais baixas.

O crescimento econômico é o processo de geração de riquezas no país, para tanto são exploradas várias atividades produtivas que podem impactar de forma negativa o ambiente. Wang *et al.* (2013) analisaram a relação entre CO₂ e crescimento econômico na China, Província de Jiangsu, durante o período desde o a ano de 1995 até o ano de 2009. Os resultados evidenciaram que o crescimento econômico é um fator crítico no processo de crescimento das emissões de CO₂.

Assim sendo, as emissões dos GEE que é uma das externalidades negativas do crescimento da economia são calculadas e com base em seus resultados, o governo, as empresas e outras entidades no Brasil têm procurado por alternativas viáveis que possibilitem a adoção de medidas para a mitigação

desses gases, como as descobertas, a evolução tecnológica e a eficiência dos setores produtivos (REZAI *et al.* 2009).

A divulgação das emissões dos Gases Efeito Estufa no Brasil considera a métrica usual do Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potencial – GWP). Esta métrica é utilizada como fator de ponderação para se chegar à unidade comum de equivalência de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}) nos inventários nacionais MCTI&C (2017a).

Neste contexto, o objetivo geral do presente artigo é estimar o impacto do desenvolvimento dos setores produtivos nas emissões de CO_{2e} entre o período desde o ano 2000 até o ano 2015, utilizando abordagem econométrica. Para tanto, foram utilizadas séries temporais dos setores do Agronegócio, da Indústria e do setor de Serviços, e as variáveis foram logaritmizadas. Para os dados das emissões, foram coletados do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa-SEEG sobre as emissões de CO_{2e} totais e setoriais. Além disso, a pesquisa ainda inclui dados de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), os desembolsos com crédito realizados pelo BNDES.

Na presente pesquisa, além da presente introdução, a segunda seção é dedicada aos estudos relacionados com: Emissões de Gases Efeito Estufa - GEE pelos setores: Mudanças no Uso do Solo; Energia; Processos Industriais; Tratamento de Resíduos; e agropecuário. Na terceira seção são apresentados os materiais e métodos, os dados e expõe os modelos teóricos a serem estimados, assim como o método de estimação. Em seguida, na quarta seção, apresenta os resultados e discussões das estimativas, com as análises descritivas dos dados e a análise econométrica dos modelos. Por fim, são apresentados na última seção as conclusões finais do estudo.

2 Emissões dos Gases Efeito Estufa -GEE

O Observatório do Clima elabora, segundo as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), um conjunto de relatórios analíticos do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) que dispõe sobre a evolução das emissões no Brasil, com base nos dados dos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa, elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação & Comunicações (MCTI&C), e em dados obtidos junto a relatórios governamentais, institutos, centros de pesquisa, entidades setoriais e organizações não governamentais.

Nos relatórios do observatório do Clima são apresentados dados sobre cinco setores produtivos emissores de GEE – Agropecuária, Energia, Mudanças de Uso do Solo, Processos Industriais e Tratamento de Resíduos (SEEG, 2018).

2.1 Emissões dos Gases Efeito Estufa - GEE pelo setor Mudanças no Uso do Solo

A superfície da terra, especificamente as mudanças nos padrões de uso e cobertura do solo, tem sido tema de muitas pesquisas dentro e fora do meio científico. As mudanças no uso e cobertura do solo nas últimas décadas foram promovidas pelos processos de desmatamento, expansão agropecuária, desertificação e urbanização. Estes processos são responsáveis pelos possíveis impactos ambientais e socioeconômicos que causam preocupações de diversos agentes dos setores públicos e privados desde o nível local até o global (CGEE, 2016).

As características do uso e da cobertura do solo são distintas, mas interagem. O uso do solo se caracteriza pelas atividades de exploração, produtivas ou não, realizadas sobre a terra, como exemplo: agricultura, agropecuária, urbanização etc. Já a cobertura do solo é consequência do uso do solo: como exemplo: a vegetação das culturas, das florestas e dos pastos; as construções como as estradas e os edifícios; o represamento para produção de energia elétrica, peixes e outros fins. Havendo mudanças no uso do solo, em geral, ocorrem mudanças na cobertura do solo, mas pode ocorrer alterações na cobertura sem alterar o uso do solo (ALVES, 2004).

Para Riebsame *et al.* (1994) as mudanças ambientais no mundo compostas pelos impactos na biodiversidade, na radiação e nos orçamentos da água são promovidas, em grandes proporções, quando há mudanças no uso e na cobertura do solo, e conseqüentemente, provocam as emissões de gases e a ação de outros processos que, cumulativamente, afetam o clima e a biosfera. Ainda, Riebsame *et al.* (1994) afirmaram que os padrões adotados para o uso do solo nas últimas décadas têm promovido mudanças na cobertura do solo e, conseqüentemente, tem afetado cumulativamente a biosfera e o clima global.

Don *et al.* (2011) analisaram qual o impacto do uso do solo com relação as perdas de biomassa e carbono orgânico do solo. Os autores afirmaram que com a ocorrência das perdas de biomassa e carbono orgânico do solo há a emissão de CO₂. Constataram que as maiores perdas de biomassa e carbono orgânico do solo ocorrem na conversão de florestas primárias em culturas agrícolas (-25%) e em culturas perenes (-30%). Já os estoques de biomassa e carbono orgânico do solo foram reduzidos em 12% na conversão de florestas em pastagens.

Zanoni *et al.* (2015) investigaram se a construção de represas pode aumentar a emissão do gás metano (CH₄) e de outros gases do efeito estufa (GEE) pela decomposição anaeróbica dos resíduos florestais após a inundação do solo. Construíram unidades experimentais com solo e diferentes materiais cobertos por água de rio. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com arranjo fatorial e três repetições. Monitoraram as taxas de emissão de CH₄ em 19 eventos durante um ano (Fev/2012 a Mar/2013). Cerca de 75 dias após a incubação do solo com resíduos florestais verificou-se aumento das emissões de CH₄, ocorrendo dois picos de emissão, aos 111 e aos 249 dias. A emissão acumulada de CH₄ no primeiro ano de alagamento foi de 200 g C m⁻² na dose zero, passando a valores próximos a 400 g C m⁻² nas doses de 21,2 Mg ha⁻¹ e maiores, não havendo efeito do tipo de resíduo, apenas da dose, como fator isolado. Os autores concluíram que a mudança do uso do solo com represamento emite GEE, principalmente gás metano (CH₄).

2.2 Emissões dos Gases Efeito Estufa – GEE pelo setor Energia

A sociedade, com o uso das fontes de energia e das tecnologias modernas, passou a ter mais qualidade de vida. As tecnologias modernas só foram possíveis em decorrência da existência de energia. A produção de bens e serviços, o desenvolvimento econômico e o bem-estar da população são, em parte, resultantes dos serviços gerados pela energia.

De acordo com Góralczyk (2003), a preocupação com o meio ambiente e as medidas contra a emissão de GEE na Polônia tem evoluído. As empresas polonesas estão avaliando se seus produtos influenciam o meio ambiente, procuram também, possibilidades para melhorarem as tecnologias nos processos produtivos para poder reduzir impactos ambientais. Com o mesmo objetivo, a indústria de energia polonesa está sendo obrigada a aumentar a extração da energia que vende aos seus clientes de fontes renováveis.

Ang (2007) examinou as relações causais dinâmicas entre as emissões de poluentes, o consumo e a produção de energia para a França usando técnicas de modelagem por cointegração e correção de erros de vetores. Os resultados da causalidade endossam as afirmações de que o crescimento econômico influencia no aumento do uso de energia e no aumento das emissões de GEE no longo prazo.

Neil *et al.* (2007) apresentou resultados sobre a indústria de geração de energia, e concluiu que é uma das maiores produtoras de emissões de GEE. As atividades de geração de energia representam mais de 27% do total de emissões de CO₂ no mundo.

Shahbaz *et al.* (2013), investigaram a relação entre crescimento econômico, consumo de energia e emissões de CO₂ para o período de 1980-2010 na Romênia com o uso da Cointegração de longo prazo entre essas variáveis. Os resultados confirmaram a relação de longo prazo entre o crescimento econômico, o consumo de energia e os poluentes energéticos.

Prado *et al.* (2017) apresentaram novas evidências da “curva ambiental de Kuznets”, e estimaram a eficiência das emissões, através de um painel de dados com 80 países entre os anos 1990-2013. Utilizaram o método Generalized Method of Moments (GMM). Os resultados indicaram que o consumo de energia contribui para o aumento das emissões de CO₂e.

No Brasil, a matriz energética conta com várias alternativas de fontes renováveis, ou seja, matriz de baixo carbono. Mas para o Brasil poder atingir padrões socioeconômicos equiparados aos de países desenvolvidos há, ainda, um caminho longo, pois mesmo com a ampla participação de fontes renováveis, estima-se crescimento no consumo de energia *per capita* e consequente aumento das suas emissões de gases efeito estufa (SIMIONI, 2006). Um dos principais responsáveis pela emissão de GEE é a queima de combustíveis fósseis que compõem a matriz energética de muitos países industrializados. No setor de energia no Brasil, com o uso de combustíveis fósseis, os setores responsáveis pela emissão de GEE em 2014 foram: o transporte (40,1%), industrial (19,5%), geração de energia elétrica (17,4%) e produção de combustíveis (setor energético) (6,8%) e demais setores (16,2%) (MME/EPE, 2015).

De acordo com Brasil (2016a), a capacidade instalada total de geração de energia elétrica no Brasil, no mês de dezembro de 2015, atingiu 140.858 MW., maior em 6.945 MW. Comparado com o mês de dezembro de 2014, sendo 2.457 MW de geração de fonte hidráulica, de 1.737 MW de fontes térmicas e de 2.745 MW de geração eólica. A produção de gás natural e de petróleo teve aumento de 10,1% e 7,7% respectivamente em comparação ao ano de 2014 (BRASIL, 2016b).

Para minimizar às mudanças climáticas com a mitigação da emissão de GEE em um país, há de ser realizadas ações estratégicas na composição da matriz energética de modo a priorizar as fontes renováveis de energia (RAULINO, 2018).

2.3 Emissões pelo setor de Processos Industriais

Nos processos industriais, as emissões de GEE são consequências diretas da produção bruta de cada ramo de atividade industrial. Os ramos que foram responsáveis por 97% das emissões industriais de gases de efeito estufa no mundo em 2012, quando contabilizadas as emissões de GEE destes ramos juntas são: siderurgia, alumínio, cimento, químico, cal, vidro e de produção de gases de refrigeração não controlados pelo Protocolo de Montreal (HFC, PFC e SF₆). Estes ramos da indústria são quem fornece insumos e materiais para as demais indústrias da cadeia produtiva industrial e estão relacionadas ao crescimento de outros segmentos de indústrias (SEEG, 2014).

Xian-Zheng *et al.* (2003) analisaram a relação entre o crescimento econômico e a poluição industrial de 1990 a 2001 na província de Anhui, utilizaram a hipótese da curva ambiental de Kuznets (EKC) as análises indicaram que não existe uma relação significativa entre a curva de Kuznets ambiental (EKC) entre os indicadores de poluição industrial e o PIB *per capita*.

Worrell *et al.* (2009), debateram sobre a contribuição potencial das tecnologias e políticas de eficiência energética industrial para reduzir o uso de energia e as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) até 2030. Os autores afirmaram que a indústria tem melhorado a sua eficiência energética continuamente em decorrência da evolução tecnológica adotada. Salientaram que as novas tecnologias têm possibilitado a indústria diminuir as emissões de GEE com o uso de energia direta e indireta em suas atividades. A contribuição da indústria nas emissões globais de Gases de Efeito Estufa (GEE) é de aproximadamente 37%. Destas emissões 80% são em decorrência do uso de energia. Os autores defendem que o meio mais eficaz em termos de custos para mitigar as emissões de gases efeito de estufa da indústria é ter eficiência energética.

Ozkan & Ozkan (2012) investigaram o efeito das atividades de produção industrial sobre as emissões de CO₂ na Turquia com o objetivo de apontar para os danos substanciais infligidos ao meio ambiente pelas atividades de produção industrial e enfatizar a necessidade de serem feitas revisões tecnológicas para adequação da fabricação para atender a teoria de “desenvolvimento sustentável”. Utilizaram dados anuais das indústrias: de cimento (CP), siderúrgico (SP) e produção de eletricidade (EP) e o índice agregado de produção industrial real (IPI) para o período de 1990 a 2010 e concluíram que a indústria do cimento é responsável por 8% das emissões nacionais de CO₂. Ozkan & Ozkan (2012) salientam que o crescimento da demanda do cimento supera a tecnologia de redução das emissões de CO₂ por tonelada de produto e a tendência é de aumento da demanda, portanto as emissões absolutas de CO₂ devem continuar a aumentando. No Brasil, em 2012, as indústrias dos ramos de siderurgia, o cimento, a produção de cal e a química, foram responsáveis por mais de 81% do total das emissões industriais na contabilização das emissões de GEE por processos industriais e por queimas de combustíveis (SEEG, 2014).

Camoto *et al.* (2014) avaliaram a eficiência dos setores industriais brasileiros de 1996 a 2009, consideraram o consumo de energia e suas respectivas contribuições para os aspectos econômicos e sociais do país. Utilizaram o método de programação DEA, que possibilitou, a partir do modelo SBM e da análise de janelas, avaliar a capacidade das indústrias em reduzir o consumo de energia e as emissões de CO₂ com o uso de combustível fóssil, bem como para aumentar o Produto Interno Bruto (PIB) por setores. Os resultados indicaram que o setor têxtil é o setor industrial mais eficiente no Brasil, de acordo com as variáveis utilizadas, seguido dos seguintes setores: Alimentos e Bebidas, Química, Mineração, Papel e Celulose, Não Metálico e Metalúrgico.

2.4 Emissões pelo setor de Tratamento de Resíduos

O setor de tratamento de resíduos sólidos é composto por serviços de disposição em aterros controlados, aterros sanitários, lixões, reciclados ou incinerados e a incineração de resíduos sólidos industriais, o tratamento de efluentes domésticos e o tratamento de efluentes industriais.

No estudo feito por Ayalon *et al.* (2001) foi constatado que o setor de tratamento de resíduos em Israel contribui com 13% das emissões totais de gases de efeito estufa (GEE). Verificaram que a alta quantidade de componentes orgânicos degradáveis contidos nos resíduos de Israel favorece o tratamento destes componentes com a compostagem aeróbica. Levantaram quais os custos dos

investimentos para o uso dessa tecnologia, e concluíram que ficavam menos de US \$ 10 para reduzir a emissão de uma tonelada de CO₂ equivalente por ano, e pode ser implementado a curto prazo.

A gestão inadequada de resíduos aumenta os problemas ambientais e corrobora com o aquecimento global. Com manejo sustentável da fração orgânica dos resíduos os impactos podem ser minimizados. Nos aterros sanitários os resíduos sólidos podem ser convertidos em biogás. Os autores Ayalon *et al.* (2001) concluíram que com a utilização destas tecnologias, possibilita o setor de resíduos creditar-se de cotas de CO₂ e promover uma gestão de resíduos adequada e rentável.

No Brasil, de acordo com SEEG (2016b), a quantidade de resíduos sólidos tem aumentado significativamente nos últimos anos, em 2014 apenas 27% dos resíduos gerados no país foram encaminhados para aterros sanitários, 40% ainda se destinaram para lixões e aterros controlados, e o reaproveitamento de resíduos apresentou valores extremamente baixos. Os resíduos sólidos são emissores de Gases Efeito Estufa (GEE). Os gases metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e dióxido de carbono (CO₂) são resultantes do tratamento e disposição de resíduos. A crescente emissão de GEE pelo setor pode estar associada com esse conjunto de fatores.

A gestão de resíduos sólidos, quando feita apropriadamente, evita que os resíduos sejam despejados no ambiente de forma esparsa. Se os resíduos sólidos forem depositados em aterros controlados ou aterros sanitários propicia a fermentação anaeróbica reduzindo a emissão de GEE. Os resíduos sólidos dispostos em aterros sanitários possuem potencial de geração de metano do 20% maior do que a disposição em aterros controlados. A utilização de mecanismos de coleta e aproveitamento do metano na geração de energia reduz as emissões em torno de 70% (SEEG, 2016b).

2.5 Emissões de Gases Efeito Estufa – GEE pelo setor Agropecuário

A área rural brasileira se posiciona no quinto lugar no mundo em termos de dimensões territoriais. Ocupa 38% do território nacional com cerca de 3,3 milhões de quilômetros quadrados com a exploração da agricultura e da pecuária (IBGE,2018).

O rebanho bovino brasileiro tinha 226 milhões de cabeças em 2017, ou seja, 22,64% do rebanho bovino mundial, e se posicionava como o segundo maior rebanho do mundo. A atividade agropecuária é a terceira maior fonte das emissões brutas de GEE do Brasil. A agropecuária brasileira foi em 2015 responsável por 23,48% das emissões totais de CO₂e do Brasil. (SEEG, 2018). Na criação de animais, no processo natural de os bovinos se alimentarem e na produção de dejetos, assim com a digestão de alimentos liberam o gás metano (CH₄) na atmosfera. A quantidade de CH₄ liberada pelo rebanho brasileiro correspondeu em 2014 a 57% das emissões de GEE (CO₂e) na agropecuária brasileira (SEEG, 2016^a; SEEG, 2018).

Entre os setores econômicos, comparativamente, a agricultura sofre diretamente com as mudanças climáticas. Em razão das emissões de GEE lançadas na atmosfera e a consequente alteração climática que as gases provocam, há preocupações com o futuro relacionadas à segurança alimentar no mundo (ISERMANN, 1994). A atividade agrícola depende fundamentalmente do clima (NELSON *et al.*, 2014). Assim, estudos científicos estão sendo feito para analisarem as consequências do clima sobre o setor agropecuário no futuro próximo.

Os insumos climáticos (temperatura, radiação solar disponível para o plantio e precipitações) e insumos não climáticos em combinação são transformados em produtos agrícolas. A variabilidade nos

insumos climáticos desajusta a combinação de insumos e prejudica a produção (NELSON *et al.* 2014). Sendo assim, mudanças climáticas atingem diretamente a produção agrícola e põe em risco a segurança alimentar.

Sanghi & Mendelsohn (2008) estimaram a sensibilidade climática da agricultura brasileira e indiana. Fizeram análise transversal usando dados de painel dos dois países. O estudo mediu a renda líquida das fazendas e como os valores das propriedades variam com o clima e, conseqüentemente, como os agricultores da Índia e do Brasil reagem e se adaptam ao clima. E as conclusões indicaram que o aquecimento global pode causar danos anuais no Brasil e na Índia, até o final do próximo século, entre 1% e 39% e entre 4% e 26%, respectivamente.

Seo (2010) analisou se uma fazenda integrada que explora agricultura e pecuária é mais resilientes ao aquecimento global do que uma fazenda especializada somente em agricultura. Utilizou cerca de 9.000 pesquisas agrícolas em toda a África para verificar como os agricultores escolhem um dos tipos de fazendas e como a receita líquida de cada tipo varia ao longo do clima na África. Os resultados indicaram que aumentam a quantidade de explorações de fazendas integradas, enquanto as fazendas especializadas em agricultura diminuem na África sob as previsões climáticas para 2060. Dependendo dos cenários climáticos, os impactos das mudanças climáticas nas fazendas integradas variam de 9% de perda a 27% de ganho.

Burke & Emerick (2016) fizeram estudos para entender os possíveis impactos da mudança climática nos resultados agrícolas e na produtividade da cultura de milho e soja nos Estados Unidos. Exploraram a variação nas mudanças de temperatura e precipitações no longo prazo e verificaram se os agricultores estavam procurando adaptar-se as mudanças com a exposição extrema ao calor. Os resultados apontaram os agricultores não parecem estarem alterando os insumos que usam nem as suas culturas em resposta as mudanças climáticas. Concluíram que a produtividade será prejudicada. Wang *et al.* (2009) examinaram como poderá ser afetada a agricultura na China com as mudanças climáticas esperadas. Usaram dados transversais de 8.405 domicílios em 28 províncias e analisaram os efeitos da temperatura e precipitação sobre a produtividade das fazendas de sequeiro e irrigadas. Os resultados sugeriram que provavelmente o aquecimento será prejudicial as fazendas de sequeiro e benéfico para as fazendas irrigadas.

As pesquisas apresentadas utilizaram métodos quantitativos e investigaram evidências empíricas em diferentes países e regiões. O campo empírico do presente estudo é o Brasil ao longo dos anos desde o ano 2000 até o ano 2015, e os detalhes dos procedimentos metodológicos estão na próxima seção.

3 Materiais e Métodos

Para o alcance dos objetivos, o presente estudo utilizou dados em formato de séries temporais entre 2000-2015, coletados de fontes secundárias oficiais. Os valores do Produto Interno Bruto (PIB) são disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados referentes à Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) são disponibilizados no site do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTI&C) considerando a referência metodológica do Manual de Frascati, da Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD, 2002). No tocante aos desembolsos de crédito realizados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento-BNDES são divulgados mensalmente no site do banco.

As variáveis “PIBagro”, “PIBind”, “PIBserv”, “PDpub”, “PDpriv”, “BNDES” estão expressas em milhões de Reais e em valores correntes. As Emissões de Gases Efeito Estufa-GEE estimados estão expressos em toneladas. O observatório do Clima, por meio do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa- SEEG, realiza os cálculos das estimativas das emissões de GEE para o Brasil, como um todo, e os setores emissores dos GEE desde o ano de 1990. Nas estimativas são incluídas as emissões de todos os gases previstos nos Inventários de gases.

3.1 Dados

Os dados para análise foram organizados nas Tabelas 1 e 2. Os dados destas tabelas foram utilizados nos modelos de 1 a 9 conforme os objetivos de cada análise.

Tabela 1 – Dados Econômicos utilizados na análise

Ano	PIBagro ^[1]	PIBind ^[2]	PIBserv ^[3]	Pdpub ^[4]	Pdpriv ^[5]	BNDES ^[6]
2000	56.962,39	275.870,54	698.493,45	6.493,84	6.066,81	23.046,00
2001	63.169,99	297.880,83	759.371,06	7.447,79	6.525,23	25.216,52
2002	81.515,19	334.907,57	853.791,88	7.760,89	7.271,02	37.419,27
2003	105.949,17	396.568,54	968.199,53	8.825,99	8.343,02	33.533,59
2004	110.912,71	475.863,21	1.075.206,19	9.335,28	9.526,30	39.833,90
2005	100.957,55	524.686,24	1.217.174,61	10.371,21	11.388,10	46.980,24
2006	105.294,02	567.281,42	1.376.714,57	11.911,11	11.895,90	51.318,02
2007	120.151,71	629.071,16	1.570.305,40	15.184,84	14.231,55	64.891,80
2008	142.051,18	717.907,18	1.766.519,35	17.680,75	17.430,08	90.877,91
2009	149.212,64	729.222,10	1.971.328,10	19.498,13	17.787,17	136.356,36
2010	159.932,00	904.158,00	2.238.750,00	23.039,23	22.033,63	168.422,75
2011	190.024,00	1.011.034,00	2.519.403,00	26.382,62	23.493,24	138.873,44
2012	200.695,00	1.065.682,00	2.827.882,00	29.802,88	24.451,71	155.992,27
2013	240.290,00	1.131.626,00	3.181.844,00	36.783,75	26.964,85	190.419,04
2014	249.975,00	1.183.094,00	3.539.665,00	38.742,60	34.645,00	187.836,87
2015	258.967,00	1.160.772,00	3.735.862,00	38.394,40	38.137,40	135.942,05

Fontes: IBGE (2017); BNDES (2017); MCTI&C (2017b)

[1] PIB = Produto Interno Bruto (Milhões de Reais)

[2] PIBpc = Produto Interno Bruto Per Capita (Mil Reais)

[3] PDpub = Dispêndios em P&D por instituições públicas (Milhões de Reais)

[4] PDpriv = Dispêndios em P&D por instituições privadas (Milhões de Reais)

[5] BNDES = Desembolsos BNDES para Empresas (Milhões de Reais)

Tabela 2 – Dados de Emissões de CO₂ Total e por Setor Produtivo

Ano	CO2et ^[1]	Energia ^[2]	Proclnd ^[3]	Resíduos ^[4]	MUT ^[5]	Agro ^[6]
2000	2.246.338.610,00	289.998.929,00	74.133.207,00	58.314.185,00	1.439.286.491,00	384.605.797,00
2001	2.231.782.360,00	299.607.545,00	71.719.612,00	60.191.278,00	1.402.157.088,00	398.106.835,00
2002	2.490.316.648,00	297.659.523,00	75.557.821,00	63.040.951,00	1.641.904.330,00	412.154.021,00
2003	3.703.761.245,00	290.206.494,00	76.594.082,00	65.721.709,00	2.835.912.101,00	435.326.856,00
2004	3.929.252.165,00	306.177.623,00	81.158.262,00	67.422.077,00	3.020.884.948,00	453.609.253,00
2005	3.261.774.332,00	317.531.805,00	80.493.655,00	69.709.673,00	2.334.731.666,00	459.307.531,00
2006	2.875.364.993,00	321.103.705,00	80.808.712,00	71.907.678,00	1.942.997.511,00	458.547.385,00
2007	2.681.721.585,00	334.470.063,00	84.267.198,00	73.257.023,00	1.744.457.502,00	445.269.796,00
2008	2.806.913.074,00	354.700.642,00	83.688.812,00	74.180.167,00	1.841.309.857,00	453.033.595,00
2009	2.003.105.249,00	342.458.816,00	76.137.837,00	78.827.815,00	1.045.250.757,00	460.430.021,00
2010	1.924.983.500,00	373.313.981,00	95.548.483,00	83.905.431,00	900.008.427,00	472.207.175,00
2011	1.926.895.069,00	386.702.192,00	99.817.935,00	86.315.127,00	870.129.465,00	483.930.348,00
2012	1.947.464.822,00	420.934.924,00	100.861.781,00	87.403.355,00	860.101.091,00	478.163.670,00
2013	2.106.776.356,00	455.421.686,00	100.989.466,00	90.471.736,00	976.747.131,00	483.146.335,00
2014	2.022.249.199,00	481.002.096,00	102.594.176,00	91.936.667,00	858.806.836,00	487.909.422,00
2015	2.091.294.970,00	456.947.640,00	101.574.258,00	92.635.217,00	949.214.456,00	490.923.397,00

Fontes: SEEG (2018)

[1] CO2et = Estimativa das emissões de GEE - Total Brasil (em toneladas)

[2] Energia = Estimativa das Emissões de GEE - Setor de Energia (em toneladas)

[3] Proclnd = Estimativa das Emissões de GEE - Setor de Processos Industriais (em toneladas)

[4] Resíduos = Estimativa das Emissões de GEE - Setor de Resíduos (em toneladas)

[5] MUT = Estimativa das Emissões de GEE - Setor de Mudanças de Uso da Terra (em ton.)

[6] Agro = Estimativa das Emissões de GEE - Setor de Agropecuária (em toneladas)

3.2 Modelos Teóricos

Cada modelo teórico possui um objetivo, neste estudo são analisados 6 modelos, sendo:

Modelo 1 – Equação (1) que estima o impacto do crescimento econômico dos setores do Agronegócio (*PIBAgro*), da indústria (*PIBInd*) e dos serviços (*PIBServ*) em relação às emissões totais no Brasil de CO₂et.

$$\text{LogCO2et}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{LogPIBAgro}_t + \beta_2 \text{LogPIBInd}_t + \beta_3 \text{LogPIBServ}_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Modelo 2: Conjunto de Modelos apresentados na Tabela 6, com as equações de 2, 3, 4, 5 e 6. Denominado como Modelos de Emissões Setoriais, estas equações estimam o impacto do crescimento econômico dos setores do Agronegócio (*LogPIBAgro*), da indústria (*LogPIBInd*) e dos serviços (*LogPIBServ*) em conjunto com os dispêndios com Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) dos setores público (*LogPDpub*) e privado (*LogPDpriv*) e com os desembolsos do BNDES (*LogBNDES*), nas emissões de CO₂e pelos setores: Energia *Log(Energia)*; Processos Industriais *Log(ProcInd)*, Tratamento de resíduos *Log(Resíduo)*, Mudanças no Uso da Terra *Log(MUT)* e agropecuária *Log(Agro)*.

As equações do Modelo de Emissões Setoriais são:

$$\text{LogEnergia}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{LogPIBAgro}_t + \beta_2 \text{LogPIBInd}_t + \beta_3 \text{LogPIBServ}_t + \beta_4 \text{LogPDpub}_t + \beta_5 \text{LogPDpriv}_t + \beta_6 \text{LogBNDES}_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\text{LogProcInd}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{LogPIBAgro}_t + \beta_2 \text{LogPIBInd}_t + \beta_3 \text{LogPIBServ}_t + \beta_4 \text{LogPDpub}_t + \beta_5 \text{LogPDpriv}_t + \beta_6 \text{LogBNDES}_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\text{LogResiduo}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{LogPIBAgro}_t + \beta_2 \text{LogPIBInd}_t + \beta_3 \text{LogPIBServ}_t + \beta_4 \text{LogPDpub}_t + \beta_5 \text{LogPDpriv}_t + \beta_6 \text{LogBNDES}_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$\text{LogMUT}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{LogPIBAgro}_t + \beta_2 \text{LogPIBInd}_t + \beta_3 \text{LogPIBServ}_t + \beta_4 \text{LogPDpub}_t + \beta_5 \text{LogPDpriv}_t + \beta_6 \text{LogBNDES}_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$\text{LogAgro}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{LogPIBAgro}_t + \beta_2 \text{LogPIBInd}_t + \beta_3 \text{LogPIBServ}_t + \beta_4 \text{LogPDpub}_t + \beta_5 \text{LogPDpriv}_t + \beta_6 \text{LogBNDES}_t + \varepsilon_t \quad (6)$$

3.3 Método de Estimação

Para a análise empírica, a modelagem econométrica foi definida como um procedimento metodológico, e o método de estimação foram os 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.

Serão analisados: o R² que é o coeficiente de determinação e que varia entre 0 e 1, indicando, em porcentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados, e o coeficiente de correlação que pode variar em termos de valor de -1 a +1. Assim, quanto maior for o valor absoluto do coeficiente, mais forte é a relação entre as variáveis.

Com base em onze modelos teóricos, o objetivo geral é estimar o impacto do desenvolvimento econômico dos setores produtivos nas emissões de CO₂e no Brasil entre o período desde o ano de 2000 até o ano de 2015, e os objetivos específicos são:

- ⇒ Estimar o impacto dos setores do agronegócio (PIBAgro), da indústria (PIBInd) e dos serviços (PIBServ) em relação às emissões de CO₂e totais do Brasil.
- ⇒ Estimar o impacto do PIB do Agronegócio, da Indústria e dos Serviços, assim como dos Dispendios em P&D no setor públicos, Dispendios em P&D no setor privados e desembolso de crédito realizados pelo BNDES nas emissões de CO₂e dos setores: Energia, Processos Industriais, Tratamento de Resíduos, Mudanças no Uso do Solo e Agropecuária.

A qualidade e os ajustes dos valores obtidos na regressão são medidos com o índice “R²” (R-quadrado). O coeficiente de determinação, denominado R², é uma medida de ajuste de um modelo estatístico linear generalizado, como a regressão linear, em relação aos valores observados R² varia entre 0 e 1, indicando, em porcentagem, quanto o modelo pode explicar os valores observados. Quanto maior o R², mais explicativo é o modelo, ou seja, quanto melhor o modelo se encaixa na amostra (GUJARATI & PORTER, 2011).

4 Resultados e Discussões

4.1 Análise Descritiva dos Dados

As emissões de Gases Efeito Estufa (GEE) estimados em tonelada (CO₂e) no Brasil durante o período desde o ano de 2000 até o ano de 2015 apresentou uma média de 2.514.625.636,06 toneladas (Tabela 4) e teve um aumento médio de 2,21%, mas o maior aumento ocorrido na série foi de 48,7% (2.490.316.648, CO₂e em 2002 para 3.703.761.245, CO₂e em 2003) ocorrido no ano de 2003.

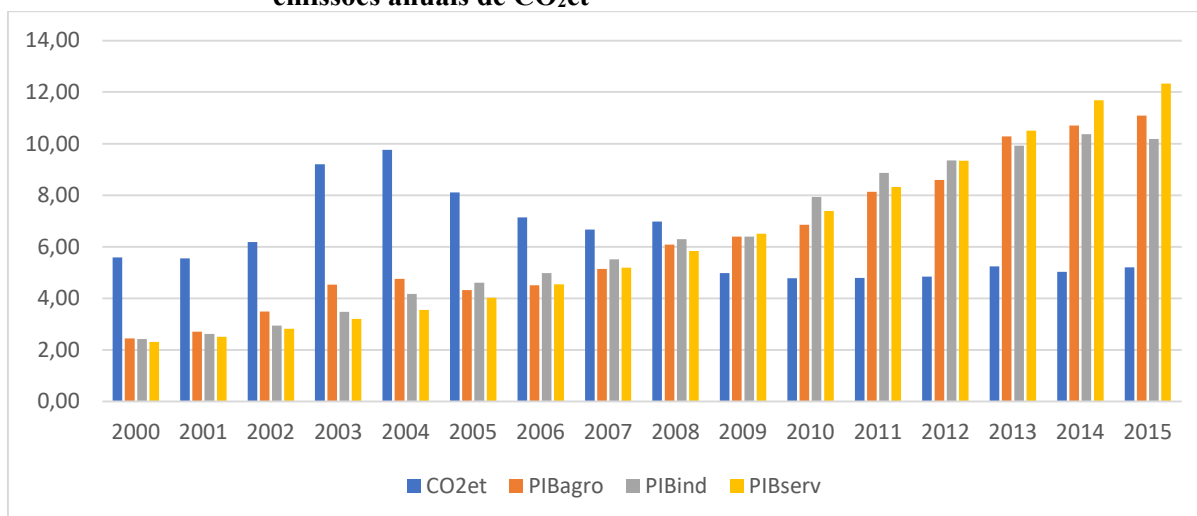
O PIB agropecuário no período desde o ano de 2000 até o ano de 2015 apresentou média de 146.0003,72 milhões de Reais (Tabela 3). Do ano 2002 para o ano 2003 o aumento do PIB agropecuário foi de 30,0%, conseqüente do aumento das exportações de commodities, enquanto o PIB da indústria aumentou 18,4%, o PIB dos serviços aumentou 13,4% e o PIB Brasil 15,4%. Portanto, o setor agropecuário do ano 2002 para o ano 2003 demonstrou maior participação no PIB e, também, nas emissões de GEE, com aumento de 5,6%, enquanto nos processos industriais e no setor de energia o aumentou nas emissões foi de 1,4% e de 2,5% respectivamente.

O PIB corrente do Brasil teve queda na seqüência de aumentos em 12,7% de média no período de 2000 a 2008 para 7,2% de aumento de 2008 para 2009, abaixo da média. As emissões de GEE acompanhou esta queda, diminuiu 28,6% de 2008 para 2009, (2.806.913.074, toneladas de CO₂e 2008 para 2.003.105.249, toneladas de CO₂e 2009). As emissões de GEE de 2008 para 2009 nos setores produtivos foram: energia 3,4%; processos industriais 9,0%; tratamento de resíduos 6,3%; mudanças no uso do solo 43,2%; e agropecuária 1,6%.

No período de 2000 a 2015, as emissões anuais de CO₂e em toneladas apresentou aumento médio anual de 1,5% e o total das emissões em 2015 foi de 2.091.294.970, sendo inferior à média mensal das emissões do período em 16,87%, indicando que as emissões de GEE no Brasil estão em queda.

Na Figura 1 é demonstrado a evolução dos três setores da economia e as emissões de CO₂ total entre 2000 e 2015.

Figura 1 – Comparativo da evolução do PIB: agropecuária, Indústria e serviços com as emissões anuais de CO₂et



Fonte: Os autores com base no IBGE (2017) e SEEG (2018)

De acordo com os resultados apresentados na Figura 1, as emissões foram reduzindo a partir de 2004 e que as demais variáveis tiveram aumento quase linear de 2000 a 2015. Os dados apontam, uma relação inversa entre crescimento econômico e emissões de CO₂et. Nos anos de 2009 e 2010 houve aumento no PIB dos três setores econômicos e, opostamente, houve redução das emissões de CO₂et de 6,97% para 4,98% (2009) e de 4,98% para 4,78% (2010). De 2011 até 2015 as emissões tiveram crescimento, mas os aumentos das emissões foram menores percentualmente, comparados aos aumentos percentuais do PIB dos três setores.

Tabela 3 – Estatística Descritiva das Variáveis: PIBagro; PIBind; e PIBserv; PDpub; PDpriv; BNDES

	PIBagro ^[1]	PIBind ^[2]	PIBserv ^[3]	Pdpub ^[4]	Pdpriv ^[5]	BNDES ^[6]
Média	146003,72	712851,55	1893781,88	19228,46	17511,94	95435,00
Mediana	131101,45	673489,17	1668412,38	16432,80	15830,82	77884,86
Desvio padrão	65191,28	323855,49	1010616,80	11613,80	9989,96	61894,78
Variância	4249902362	1,04882E+11	1,02135E+12	134880348	99799360,21	3830964320
Mínimo	56962,39	275870,54	698493,45	6493,84	6066,81	23046,00
Máximo	258967,00	1183094,00	3735862,00	38742,60	38137,40	190419,04
Contagem	16	16	16	16	16	16

Fonte: Os autores

[1] PIB = Produto Interno Bruto (Milhões de Reais)

[2] PIBpc = Produto Interno Bruto *Per Capita* (Mil Reais)

[3] PDpub = Dispêndios em P&D por instituições públicas (Milhões de Reais)

[4] PDpriv = Dispêndios em P&D por instituições privadas (Milhões de Reais)

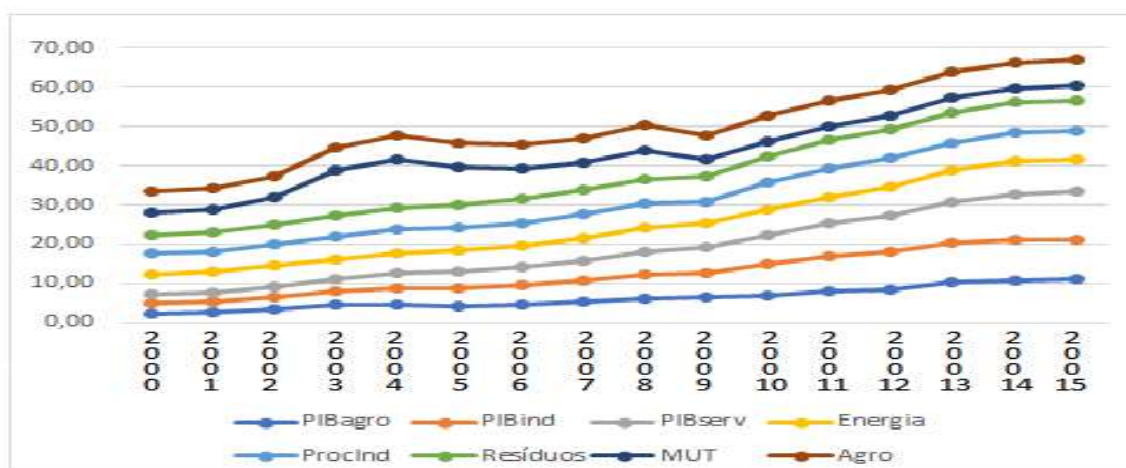
[5] BNDES = Desembolsos BNDES para Empresas (Milhões de Reais)

Com intuito de analisar as evoluções anuais das variáveis: PIB do Agronegócio, PIB da Indústria e o PIB de Serviços e das emissões de CO₂et pelos setores: energia, processos industriais, tratamento de resíduos, mudanças no uso do solo/terra e agropecuária foi elaborada a Figura 2.

Os dados apresentados indicam que os valores do PIB agropecuária, Indústria e serviços tiveram comportamentos muito próximos em seus aumentos durante o período em estudo. O comportamento das emissões anuais de CO₂e pelos setores: Energia, Processos industriais, tratamento de resíduos, mudanças

no uso do solo e agropecuária foram muito semelhantes aos das variáveis referente ao PIB, com exceção no ano de 2008 para 2009 que o PIB teve aumento e as emissões pelos setores de energia, processos industriais e mudanças no uso do solo tiveram reduções.

Figura 2 – Comparativo da evolução do PIB: agropecuária, Indústria e serviços com as emissões anuais de CO₂e pelos setores: Proc. industriais, tratamento de resíduos, mudança no uso do solo agropecuária



Fonte: Os autores com base no IBGE (2017) e SEEG (2018)

Tabela 4 – Estatística Descritiva das Variáveis: CO₂e; Energia; Proclnd.; Resíduos; MUT; e Agro no período de 2000 a 2015

	CO ₂ e ^[1]	Energia ^[2]	Proclnd ^[3]
Média	2515624636,06	358014854,00	86621581,06
Mediana	2239060485,00	338464439,50	82423537,00
Desvio padrão	644665080,29	64390304,80	11454218,15
Variância	4,15593E+17	4,14611E+15	1,31199E+14
Mínimo	1924983500,00	289998929,00	71719612,00
Máximo	3929252165,00	481002096,00	102594176,00
Contagem	16	16	16
	Resíduos ^[4]	MUT ^[5]	Agro ^[6]
Média	75952505,56	1541493728,56	453541964,81
Mediana	73718595,00	1420721789,50	458927458,00
Desvio padrão	11616222,36	708715154,67	32018139,20
Variância	1,34937E+14	5,02277E+17	1,02516E+15
Mínimo	58314185,00	858806836,00	384605797,00
Máximo	92635217,00	3020884948,00	490923397,00
Contagem	16	16	16

Fonte: Os autores

[1] CO₂e = Estimativa das emissões de GEE - Total Brasil (em toneladas)

[2] Energia = Estimativa das Emissões de GEE - Setor de Energia (em toneladas)

[3] Proclnd = Estimativa das Emissões de GEE - Setor de Processos Industriais (em ton.)

[4] Resíduos = Estimativa das Emissões de GEE - Setor de Resíduos (em ton.)

[5] MUT = Estimativa das Emissões de GEE - Setor de Mudanças de Uso da Terra (em

[6] Agro = Estimativa das Emissões de GEE - Setor de Agropecuária (em toneladas)

Essas variáveis foram tratadas e utilizadas nos modelos econométricos estimados.

4.2 Análise Econométrica

Os modelos empíricos em séries temporais consideraram os setores produtivos da economia brasileira, durante o período de 2000 a 2015, e as variáveis foram logaritmizadas. Os modelos foram estimados com o objetivo de investigar o impacto dos setores produtivos nas emissões de CO₂ e a partir de regressão linear múltipla.

4.2.1 Análise do Modelo de Emissões Totais

No Modelo de Emissões Totais o objetivo foi de estimar o impacto do crescimento econômico dos três setores produtivos principais, em relação às emissões totais de CO₂. Os resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Resultado Econométrico do Modelo de Emissões Totais

<i>Dependent variable:</i>	
Variáveis	log(CO ₂ et) ^[1]
log(PIBAgro) ^[2]	1.326*** (0.411)
log(PIBInd) ^[3]	0.902 (0.563)
log(PIBServ) ^[4]	-2.133*** (0.552)
Constant	24.453*** (1.020)
Observations	16
R ²	0.702
Adjusted R ²	0.627
Residual Std. Error	0144 (df = 12)
F Statistic	9.402*** (df = 3; 12)
<i>Note:</i>	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

[1] Log(CO₂et) = Logaritmo de Dioxido de Carbono equiv. – qde. total Brasil (Ton.)

[2] Log(PIBAgro) = Logaritmo Produto Interno Bruto Agronegócios

[3] Log(PIBInd) = Logaritmo Produto Interno Bruto Indústria

[4] Log(PIBServ) = Logaritmo Produto Interno Bruto Serviços

Os resultados apresentam evidências de impacto linear e positivo do crescimento econômico gerado pelo setor do agronegócio (PIBAgro) nas emissões totais de CO₂. Esse resultado sugere que um país em desenvolvimento como o Brasil, deve construir políticas de mitigação das emissões de CO₂ a partir de novas tecnologias e compensação em outros setores produtivos. Destaca-se que a análise é linear, limitando-se ao efeito marginal primário, que pode ser melhor investigado a partir de estudos não lineares de Kusnetz em Xian-Zheng *et al.* (2003) e Ang (2007) que descobriram efeitos negativos na segunda derivada.

Para o setor da indústria, quando investigado em conjunto com os setores do Agronegócio e de Serviços no Brasil, apresentou efeito linear não significativo com p-valor > 10%. Esse resultado indica que as externalidades geradas pelo setor industrial são nulas, não impactando de forma direta nas emissões de CO₂ totais, e essa conclusão evidencia tecnologias mais limpas de acordo com Ozkan & Ozkan (2012), Ang (2007) e Wang *et al.* (2009).

O setor de serviços como esperado, apresentou evidências de contribuição positiva para as emissões de CO₂ totais, pois, obteve coeficiente negativo e significativo com p-valor de 0,01. Os estudos a lá Kuznets já indicavam resultados positivos para o meio ambiente com economias voltadas ao serviço, e segue mesmos padrões de Prado, Soares & Lopes (2017).

Observou-se, ainda, que o modelo adotado tem alto ajuste sugerido pelo R² de 70%, seguindo as recomendações de (Arellano & Bond, 1991). Em relação às estimativas, visualiza-se que nem todos os coeficientes apresentaram sinais esperados conforme a literatura de Ozkan & Ozkan (2012); Prado, Soares & Lopes (2017). Os resultados são antagônicos à Jayanthakumaran e Liu (2012) e Shahbaz *et al.* Mutascu & Azim (2013). Porém, Ang (2007) afirma que o Brasil tem uma particularidade importante, que é a energia limpa produzida pelas hidrelétricas e podem justificar esse resultado.

4.2.2 Análise dos Modelos de Emissões Setoriais

A Tabela 6 apresenta os resultados das estimações previstas nas equações de 2 a 6 que teve por objetivo compreender o impacto gerado pelo crescimento econômico medido pelo PIB e créditos do BNDES e pelo crescimento dos dispêndios em P&D público e privado.

Tabela 6: Resultados Econométricos dos Modelos de Emissões Setoriais [1 a 5]

Variáveis	Dependent variable:				
	log(Energia) ^[1]	log(ProcInd) ^[2]	log(Res) ^[3]	log(MUT) ^[4]	log(Agro) ^[5]
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
log(PIBAgro) ^[6]	-0.032 (0.117)	0.019 (0.155)	0.032 (0.044)	1603** (0.526)	0.103** (0.035)
log(PIBInd) ^[7]	-0.124 (0.198)	0.481 (0,263)	0.057 (0,074)	1.583 (0,893)	0.209*** (0,059)
log(PIBServ) ^[8]	0,033 (0,473)	-0,600 (0,629)	0,327* (0,177)	-1,205 (2,134)	0,213 (0,141)
log(PDpub) ^[9]	0,502* (0,232)	0,504 (0,309)	-0,062 (0,087)	-1,699 (1,048)	-0,287*** (0,069)
log(PDpriv) ^[10]	-0,030 (0,213)	0,005 (0,283)	-0,084 (0,080)	0,446 (0,961)	-0,038 (0,063)
log(BNDES) ^[11]	-0,100 (0,062)	-0,153* (0,083)	0,024 (0,023)	-0,503 (0,281)	-0,003 (0,019)
Constant	17.788*** (2.026)	16.985*** (2.692)	13.459*** (0.758)	16.061 (9.138)	16.031*** (0.602)
Observations	16	16	16	16	16
R ²	0.968	0.903	0.994	0.900	0.984
Adjusted R ²	0.947	0.838	0.991	0.834	0.974
Residual Std. Error (df = 9)	0.040	0.053	0.015	0.178	0.012
F Statistic (df = 6; 9)	46.091***	13.942***	270.376***	13.524***	95.055***

Note: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

- [1] Log(Energia) = Logaritimo do setor de Energia (em toneladas de CO₂e)
 [2] Log(ProcInd.) = Logaritimo do setor de Processos Industriais (em toneladas de CO₂e);
 [3] Log(Resid) = Logaritimo do Setor de Residuos (em toneladas de CO₂e);
 [4] Log(MUT) = Logaritimo do Setor de Mudanças do Uso do Solo (em toneladas de CO₂e);
 [5] Log(Agro) = Logaritimo do Setor de Agropecuária (em toneladas de CO₂e);
 [6] Log(PIBAgro) = Logaritimo do Prod. Inter.Bruto(PIB) setor da Agronegócios (Milhões de Reais);
 [7] Log(PIBInd) = Logaritimo do Prod. Inter.Bruto(PIB) setor da Industria (Milhões de Reais);
 [8] Log(PIBServ) = Logaritimo do Prod. Inter.Bruto(PIB) setor de Serviços (Milhões de Reais);
 [9] Log(Pdpub) = Logaritimo de Dispêndios em P&D por instituições públicas (Milhões de Reais);
 [10] Log(PDpriv) = Logaritimo de Dispêndios em P&D por instituições privadas (Milhões de Reais); e
 [11] Log(BNDES) = Logaritimo de Desembolsos BNDES para Empresas (Milhões de Reais).

4.2.2.1 Análise do Modelo 1

O modelo apresentou alto ajuste sugerido de R² de 96,8%, contudo, ao serem analisados os coeficientes de cada variável independente, que se apresentaram bem próximo a zero, observa-se que: o

crescimento econômico dos setores do agronegócio, indústria, e serviços apresentaram efeito linear não significativo com p-valor > 10%. Os resultados indicam que as externalidades geradas pelos três setores não impactam de forma direta nas emissões de CO₂e do setor de Energia. O que dá consistência ao raciocínio de que o crescimento econômico depende da energia para ser maximizado e não é ocasionador das emissões de CO₂e no setor de energia. Mas ao contrário é verdadeiro, conforme estudos de Neil (2007), a indústria de geração de energia é uma das maiores produtoras de emissões de GEE. Assim sendo, o setor de energia para atender a demanda dos setores produtivos, em seu processo produtivo, assim como, também, o seu produto, a energia, ao ser consumido, corroboram com a emissão de CO₂e. Neste sentido, Arouri *et al.*(2012); Farhani & Ben Rejeb (2012a; 2012b); Charfeddine & Khediri (2016); e Aye & Edoja (2017), afirmaram que o consumo de energia tem um impacto significativo positivo nas emissões de CO₂. e, também, salientam que um aumento no consumo de energia leva ao aumento do crescimento econômico e conseqüente aumento nas emissões de CO₂.

Na estimação do impacto do crescimento dos dispêndios em P&D no setor público (Pdpub) nas emissões de CO₂e do setor de Energia, observou-se que apresentou efeito linear significativo com p-valor>5% o que indica que as externalidades geradas com dispêndios em P&D público impactam de forma direta nas emissões de CO₂e no setor de energia. Este resultado é contraditório aos estudos de Raulino (2018) que afirma que quanto maiores os investimentos em tecnologia na mitigação da emissão de GEE reduzem os impactos ambientais. Aye & Edoja (2017), afirmaram que para serem reduzidas as emissões de CO₂e com crescimento econômico sustentável há a necessidade de evoluir e de transformar as tecnologias de baixo carbono, ou seja, a energia renovável deve substituir a energia não renovável com a mesma a eficiência energética.

O impacto dos dispêndios em P&D privados e os Desembolsos com crédito realizados pelo BNDES nas emissões de CO₂e pelo setor energia, ao serem investigados, apresentaram efeito linear não significativo com p-valor >10%. Esse resultado indica que as externalidades geradas por estas duas variáveis são nulas, não impactando de forma direta nas emissões de CO₂ totais. Os resultados dos impactos dos dispêndios em P&D privados são contraditórios aos resultados do estudo de 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 aos aumentos das emissões de CO₂e. No tocante ao resultado do impacto dos Desembolsos com crédito realizados pelo BNDES nas emissões de CO₂e pelo setor energia, Muhammad *et al.* (2013) em seu estudo afirma que o desenvolvimento financeiro compacta as emissões de CO₂e, e podem desempenhar seu papel na melhoria da qualidade ambiental.

4.2.2.2 Análise do Modelo 2

No modelo 2 (Tabela 6) apresentou alto ajuste sugerido pelo R² de 90,3%. O crescimento dos setores agronegócios, indústria e serviços apresentaram efeito linear não significativo com p-valor >10%. Estes resultados indicam que as externalidades geradas pelos três setores não impactam de forma direta nas emissões de CO₂e do processo industrial. Nos processos industriais, as emissões de GEE são conseqüências diretas da produção bruta de cada ramo de atividade. Assim, o resultado apresentado pelos três setores contradiz o resultado de vários estudos: Conforme Rezai *et al.* (2009) as emissões dos GEE é uma das externalidades negativas do crescimento da economia; e conforme Xian-Zheng *et al.* (2003) que afirmam que há relação entre os indicadores de poluição industrial e o crescimento econômico.

Os dispêndios com P&D dos setores público e privado apresentaram efeito linear não significativo com p-valor >10%. Este resulta sugere que não são geradas externalidades pelos dispêndios em P&D. Desta forma não há impacto direto nas emissões de CO₂ nos processos industriais. Mas, opostamente é defendido na literatura científica que o desenvolvimento de tecnologias e inovações possibilitam reduzir emissões nos processos produtivos. Neste contexto, Mazzucato & Penna (2016) afirmam que os investimentos em P&D promovem efeitos multiplicadores na economia com a inclusão de tecnologias inovadoras que maximizam a produção e inserem processos inovadores de redução das emissões de CO₂e.

Os desembolsos de créditos do BNDES apresentou coeficiente negativo e significativo com p-valor de 0.05, indicando que com aumentos dos desembolsos, as emissões de CO₂ nos processos industriais são reduzidos, fato que corrobora com Ferraz *et al.* (2013) que afirmaram que o crédito para muitos setores que demandam de capital os tornam viáveis economicamente, pois os possibilita atenderem as especificidades de seus projetos de crescimento, inovação e enfrentamento das externalidades como exemplo, a redução de emissões de GEE. Abbasi & Riaz (2013) afirmaram que quando há maior grau de liberalização e desenvolvimento do setor financeiro, as variáveis financeiras desempenharam um papel influenciador na mitigação das emissões de CO₂.

4.2.2.3 Análise do Modelo 3

O modelo 3 (Tabela 6) apresentou alto ajuste sugerido de R₂ de 99,4%. Os setores do agronegócio e da indústria, quando investigados em conjunto com o PIB do setor de Serviços, dispêndios em P&D público e privado, e com os desembolsos em crédito pelo BNDES no Brasil, apresentaram efeito linear não significativo com p-valor>10%. Com esse resultado, pode-se inferir que o crescimento econômico do setor do agronegócio e industrial não geram externalidades por estes dois setores no setor de tratamento de resíduos. Portanto, não impactam de forma direta nas emissões de CO₂e do setor de tratamento de resíduos. Esse resultado é conflitante com outros estudos, pois de acordo com Shaari *at al.* (2014) afirmaram que os aumentos no crescimento econômico podem intensificar as emissões de CO₂e. Shafik (2014) afirma que o aumento do crescimento econômico, também, aumentam os indicadores sobre os resíduos sólidos e emissões de CO₂e. Bogner *et al.* (2008) afirma que contribuição dos resíduos e efluentes pós-consumo é pequena nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), participa de cerca de 3% para o total de emissões globais de GEE antropogênicas.

O setor de serviços apresentou evidências de contribuição negativa para as emissões de CO₂ do setor de tratamento de resíduos, pois obteve coeficiente positivo e significativo com p-valor <0.10. Este resultado demonstra que o crescimento do setor de serviços colabora nas emissões de CO₂e do setor de tratamento de resíduos.

Este resultado corrobora com o estudo de Ge & Lei (2014) que desenvolveram uma avaliação do subsistema de insumo-produto para estudar as emissões de carbono associadas ao setor de serviços. Os autores salientaram que as atividades de serviços são consideradas como emissores de baixo carbono. Mas em suas conclusões, destacam que, os serviços de transporte, armazenamento, correio e telecomunicações é responsável por um alto nível de emissões diretas e os serviços de estudos científicos, serviços técnicos, hotéis, restaurantes e os serviços de saúde, seguridade social e assistência social contribuem significativamente para as emissões indiretas. Evidenciam que essas atividades de serviços são negligenciadas por regulamentações destinadas a reduzir as emissões.

No mesmo sentido, Ribeiro *et al.* (2018) destacam que uma parte significativa do setor de serviços contribui para aumento das emissões de gases de efeito estufa a partir do consumo de combustíveis fósseis. Butnar & Llop (2011) salientam que os serviços na Espanha têm aumentado suas emissões de CO₂ principalmente devido a um aumento nas emissões geradas por outros setores para cobrir a demanda final por serviços.

Os dispêndios com P&D público e privado e os desembolsos de créditos do BNDES, quando investigados se impactam na emissão de CO₂e do setor de tratamento resíduos, apresentaram efeito linear não significativo com p-valor >10%. Mas este resultado apresentado é contraditório com vários estudos que afirmam: quanto maiores forem os dispêndios em P&D, mais inovadoras serão as tecnologias que ajudarão a diminuir e mitigar as emissões de CO₂e (OZKAN & OZKAN, 2012; ANG, 2007; e WANG *et al.*, 2009). E com relação aos dispêndios de crédito, afirmam que com a disponibilidade de mais recursos financeiros, maiores serão os investimentos em tecnologias que reduzirão as emissões de CO₂e (MUHAMMAD *et al.*, 2013; FERRAZ, ALÉM & MADEIRA; 2013).

4.2.2.4 Análise do Modelo 4

O modelo 4 (Tabela 6) apresentou alto ajuste sugerido de R₂ de 90,0%. Como esperado, o crescimento econômico do setor de agronegócio, apresentou evidências de contribuição positiva para as emissões de CO₂ no setor de mudanças no uso do solo, pois, obteve coeficiente negativo e significativo com p-valor de 0.05. Resultado que indica que com aumentos no crescimento econômico do setor agronegócio, aumentam as emissões de CO₂ pelo setor de mudanças no uso do solo. Este resultado confirma os estudos de Riebsame, Meyer & Turner (1998) onde afirmam que os padrões adotados para o uso do solo têm promovido mudanças na cobertura do solo, que é o caso da agropecuária, e que conseqüentemente, com suas atividades tem emitido CO₂e que afeta cumulativamente a biosfera e o clima global. Este resultado, ainda, confirma a afirmativa de Ribeiro *et al.* (2018), de que nas últimas três décadas aumentou o controle de desmatamento brasileiro e as taxas de desmatamento diminuíram, e conseqüentemente, houve redução de emissões com mudanças e uso do solo em 12% ente 2005 e 2010. Mas, conforme os autores, se continuar assim no futuro, as emissões brasileiras ficarão por conta somente das atividades econômicas, pois no mesmo período, as emissões totais de GEE, excluídas as mudanças no uso do solo e florestas, aumentaram 18%. Cechin & Pacini (2012) salienta que a visão otimista da economia verde de que a economia de diversos setores pode ser impulsionada por investimentos em tecnologias limpas, em contradição à extração de recursos naturais e indústrias poluidoras não deixa de ser correta, mas ainda o setor de agronegócio, de acordo com Cerri *et al.* (2009), precisa iniciar um processo de mitigação mais eficiente e fazer uso de novas tecnologia e processos inovadores para maximizar sua produção com menor ocupação de espaço.

O crescimento econômico dos setores da indústria e de serviços no Brasil, os dispêndios em P&D público e privado e os desembolsos em crédito pelo BNDES, quando investigados em conjunto com o crescimento econômico do setor agropecuário, com o objetivo de verificar o impacto que causam nas emissões de CO₂e pelo setor de mudanças no uso do solo, apresentaram efeito linear não significativo com p-valor > 10%. Esse resultado indica que as externalidades geradas por estas variáveis independentes são nulas, não impactando de forma direta nas emissões de CO₂ pelo setor de mudanças no uso do solo. Mas, de acordo com Houghton *et al.* (2012), por responsabilidade das mudanças no uso do solo, o fluxo líquido de carbono das emissões antrópicas de carbono, entre o período desde o ano de 1990 até o ano de 2010, foi de 12,5%. No entanto, de acordo com Alig *et al.* (2006) a força do mercado associado a uma economia influenciada pelas tecnologias e inovações, e por políticas

desenvolvimentistas, provocam mudanças no uso do solo. Assim sendo, as emissões de CEE são também de responsabilidade dos demais setores produtivos, pois as mudanças no uso do solo acontecem por escolhas realizadas por agentes econômicos com objetivos diversos relacionados interesses econômicos.

4.2.2.5 Análise do Modelo 5

O modelo 5 (Tabela 6) apresentou alto ajuste sugerido de R_2 de 98,4%. O crescimento econômico gerado pelo setor do agronegócio (PIBAgro) obteve coeficiente positivo, com efeito linear, e significativo com p-valor < 0.05 . Esse resultado evidencia que as externalidades geradas pelo setor do agronegócio impactam de forma direta, nas emissões de CO_2 e do setor agropecuário.

O resultado apresentado afere os resultados de Brandão *et al.* (2012) que afirma que no setor agropecuário mundial, incluindo-se: silvicultura, agricultura e pecuária, o Brasil é um dos maiores colaboradores pelas emissões de GEE, principalmente, devido ao desmatamento. Esse resultado confirma os argumentos da SEEG (2018) que informou que o setor agropecuário no Brasil foi em 2015 responsável por 23,48% das emissões totais de CO_2 do país.

Ainda, o resultado corrobora com os resultados de Alam (2015) que estudou o impacto do valor agregado do setor de agricultura, indústria de transformação e serviços no PIB sobre as emissões de CO_2 de países selecionados do sul da Ásia; Bangladesh, Índia, Nepal e Sri Lanka no período desde o ano de 1972 até o ano de 2010. A conclusão sugeriu que o valor acrescentado da agricultura no PIB tem um impacto significativo negativo nas emissões de CO_2 , onde o valor acrescentado industrial e de serviços no PIB tem um impacto positivo significativo nas emissões de CO_2 .

Isermann (1994) analisou o envolvimento da agricultura nas emissões de CO_2 mundiais e o potencial de aquecimento global (GWP). Analisou diversas formas de reduzir e mitigar os GEE. E a conclusão foi que as diversas medidas se adotadas resultariam, na melhor das hipóteses, na redução da poluição do meio ambiente global, mas não o colocariam em um fim.

O crescimento econômico do setor industrial apresentou coeficiente positivo e efeito linear significativo estatisticamente com p-valor $< 0,01$, esse resultado indica que as externalidades geradas pelo setor industrial impactam de forma direta nas emissões de CO_2 e pelo setor agropecuário.

O setor industrial é responsável por fornecer insumos aos demais setores e, portanto, este resultado afirma que o setor industrial influencia o setor agropecuário em suas emissões de CO_2 de acordo com estudos feitos pelo SEEG (2014). Conforme Chara (2016) em seu estudo constatou que na atividade industrial a geração de emissões de gases com efeito de estufa constitui uma parte significativa do total de emissões na União Europeia.

O crescimento econômico do setor de serviços, opostamente aos setores do Agronegócio e do setor da indústria no Brasil, apresentou efeito linear não significativo com p-valor $> 10\%$. Esse resultado indica que as externalidades geradas pelo setor de serviços são nulas, não impactando de forma direta nas emissões de CO_2 e do setor agropecuário. Este resultado apoia os estudos de Xian-Zheng *et al.* (2003) e Wang *et al.* (2009) que afirmam que com o crescimento econômico do setor de serviços as emissões de CO_2 e são mínimas e que agride pouco a atmosfera. Contraditoriamente aos autores Xian *et al.* (2003) e Wang *et al.* (2009), nos estudos de Ozkan & Ozkan (2012) foi constatado que o setor de comércio e

serviços participa de 8% das emissões de CO₂ na Turquia, resultado que demonstra que o setor de serviços também participa no montante de emissões de GEE no mundo.

Esse resultado de baixa emissão e mitigação de CO₂e pelo setor de serviços compactua com os estudos de Piaggio *et al.* que analisaram as emissões de GEE do setor de serviços do Uruguai em 2004. Os serviços, excluindo-se o transporte, são considerados de baixo nível de emissões diretas, mas demandam de insumos produzidos por outros setores. Os resultados mostram que as emissões diretas do setor de serviços são consequência das atividades dos setores relacionados com o resto da economia.

Os dispêndios com P&D do setor público, apresentou evidências de contribuição positiva para as emissões de CO₂ Agropecuário, pois, obteve coeficiente negativo e significativo com p-valor < 0.01. Este resultado confirma que com maiores dispêndios em P&D menores são as emissões de CO₂e. De acordo com Salami & Soltanzadeh (2012) a política de inovação deve sempre buscar soluções para alcançar o desenvolvimento econômico e eliminar problemas relacionados emissões de poluições. No estudo de Fernández *et al.* (2018) foi constatado empiricamente que a inovação tem 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. E ainda, no estudo de Burchart-Korol *et al.* (2016), foi confirmado que os investimentos em P&D contribui para a redução das emissões de CO₂. Assim, de acordo com de Seo (2010), se houver investimentos para a busca de alternativas tecnológicas, pode se reduzir os impactos ambientais e as emissões de CO₂ nas atividades agropecuárias.

Os dispêndios em P&D privados no Brasil, apresentou efeito linear não significativo com p-valor >10%. Esse resultado indica que os dispêndios em P&D não causam externalidades e não impactam de forma direta nas emissões de CO₂e do setor agropecuário. Este resultado está oposto ao resultado apresentado pelos dispêndios em P&D no setor público. Mas este resultado não anula os benefícios que os dispêndios em P&D acarretam com a redução das emissões de CO₂e, pois 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.

Os desembolsos com créditos do BNDES apresentaram efeito linear não significativo com p-valor >10%. Esse resultado indica que as externalidades geradas pelos desembolsos com créditos do BNDES são nulas, não impactando de forma direta nas emissões de CO₂e do setor agropecuário. Mas, de acordo com Costa & Manolescu (2004), o crédito financeiro, na maioria das pesquisas científicas tem se apresentado como um fator que desempenha um papel importante no crescimento de uma economia. Por sua vez, o crescimento de uma economia promove as emissões de CO₂e, conforme os estudos de Rezai *et al.* (2009); Shaari *et al.* (2014); Boopen & Vinesh (2010).

5 Conclusões Finais

Na análise linear do impacto do crescimento econômico dos setores produtivos brasileiros nas emissões de GEE, foi observado evidências de que o crescimento econômico do agronegócio impactou com aumentos consideráveis nas emissões totais do Brasil de CO₂e, assim como, nos setores de emissões de CO₂e: mudanças do uso do solo e na agropecuária. Nos demais setores de emissões as externalidades foram nulas nas emissões de GEE. O crescimento econômico da indústria promove consideráveis aumentos das emissões de CO₂e no setor de emissões agropecuária, e os demais setores de emissões de CO₂e há evidências de neutralidade nas externalidades ambientais, assim como, é nulo nas emissões totais de CO₂e no Brasil.

O crescimento econômico dos serviços mostra evidências de promover reduções consideráveis nas emissões totais de CO₂e no Brasil, no entanto, promove aumento das emissões no setor resíduos e não impacta nas emissões dos demais setores de emissões.

Ao serem analisadas as variáveis que contribuem para com o avanço tecnológico, observou-se indícios de que os dispêndios em P&D no setor público corroboram para a redução das emissões de CO₂e no setor de emissões Agropecuário, mas, opostamente, promovem aumentos das emissões no setor de energia, e não se mostra impactante nas emissões de GGE nos demais setores.

No entanto, os investimentos em P&D no setor privado não impacta nas emissões de CO₂e em nenhum dos setores de emissões, quando as perspectivas eram de que corroboraria na redução considerável das emissões em todos os setores de emissões. Já os desembolsos de crédito pelo BNDES têm promovido reduções nas emissões de CO₂e nos processos industriais, mas não tem influenciado as emissões nos demais setores de emissões.

Sugere-se, portanto, como uma possível discussão para trabalhos futuros que sejam analisadas as influências dos dispêndios com pesquisa & desenvolvimento privados nas emissões de CO₂e do setor agropecuário.

6 Referências

ABBASI, Saddam Akber; RIAZ, Muhammad. On enhanced control charting for process monitoring. **International Journal of Physical Sciences**, v. 8, n. 17, p. 759-775, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515302305>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

ALAM, Janifar. Impacto do valor agregado do setor agropecuário e de serviços no PIB sobre as emissões de CO₂ de países selecionados do sul da Ásia. **World Rev Bus Res**, v. 5, n. 2, p. 39-59, 2015. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/329962374_Impact_of_Agriculture_Industry_and_Service_Sector's_Value_Added_in_the_GDP_on_CO2_Emissions_of_Selected_South_Asian_Countries>. Acesso em: 28 dez. 2018.

ALIG, et al. Effects of policy and technological change on land use. **Economics of rural land-use change**. Burlington, VT: Ashgate Press, p. 27-40, 2006. Disponível em: < <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/24481>>. Acesso em: 05 dez. 2018.

ALVES, Humberto Prates da Fonseca. Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto. (Tese) Doutorado em Ciências Sociais, Campinas-SP: **Universidade Estadual de Campinas**, 2004. Disponível em: < http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/279913/1/Alves_HumbertoPrates_daFonsecaD.pdf>. Acesso em: 19 ago.2018.

ANG, James B. CO₂ emissions, energy consumption, and output in France. **Energy Policy**, v. 35, n. 10, p. 4772-4778, 2007. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421507001498>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

ARELLANO, M.; BOND, S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **The review of economic studies**, 58, 1991. 277-297. Disponível em: < <https://academic.oup.com/restud/article-abstract/58/2/277/1563354>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

AROURI, Mohamed El Hedi *et al.* Energy consumption, economic growth and CO2 emissions in Middle East and North African countries. **Energy policy**, v. 45, p. 342-349, 2012. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512001590>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

AYALON, Ofira *et al.* Solid waste treatment as a high-priority and low-cost alternative for greenhouse gas mitigation. **Environmental Management**, v. 27, n. 5, p. 697-704, 2001. Disponível em:< <https://link.springer.com/article/10.1007/s002670010180>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

AYE, Goodness C.; EDOJA, Prosper Ebruvwiyo. Effect of economic growth on CO2 emission in developing countries: Evidence from a dynamic panel threshold model. **Cogent Economics & Finance**, v. 5, n. 1, p. 1379239, 2017. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23322039.2017.1379239>>. Acesso em: 20 dez.2018.

BNDES- Banco Nacional de Desenvolvimento. **Evolução dos desembolsos** - Desempenho-201701_series_setoriais.xlsx. 2017. Disponível em: < <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/estatisticas-desempenho/desembolsos>>. Acesso em: 26 dez. 2017.

BOGNER, Jean et al. Mitigation of global greenhouse gas emissions from waste: conclusions and strategies from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report. Working Group III (Mitigation). **Waste Management & Research**, v. 26, n. 1, p. 11-32, 2008. Disponível em:< <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0734242x07088433>>. Acesso em: 074 dez. 2018.

BOOPEN, Seetanah, VINESH, Sannasee. 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. 2017.

BRANDÃO, F. S. *et al.* Brazilian agribusiness and the greenhouse gases emissions (GHG) reduction. **Agro@ambiente On-line**, v. 6, n. 1, p. 84-90, 2012. Disponível em:< <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123215061>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Boletim Anual de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural– Base 2015 -3ª Ed.. Brasília-DF: **Departamento de Políticas de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural-DEPG**. 2016b. Disponível em:< <http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro- Dezembro – 2015. Brasília-DF: **Departamento de Monitoramento do Sistema Elétrico**. 2016a. disponível em:< <http://www.mme.gov.br/documents/10584/2027273/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Dezembro-2015.pdf/dee4fa2a-f287-4117-89fe-bb0123997001>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

BURCHART-KOROL, D. *et al.* 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. 2018.

BURKE, Marshall; EMERICK, Kyle. Adaptation to climate change: Evidence from US agriculture. **American Economic Journal: Economic Policy**, v. 8, n. 3, p. 106-40, 2016. Disponível em: < <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pol.20130025>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

BUTNAR, Isabela; LLOP, Maria. Structural decomposition analysis and input–output subsystems: Changes in CO₂ emissions of Spanish service sectors (2000–2005). **Ecological Economics**, v. 70, n. 11,

p. 2012-2019, 2011. Disponível em: <
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800911002060>>. Acesso em: 06 dez.2018.

CAMIOTO, Flávia de C. *et al.* Efficiency in Brazil's industrial sectors in terms of energy and sustainable development. **Environmental Science & Policy**, v. 37, p. 50-60, 2014. Disponível em:<
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901113001561>>. Acesso em: 14 de ago. 2018.

CECHIN, Andrei; PACINI, Henrique. Green economy: why optimism should be coupled with the skepticism of reason. **estudos avançados**, v. 26, n. 74, p. 121-136, 2012. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142012000100009&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 29 nov. 2018.

CERRI, Carlos Clemente *et al.* Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia agricola**, v. 66, n. 6, p. 831-843, 2009. Disponível em:<
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162009000600017&script=sci_arttext&tlng=es>. Acesso em: 05 dez. 2018.

CGEE-Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília-DF.: CGEE, 2016. Disponível em: < <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/DesertificacaoWeb.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

CHARA, Karakosta. The Role of Industrial Emissions within the European Union: Trends and Policy". Climate Policy Info Hub, 2016. Disponível online em: <http://climatepolicyinfohub.eu/role-industrial-emissions-within-eu-trends-and-policy> >. Acesso em: 20 dez. 2018.

CHARFEDDINE, Lanouar; KHEDIRI, Karim Ben. Financial development and environmental quality in UAE: Cointegration with structural breaks. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 55, p. 1322-1335, 2016. Disponível em: <
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115007066>>. Acesso em: 20 dez.2018.

COSTA, Erika Alcino; MANOLESCU, Friedhilde Maria Kustner. A importância do crédito na economia. **Anais do Encontro Latino Americano de Pós-Graduação**, 2004. Disponível em: <
http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/inic/pdf/IC6-5.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2018.

DON, Axel *et al.* Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks—a meta-analysis. **Global Change Biology**, v. 17, n. 4, p. 1658-1670, 2011. Disponível em:<
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2486.2010.02336.x>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

FARHANI, Sahbi; BEN REJEB, Jaleddine. Energy consumption, economic growth and CO2 emissions: Evidence from panel data for MENA region. **University of Sousse, Tunisia**, 2012a. Disponível em:<
<http://dergipark.gov.tr/download/article-file/361164>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

FARHANI, Sahbi, BEN REJEB, Jaleddine. Link between economic growth and energy consumption in over 90 countries. **Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business**, 3, 199–210. 2012b. Disponível em:<
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2054541>. Acesso em: 09 dez. 2018.

FERNÁNDEZ, Y. Fernández *et al.*. 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.2018.

FERRAZ, João C. *et al.*. **A contribuição dos bancos de desenvolvimento para o financiamento de longo prazo.** Revista do BNDES, Rio de Janeiro, n. 40, p. 5-42, dez. 2013. Disponível em: < <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2284>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

GE, Jianping; LEI, Yalin. Carbon emissions from the service sector: an input-output application to Beijing, China. **Climate Research**, v. 60, n. 1, p. 13-24, 2014. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/269824226_Carbon_emissions_from_the_service_sector_An_input-output_application_to_Beijing_China>. Acesso em: < 15 dez. 2018.

GÓRALCZYK, Małgorzata. Life-cycle assessment in the renewable energy sector. **Applied Energy**, v. 75, n. 3-4, p. 205-211, 2003. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261903000333>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

GRIFFIN, Emma Alice. The 'industrial revolution': interpretations from 1830 to the present. **Vereinigtes Königreich: Clio Online**, 2012. Disponível em: < <http://www.uea.ac.uk/documents/1006128/1446434/Emma+Griffin+industrialrevolution.pdf/816bcd4c-ac9b-4700-aae4-ee6767d4f04a>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

GUJARATI, Damodar; PORTER, Dawn C. **Econometria Básica**, 5ª Ed., versão original Mcgraw Hill Companies, New York, NY-EUA, Tradução de Denise Durante, Mônica Rosemberg, Maria Lúcia G. L. Rosa; Revisão de Claudio D. Shikida, Ari Francisco de Araújo Junior, Márcio Antônio Salvato. Porto Alegre-RS: AMGH, 2011.

HOUGHTON, Richard A. *et al.* Carbon emissions from land use and land-cover change. **Biogeosciences**, v. 9, n. 12, p. 5125-5142, 2012. Disponível em: < https://www.biogeosciences.net/_/9/5125/2012/bg-9-5125-2012.pdf>.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. 2018. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9827-censo-agropecuario.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 31 jul. 2018.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema de Contas Nacionais – SCN**. Tabela 10.1 - Valor adicionado bruto constante e corrente, segundo os grupos de atividades - 2010-2015. IBGE, 2017. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 31 jul. 2018.

ISERMANN, K. Agriculture's share in the emission of trace gases affecting the climate and some cause-oriented proposals for sufficiently reducing this share. **Environmental pollution**, v. 83, n. 1-2, p. 95-111, 1994. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0269749194900272>>. Acesso em: 20 dez.2018.

JAYANTHAKUMARAN, Kankesu; LIU, Ying. Openness and the environmental Kuznets curve: evidence from China. **Economic Modelling**, v. 29, n. 3, 2012. p. 566-576. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264999311002884>>. Acesso em: 03 ago. 2018.

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. 2018.

MCTI&C - Ministério da Ciência, Tecnologia e 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.** 2017b. Disponível em: <

http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos_aplicados/indicadores_consolidados/2_1_2.html>. Acesso em: 26 dez. 2017.

MCTI&C - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 4ª ed. Coordenação: SEPED - Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. MCTI&C: Brasília, 2017a. Disponível em: <http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/4ed_ESTIMATIVAS_ANUAIS_WEB.pdf/a4376a93-c80e-4d9f-9ad2-1033649f9f93>. Acesso em: 24 mar. 2018.

MME/EPE – Ministério de Minas e Energia / Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2015, Ano-base 2014**. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143895/2.1+-+BEN+2015+-+Documento+Completo+em+Portugu%C3%AAs+-+Ing+1%C3%AAs+%28PDF%29/22602d8c-a366-4d16-a15f-f29933e816ff?version=1.0>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

MUHAMMAD, Shahbaz *et al.*. Economic Growth, Energy Consumption, Financial Development, International Trade and CO2 Emissions, in Indonesia. 2013. Disponível em:< <https://mpr.aub.uni-muenchen.de/43722/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

NEIL, Adger *et al.* **Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho II do IPCC**. v. 23, p. 2, 2007. Disponível em: <<http://www.onu-brasil.org.br>>. Acesso em 30 de jul. 2018.

NELSON, Gerald C. et al. Agriculture and climate change in global scenarios: why don't the models agree. **Agricultural Economics**, v. 45, n. 1, p. 85-101, 2014. Disponível em:< <https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&q=Agriculture+and+climate+change+in+global+scenarios%3A+why+don%27t+the+models+agree+&btnG=&lr=>>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

OECD- Organisation for Economic Co-Operation and Development. **Frascati Manual 2002 - The Measurement of Scientific and Technological Activities: Proposed standard practice for surveys on Research and Experimental Development**. Ed. 6ª, Paris: OCDE, 2002. Disponível em: <<http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/9202081e.pdf?expires=1495115138&id=id&accname=guest&checksum=ADB45A18C6D73BEB78CA0EE9443DBF27>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

OZKAN, Filiz & OZKAN, Omer. An analysis of CO₂ emissions of Turkish industries and energy sector. **Regional and Sectoral Economic Studies**, v. 12, n. 2, p. 65-85, 2012. Disponível em:< <http://www.usc.es/economet/journals2/eers/eers1227.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

PIAGGIO, Matías *et al.*. The materiality of the immaterial: service sectors and CO2 emissions in Uruguay. **Ecological Economics**, v. 110, p. 1-10, 2015. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092180091400370X>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

PRADO, Jamaika *et al.*. **Análise da curva ambiental de Kuznets (CAK) dinâmica e da eficiência no controle das emissões**. Juiz de Fora-MG: Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, 2017. Disponível em: https://www.anpec.org.br/encontro/2017/submissao/files_I/i11-0e5b02cb514dcc32fdeeb21cc69c59e0.pdf.. Acesso em: 02 ago. 2018.

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. 2018.

REZAI, Armon *et al.* **Global Warming and Economic Externalities**. Schwartz Center for Economic Policy Analysis. New York, NY: New School for Social Research, 2009. Disponível em: <

http://www.economicpolicyresearch.org/images/docs/research/climate_change/SCEPA%20Working%20Paper%202009-3.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2018.

RIBEIRO, Luiz C.de Santana *et al.*. Greenhouse Gases Emissions and Economic Performance of Livestock, an Environmental Input-Output Analysis. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 225-238, 2018. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032018000200225&script=sci_arttext>. Acesso em: 05 dez. 2018.

RIEBSAME *et al.* Modeling land use and cover as part of global environmental change. **Climatic change**, v. 28, n. 1-2, p. 45-64, 1994. Disponível em:< <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01094100>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

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. Disponível em:< https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-27242012000100014&script=sci_arttext&lng=en>. Acesso em: 01 dez. 2018.

SANGHI, Apurva; MENDELSON, Robert. The impacts of global warming on farmers in Brazil and India. **Global Environmental Change**, v. 18, n. 4, p. 655-665, 2008. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378008000496>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

SEEG- Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. **Emissões de GEE do setor agropecuário**. Documento de análise. SEEG, 2016a. Disponível em: < <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2016/12/WIP-16-10-07-RelatoriosSEEG-Agropecuaria.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

SEEG-Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. **Emissões de GEE do setor resíduos** - Documento de análise. SEEG, 2016b. Disponível em: < <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2016/09/FINAL-16-09-13-RelatoriosSEEG-Residuos.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

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

SEEG-Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. **Análise da evolução das emissões de GEE no Brasil (1990-2012) setor industrial**. SEEG, 2014. Disponível em:< <http://seeg.eco.br/2014/11/18/analise-da-evolucao-das-emissoes-de-gee-no-brasil-1990-2012-setor-industrial/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

SEO, S. Niggol. Is an integrated farm more resilient against climate change? A micro-econometric analysis of portfolio diversification in African agriculture. **Food Policy**, v. 35, n. 1, p. 32-40, 2010. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030691920900058X>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

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. 2017.

SHAFIK, Nemat. Economic development and environmental quality: an econometric analysis. **Oxford economic papers**, v. 46, n. 4, p. 757-774, 1994. Disponível em:<

<https://go.galegroup.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA16444828&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=00307653&p=AONE&sw=w>. Acesso em: 08 dez. 2018.

SHAHBAZ *et al.* Environmental Kuznets curve in Romania and the role of energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 2013. 165-173. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/228765820>
[_Environmental_Kuznets_Curve_in_Romania_and_the_Role_of_Energy_Consumption](https://www.researchgate.net/publication/228765820)>. Acesso em: 06 ago. 2018.

SIMIONI, Carlos Alberto. **O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis.** (TESE) Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Curitiba-PR: Universidade Federal do Paraná-UFPR. 2006. Disponível em:<<https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/5080/Carlos%20Aberto%20Simioni.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

TOL, Richard SJ; DE VOS, Aart F. A Bayesian statistical analysis of the enhanced greenhouse effect. *Climatic Change*, v. 38, n. 1, p. 87-112, 1998. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1005390515242>>. Acesso em: 05 ago. 2018.

WANG, Jinxia *et al.* The impact of climate change on China's agriculture. *Agricultural Economics*, v. 40, n. 3, p. 323-337, 2009. Disponível em:< <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1574-0862.2009.00379.x>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

WANG, Wenwen *et al.* Decomposing the decoupling of energy-related CO₂ emissions and economic growth in Jiangsu Province. *Energy for Sustainable Development*, v. 17, n. 1, p. 62-71, 2013. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082612000956> >. Acesso em 20 dez. 2018.

WORRELL, Ernst *et al.* Industrial energy efficiency and climate change mitigation. *Energy efficiency*, v. 2, n. 2, p. 109, 2009. Disponível em:< <https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-008-9032-8>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

XIAN-ZHENG, Xie *et al.* Econometric analysis of the relationship between economic growth and industrial pollution. *Journal of Anhui University*. 2003. Disponível em: <http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-ADZS200305025.htm>. Acesso em: 15 ago. 2018.

ZANONI, Maria M. V. *et al.* Emissão de metano por decomposição de resíduo florestal inundado. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* [online]. vol.19, n.2, pp.173-179, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662015000200173&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 01 ago. 2018.

ZAPATA, Hector O.; RAMBALDI, Alicia N. Monte Carlo evidence on cointegration and causation. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, v. 59, n. 2, p. 285-298, 1997. Disponível em:<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1468-0084.00065>> Acesso em: 14 nov. 2018.