



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA RURAL

MARIANA DE ABREU MARTINS

ENSAIO DE EFICIÊNCIA ECONÔMICA E AMBIENTAL AGRÍCOLA DOS PAÍSES
COMPONENTES DO BRICS

FORTALEZA
2022

MARIANA DE ABREU MARTINS

ENSAIO DE EFICIÊNCIA ECONÔMICA E AMBIENTAL AGRÍCOLA DOS PAÍSES
COMPONENTES DO BRICS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Economia Rural.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Rogério César Pereira de Araújo

FORTALEZA
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M344e Martins, Mariana de Abreu.
Ensaio de eficiência econômica e ambiental agrícola dos países componentes do BRICS / Mariana de Abreu Martins. – 2022.
57 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Mestrado Profissional em Avaliação de Políticas Públicas, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Rogério César Pereira de Araújo.

1. BRICS. 2. DEA. 3. SBM. 4. ecoeficiência. 5. análise de janelas. I. Título.

CDD 320.6

MARIANA DE ABREU MARTINS

ENSAIO DE EFICIÊNCIA ECONÔMICA E AMBIENTAL AGRÍCOLA DOS PAÍSES
COMPONENTES DO BRICS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Economia Rural.

Aprovada em 31/05/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rogério César Pereira de Araújo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Gerrio dos Santos Barbosa
Observatório do Federalismo Brasileiro
(Seplag-CE)

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me concedido saúde e perseverança em todos os dias da minha vida.

Aos meus pais, Vicente de Paula da Silva Martins e Maria Luciene de Abreu Martins, pela dedicação e fé, pois proporcionaram continuar na minha jornada acadêmica. À minha irmã, Atília de Abreu Martins, por todo o companheirismo nessa caminhada.

Ao Prof^o. Dr^o. Rogério César Pereira de Araújo, pela orientação com excelência e ensinamentos ao longo de todo o curso.

Aos membros da banca examinadora, Prof^o. Dr^o. Kilmer Coelho Campos e Dr^o. Gerrio dos Santos Barbosa pelas sugestões acadêmicas.

Aos meus amigos de mestrado e graduação, que se mantiveram ao meu lado, dando todo o suporte emocional e acadêmico para que eu pudesse alcançar o meu objetivo.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), pela qualidade de ensino e estrutura. À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo auxílio financeiro.

RESUMO

A globalização tem movido os países a formarem blocos econômicos e buscarem a eficiência produtiva, principalmente, na área da agricultura. Esta dissertação tem como foco investigar a eficiência técnica e ecológica, denominada ecoeficiência, entre os países que formam o BRICS. A Ecoeficiência tanto mostra o desempenho dos países membros do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), relativo aos *inputs* e *outputs* (desejáveis ou indesejáveis) empregados na agricultura, quanto identifica a relação que pode existir entre os países para aumentar a eficiência da agricultura no bloco. Para tanto, utilizaram a abordagem do DEA-SBM Variante e Análise de Janelas. Os dados para *inputs* e *outputs* abrangeram os anos de 2000 a 2018. A avaliação da Ecoeficiência da agricultura abrange as dimensões ambiental, econômica e social, as quais podem refletir o nível de sustentabilidade da agricultura no BRICS. Isso contribui para a elaboração de políticas de cooperação capaz de promover o desenvolvimento sustentável do referido setor. Os resultados apresentados para o período de análise mostraram que a Rússia tem o melhor desempenho relativo (84,8%). A África do Sul foi a última colocada no *ranking* de Ecoeficiência (14,3%), sugerindo que não houve aumento quanto ao uso de seus *inputs* para alcançar um melhor resultado em seus *outputs* desejáveis e indesejáveis.

Palavras-chave: BRICS; DEA; ecoeficiência; SBM; análise de janelas.

ABSTRACT

Globalization has mainly the countries in the form of blocks, in the area in search of productive efficiency. This dissertation focuses on investigating the technical and ecological efficiency among the countries that form the BRICS. The eco shows the performance of the ICS member countries (Brazil, Russia, India, China and South Africa) regarding the inputs and products identified the BR efficiency that may exist between the countries so that it can increase the efficiency of agriculture in the bloc. To do so, we will use the DEA-SBM Variant and Window Analysis approach. Data for inputs and outputs cover the years 2000 to 2018. The evaluation of the eco-efficiency of agriculture covers the environmental, economic and social dimensions, which may reflect the level of sustainability of agriculture in the BRICS, whose evaluation will contribute to the elaboration of policies cooperation between countries to promote sustainable agricultural development. The results presented for the analysis duration period that Russia presented the best performance for the duration period, while durability was presented in the ranking (14.3%), suggesting that it did not increase the use of its inputs to achieve a better result in your outputs the larger and undesirable

Keywords: BRICS. DEA. ecoefficiency. SBM. analysis of windows.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Inputs e Outputs da agricultura..... | 29 |
| Figura 1 – Gráficos das médias dos inputs e outputs pelos países do BRICS no período 2000- 2018. Nota: (a) Pesticidas; (b) Fertilizantes; (c) Energia; (d) Emprego na agricultura; (e) Terras agrícolas; (f) Valor da produção agrícola; (g) Emissões de CO2 eq na agricultura..... | 32 |
| Figura 2 – Ecoeficiência dos países-membros do BRICS no período 2000- 2018..... | 36 |
| Figura 3 – Ecoeficiência das janelas países-membros do BRICS..... | 39 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Indicadores econômicos e sociais do BRICS..... | 21 |
| Tabela 2 - Indicadores econômicos, de produção e ambiental do BRICS..... | 23 |
| Tabela 3 – Estatística descritiva dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> dos países-membros do BRICS..... | 30 |
| Tabela 4 – Média dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> dos países-membros do BRICS no período 2000 - 2018..... | 31 |
| Tabela 5 – Ecoeficiência dos países-membros do BRICS..... | 35 |
| Tabela 6 - Estatística Descritiva de Ecoeficiência do países-membros do BRICS..... | 37 |
| Tabela 7 - <i>Ranking</i> DEA dos países-membros do BRICS..... | 38 |
| Tabela 8 – Média das folgas dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> dos países-membros do BRICS..... | 40 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 12 |
| 2.1 Do crescimento ao desenvolvimento econômico | 12 |
| 2.2 Do desenvolvimento econômico ao desenvolvimento sustentável | 13 |
| 2.3 Ecoeficiência | 16 |
| 2.4 Ecoeficiência e o BRICS | 18 |
| 2.5 Análise envoltória de dados | 18 |
| 3 METODOLOGIA | 21 |
| 3.1 Área de estudo | 21 |
| 3.2 Método de análise | 24 |
| 3.2.1 Análise envoltória de dados | 24 |
| 3.2.2 Análise de Janelas | 27 |
| 3.3 Dados e variáveis | 28 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 30 |
| 4.1 Estatística descritiva das variáveis | 30 |
| 5 CONCLUSÃO | 42 |
| REFERÊNCIAS | 45 |
| ANEXO A | 53 |
| ANEXO B | 56 |

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, com a maior visibilidade da questão ambiental, percebeu-se a importância do equilíbrio entre produção, consumo e meio ambiente, mediante o desenvolvimento de políticas ambientais eficazes que possibilitem a conscientização dos agentes econômicos em relação a processos produtivos menos danosos ao meio ambiente. Isso seja por meio do manejo dos recursos naturais e resíduos, seja por tecnologias limpas e energias renováveis.

A partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, no ano de 1992, no Rio de Janeiro, foram tratados os principais fundamentos sobre o meio ambiente. Nessa ocasião, entrou em discussão a Ecoeficiência. Este novo conceito surgiu como uma estratégia de gestão para garantir a sustentabilidade, diminuindo a produção de resíduos, o consumo de matéria, de energia e de emissões de poluentes. Além disso, contribuiu para pensar a mitigação da exploração dos ambientes naturais, modificando a relação entre o homem e a natureza, na tentativa de beneficiar as gerações futuras no tocante ao acesso aos recursos naturais.

Nas atividades agrícolas, há formas variadas de conceituar sustentabilidade. Entretanto, seu fundamento é a valorização dos recursos naturais dos sistemas agrícolas produtivos (EDWARDS *et al.* 1990). A sustentabilidade dos sistemas agrícolas de produção, historicamente, pode ser interpretada como manutenção da produtividade, envolvendo fatores físicos, bióticos e aspectos relativos à viabilidade sociocultural e econômica.

Uma das formas utilizadas para a estimação da Ecoeficiência é a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), cuja metodologia permite incluir múltiplos insumos e produtos, desejáveis e indesejáveis, avaliando o desempenho produtivo das unidades produtivas. Também auxilia a definição de metas de melhorias, sem que haja a necessidade de atribuir pesos aos indicadores que são considerados na comparação de um índice de eficiência.

Tendo em vista o processo de globalização, surgiu a necessidade da reunião de economias visando o desenvolvimento socioeconômico e sustentável. A partir dessa concepção, surgiu o BRICS, conjunto de cinco países em desenvolvimento, sendo eles Brasil, Rússia, Índia,

China e África do Sul. São reunidos a partir de suas semelhanças, mas, individualmente, possuem características socioeconômicas e culturais que os diferenciam.

Considerando o contexto de formação de blocos econômicos, derivados dos processos de globalização e a importância da estratégia da Ecoeficiência, o presente estudo propõe-se a verificar a eficiência econômica e ambiental da agricultura quanto ao desenvolvimento dos países que formam o BRICS e estimar o potencial dessas futuras potências econômicas para o período específico de 2000 a 2018. Além disso, procura entender em qual dos países a Ecoeficiência demonstrou-se mais presente. De forma específica, os objetivos são: (i) caracterização das estatísticas descritivas dos países quanto às variáveis estudadas (econômicas e àquelas relacionadas à agricultura); (ii) calcular o *ranking* de eficiência econômica e ambiental dos BRICS a partir da Análise de Janelas e (iii) analisar as variáveis que explicam a Ecoeficiência.

Esse capítulo será estruturado em quatro seções. A primeira seção apresenta a introdução e objetivos do trabalho. A segunda seção expõe o referencial teórico, em particular, os contextos históricos e conceitos de crescimento e desenvolvimento econômico, sustentável e Ecoeficiência. Em seguida, na terceira seção, apresenta-se a metodologia e, por fim, na quarta seção, são apresentados os resultados do estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção serão apresentados os tópicos relevantes ao estudo, compreensão e embasamento teórico dos estudos sobre a Ecoeficiência e o BRICS.

2.1 Do crescimento ao desenvolvimento econômico

O conceito de crescimento econômico foi apontado, inicialmente, na obra clássica de Adam Smith – *A riqueza das nações: uma investigação sobre a natureza e as causas da riqueza das nações* – datada no século XVIII. Nesse sentido, é apresentada uma perspectiva acerca do funcionamento dos mercados e a relação entre o número de trabalhadores empregados produtivamente versus a população total, esboçando que o crescimento da produtividade do trabalho permitiria um crescimento do estoque de capital, melhorando o salário e, conseqüentemente, a qualidade de vida dos trabalhadores e da população. Portanto, o crescimento econômico simbolizava uma das principais razões para o desenvolvimento.

O confronto em termos de um conceito diferenciado para a noção de desenvolvimento apareceu com o economista inglês J.A Schumpeter (1997) ao afirmar que o crescimento corresponderia, apenas, a uma expansão do capital. Já o desenvolvimento dependeria de inovações tecnológicas atreladas ao reinvestimento do lucro para que, a partir daí, seja obtido um aumento da riqueza.

O advento do conceito de desenvolvimento deu-se no período após a Segunda Guerra Mundial, diferenciando-se do conceito de crescimento econômico, mostrando que, embora restrito ainda a uma perspectiva econômica, já apontava uma evolução. O conceito de desenvolvimento se baseia no desenvolvimento da condição humana, e não apenas na condição econômica de um país ou região (SEERS, 1970 *apud* BOISIER, 2001).

Na mesma perspectiva, distinguem-se os conceitos – crescimento e desenvolvimento – da seguinte forma: o crescimento refere-se à expansão da produção real em um subconjunto econômico (FURTADO, 1983). Enquanto o desenvolvimento está relacionado ao crescimento de uma estrutura complexa que traduz a diversidade das formas sociais e econômicas originada pela divisão do trabalho social, satisfazendo as necessidades de uma coletividade. Portanto, pode existir crescimento econômico sem que, necessariamente, ocorra desenvolvimento. Isto é, o crescimento, através do acúmulo de capital, não necessariamente incorre em melhorias na qualidade de vida da população em geral.

Na década de 1990, Boutros Boutros-Ghali, secretário geral da Organização das Nações Unidas (ONU) no período, no relatório intitulado “Agenda para o Desenvolvimento” (1994) (*Agenda for Development*), afirmou que “(...) o desenvolvimento é um direito humano fundamental. O desenvolvimento é a base mais segura para a paz.” (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1994, p. 4). Além da dimensão paz, são apresentadas mais quatro dimensões para o desenvolvimento: o crescimento econômico, o ambiente, a justiça social e a democracia.

O desenvolvimento é o objetivo principal da economia contemporânea, porém seu sucesso depende de fatores culturais, econômicos, políticos e institucionais. Isso é afirmado por Sen (2000) ao mencionar que o desenvolvimento de uma região não deve ser pautado, apenas, na dimensão econômica, mas também na dimensão sociocultural, mostrando que as instituições e os valores são pilares fundamentais. O autor conclui, portanto, que o desenvolvimento econômico é resultado, além da inovação tecnológica e do progresso técnico, dos recursos humanos e da acumulação de capital social. E, por isso, questiona a ideia de um desenvolvimento econômico que, ampliando desigualdades sociais, tende a esgotar os recursos naturais a fim de alcançar determinado nível de progresso.

Dessa maneira, percebe-se que o estudo acerca do conceito de desenvolvimento econômico tornou-se mais complexo e intangível, dissociando-se de uma perspectiva econômica, apenas, para evoluir e englobar dimensões políticas, sociais e ambientais.

2.2. Do desenvolvimento econômico ao desenvolvimento sustentável

Conforme apresentado na seção anterior, ocorreu uma evolução acerca do conceito de desenvolvimento, embora este ainda esteja atrelado ao de crescimento econômico. Radetzki (1992) argumenta que o crescimento econômico é um obstáculo para o meio ambiente, dado que apresenta limitações em relação ao suporte do meio para contemplar as necessidades humanas.

Denis (1993) afirma que o crescimento econômico é visto como um processo dinâmico definido pelo gasto em capital, sem levar em consideração o desgaste que pode ocorrer aos recursos naturais. O crescimento econômico contribui, portanto, para a degradação dos recursos naturais, já que são úteis aos processos produtivos vigentes.

De maneira específica, desde a Revolução Industrial, a sociedade apresentou mudanças significativas. Passou a acontecer uma substituição da força humana e animal para uma

instrumentação mecanizada, aumentando a produtividade e as descobertas de métodos para a obtenção e elaboração de insumos essenciais à produção. Com isso, a Revolução Industrial registrou o marco da mudança da relação do homem com o meio em que habita, além de estimular uma migração intensiva das pessoas do meio rural para o meio urbano em busca de melhorias na qualidade de vida.

Com o advento da industrialização em diversos países, os recursos naturais foram sendo usados de forma mais intensa, evidenciando que a interação do homem com o meio ambiente significa uma relação intensa e invasiva, afetando a disponibilidade deste para a geração futura. Tornou-se quase impossível encontrar natureza ou ecossistemas puros dado o nível de intervenção do homem na natureza (GONÇALVES, 2007).

O estudo da relação entre crescimento econômico, utilização dos recursos naturais e meio ambiente é importante, pois o processo de crescimento econômico é justificado pela oferta de recursos naturais e pela qualidade ambiental. Isso gera uma influência negativa sobre o meio ambiente, que, por sua vez, interfere no nível de crescimento econômico (KAMOGAWA, 2003).

Segundo Carvalho *et al.* (2015), o modelo de desenvolvimento econômico leva em consideração a transformação das relações em produtos, obtendo lucro. O que significa um contraponto à ideia de preservação dos recursos naturais.

Em meados da década de 1960, a temática acerca do meio ambiente era pouco discutida. Almeida (2012) aponta a obra “Primavera Silenciosa”, fruto da bióloga Rachel Louise Carson (1962), que, pioneiramente, tratou e tornou pública a contaminação do meio ambiente através de resíduos tóxicos advindos do uso de pesticidas químicos. Outro autor de destaque na década de 1960 é o economista alemão William Kapp, que estudou a relação economia, ecologia e a sociedade, chamando-a de “ecossocioeconomia”. Ele explica a poluição como um resultado capitalista, podendo ser um fenômeno tratável se distinto do sistema econômico em vez de ser correlato à produção e ao consumo da sociedade moderna (SPASH, 2013).

Na década de 1970, as discussões relacionadas à economia e ecologia surgiram. A ecologia tem como aspecto principal a preservação dos recursos naturais, já que são recursos finitos, e a utilização indiscriminada pode acarretar desequilíbrio ambiental. O que demonstra a importância de produzir o suficiente para atender às necessidades humanas, mas de maneira consciente ecologicamente. Com o avanço da economia global e dos impactos ambientais, fez-se necessária a reflexão acerca da relação economia e ecologia a fim de que se encontrassem soluções, economicamente, sustentáveis.

Na esfera mundial, o enfoque era dado de maneira mais intensa às políticas econômicas. Um dos primeiros estímulos para o debate ambiental foi a realização da Conferência da Biosfera em Paris, em 1968, que originou a 1ª Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1972. A partir deste marco, conforme Bayardino (2004), muitos países não só decretaram legislações e regulamentos ambientais, como também criaram ministérios para tratar, diretamente, de assuntos relacionados ao meio ambiente e à degradação da natureza de forma eficaz.

Ainda na década de 1970, os ambientalistas criaram o conceito de “ecodesenvolvimento”, cujas ideias serviram, posteriormente, de auxílio para a formulação do conceito de desenvolvimento sustentável. Montibeller Filho (2004) diz que o ecodesenvolvimento de uma região se baseava em suas competências e no equilíbrio entre os objetivos sociais e econômicos atrelado a uma gestão eficiente de recursos e do meio ambiente.

Na década de 1980, foi realizado o encontro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em Nairóbi, com a formação de uma Comissão das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) e, por conseguinte, a realização do Relatório de *Brundtland*, publicado em 1987. Intitulado como “Nosso Futuro Comum”, o relatório descrevia o desenvolvimento sustentável como “(...) aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras”. Além disso, o relatório ratifica a união do desenvolvimento com a sustentabilidade. Isto é, a busca por qualidade de vida para a população mediante a utilização dos recursos naturais de forma que os seus limites sejam respeitados.

Lopes (2001) reconhece que o relatório foi o marco conceitual e estratégico para a problemática ambiental, disseminando o termo sustentabilidade no contexto global. Para que se chegasse ao conceito atual de desenvolvimento sustentável, existiram estudos diversos acerca do meio ambiente e da sua implicação na produção nas décadas de 1960 e 1970. Encontros que incentivaram debates nos anos de 1980 e nos anos 2000, com o reconhecimento da importância da gestão ambiental nas administrações para que os impactos ambientais pudessem ser identificados, almejando soluções capazes de mitigar os problemas ambientais.

Repetto (1986) afirma que o desenvolvimento sustentável é uma estratégia de gerenciamento de ativos (financeiros e físicos) e recursos (naturais e humanos), compatibilizando-os com o crescimento da riqueza e do bem-estar em longo prazo.

Goodland e Ledec (1987) caracterizam o desenvolvimento sustentável como a transformação da economia, cujos benefícios socioeconômicos são otimizados no presente sem que haja redução desses benefícios no futuro. Assim sendo, na década de 1980, iniciaram-se os

debates acerca da sustentabilidade mediante o conceito de desenvolvimento sustentável, em um contexto que apontava a necessidade de equilibrar a produção e a conservação dos recursos naturais. Isto é, o crescimento econômico a partir do uso dos recursos ambientais de forma consciente.

A sustentabilidade foi analisada por meio de três formas (DALY; GAYO, 1995 *apud* LOPES, 2001, p. 28). A primeira delas é a sustentabilidade ecológica relacionada à subsistência dos ecossistemas importantes para a garantia de vida em longo prazo. Em seguida, tem-se a sustentabilidade econômica, em que a gestão eficiente dos recursos naturais proporciona o prosseguimento da atividade econômica e, por último, a sustentabilidade social, que leva em consideração quando os benefícios e custos são distribuídos, adequadamente, entre a geração presente e futura.

Percebe-se, portanto, que a sustentabilidade diz respeito não apenas à perspectiva ambiental, mas também à econômica e social. Jacobi (2005) menciona uma relação intrínseca entre justiça social, equilíbrio ambiental, qualidade de vida e quebra com o padrão de desenvolvimento vigente.

Para o estabelecimento efetivo da sustentabilidade, é imprescindível a formulação de políticas que estimulem a sociedade em relação à continuidade do equilíbrio ambiental através do uso otimizado dos recursos naturais, a fim de mitigar os seus efeitos degradantes.

Ainda na década de 1980, juntamente à discussão do conceito de sustentabilidade atrelado ao de desenvolvimento sustentável, emergiu o assunto da gestão dos recursos naturais. Nesse sentido, é compreendida como o conjunto de orientações e atividades administrativas e operacionais a fim de alcançar soluções positivas para o meio ambiente frente aos danos causados pelas atividades humanas (BARBIERI, 2004).

Como mencionado acima acerca da importância da formulação de políticas públicas voltadas ao equilíbrio ambiental, a sustentabilidade precisa estar inserida, efetivando conceitos como economia verde, eficiência na agricultura, tecnologias limpas etc. Todavia, para que haja uma verdadeira eficácia das políticas públicas, a sociedade precisa estar engajada e modificar comportamentos que, outrora, eram incompatíveis para o alcance do sucesso dessas políticas. De acordo com Vargas (1998), a cultura ambiental tem como um dos seus elementos principais os conhecimentos ambientais.

2.3 Ecoeficiência

Com o advento do conceito de desenvolvimento sustentável, ações coletivas foram necessárias para que o meio ambiente fosse preservado, como opções de produção menos onerosas aos recursos naturais. Por sua vez, a Ecoeficiência surge e é vista como um dos passos para o alcance do desenvolvimento sustentável.

Esse conceito vem sendo formulado antes mesmo da década de 1970, em paralelo à aparição da eficiência ambiental (MCINTYRE; THOMTON, 1978). Todavia, foi apenas em 1990 que o conceito se tornou efetivo, segundo Schaltegger e Sturm (1990), correlacionando-o ao desenvolvimento sustentável e ao mercado empresarial. Nesse sentido, é difundido posteriormente, por meio do Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (*World Business Council for Sustainable Development – WBCSD – 1992*).

Para WBCSD (1992), a Ecoeficiência reúne o progresso econômico e ambiental, essenciais para o crescimento econômico, mediante a eficiência da utilização dos recursos e diminuição das emissões nocivas ao meio ambiente, satisfazendo as necessidades do ser humano em termos de melhor qualidade de vida. Paralelamente, reduz, de maneira progressiva, os impactos ambientais e o uso dos recursos naturais até, pelo menos, no nível de sustentabilidade do planeta.

Mantendo-se em evolução, a Ecoeficiência tem como princípio manter o nível produtivo exigido pela economia, utilizando menos insumos ou material menos nocivo ao meio ambiente, sem estimular o desperdício. Oliveira (2012) diz que a Ecoeficiência utiliza a gestão ambiental baseada na premissa da redução, reutilização e reciclagem. Vinha (2003) acrescenta que é um modelo de gestão que tenta equilibrar a economia com o meio ambiente, incrementando produtividade e eficiência.

A década de 1990 foi importante no processo de consolidação da ecoeficiência. Mostrou que o avanço econômico e os recursos naturais andam atrelados e, por isso, a importância da adoção de tal conceito, principalmente, nas empresas. Logo, passou a ser vista como uma estratégia positiva de melhoria da imagem por parte das empresas, ao passo que o avanço tecnológico e o processo produtivo se tornaram mais eficientes, aumentando a necessidade do uso de recursos naturais.

As diretrizes estabelecidas do WBCSD (2000) destacam sete dimensões da ecoeficiência: (a) reduzir a intensidade do consumo de materiais em produtos e serviços; (b) reduzir a intensidade do consumo de água e energia em produtos e serviços; (c) reduzir a dispersão de compostos tóxicos; (d) promover a reciclagem; (e) maximizar o uso de recursos renováveis; (f) estender a durabilidade dos produtos; e (g) aumentar a intensidade do uso de produtos e serviços.

A Ecoeficiência é mensurada através de indicadores que apontam a relação entre a atividade econômica e os recursos naturais, alcançando resultados relacionados ao desempenho ambiental e econômico das atividades. Com isso, auxilia a gestão ambiental. Lehni (2000), inclusive, considera a Ecoeficiência como indicador para obter resultados sobre o progresso de um país para o desenvolvimento sustentável.

2.4 Ecoeficiência e o BRICS

Segundo Erkko *et al.* (2005), a Ecoeficiência combina a eficiência econômica e ambiental. Estes conceitos eram interpretados outrora como antagônicos. A mensura da Ecoeficiência serve como auxílio para a formulação de políticas públicas, reforçando a importância do desenvolvimento sustentável, além de criar uma relação intrínseca com a sociedade para que esta se adapte a uma cultura de uso sustentável dos recursos da natureza.

O BRICS foi criado com o propósito de reunir os países emergentes que estavam em um acelerado crescimento econômico, formando uma aliança que engloba os quatro continentes e ultrapassa a pura relação diplomática. São eles: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul. Leonova *et al.* (2007) apresentam que cada país tem particularidades, sejam elas em relação às tendências de crescimento, governança ambiental e de recursos.

Em outra perspectiva, os BRICS possuem aspectos econômicos que são importantes. Juntos, os países alcançam 42,64% da população mundial, um PIB US \$16,68 trilhões (equivalente a 20,33% do PIB mundial), as exportações totalizam US \$3,15 trilhões e as importações US \$2,51 trilhões. O saldo comercial, portanto, é positivo em um total de US \$645 bilhões.¹

Além da sua potencialidade econômica, os BRICS apresentam uma forte influência na política global. Portanto, tem-se uma preocupação em relação ao desenvolvimento dos cinco países. Meadows *et al.* (1972) alertam que, caso estes países consumam os recursos naturais como as atuais potências econômicas, o resultado será catastrófico para o mundo.

2.5 Análise envoltória de dados

¹ Os dados se encontram em: <https://data.worldbank.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD>. Acesso em dezembro de 2020.

Introduzida por Charnes *et al.* (1978), a Análise Envoltória de Dados baseia-se em programação linear, cujo objetivo é avaliar o desempenho de unidades semelhantes (*benchmark*), também conhecidas como DMUs, e é feita em relação à sua eficiência na transformação dos insumos produtivos (*inputs*) em produtos (*outputs*). Ferreira e Gomes (2009) conceituam DEA como um modelo matemático não paramétrico, pois leva em consideração as variáveis de cada DMU em suas unidades de medidas próprias, sem necessitar de uma uniformização.

Segundo Cooper, Seiford e Zhu (2010), DEA destaca-se das demais estatísticas paramétricas, pois esta utiliza o conceito de fronteiras ao invés de tendências centrais, impondo uma linha de ótimo de eficiência a ser alcançada pelas DMUs. Permite, portanto, que as DMUs obtenham informações sobre a sua situação de eficiência ou ineficiência, que, dependerão, por sua vez, do modelo DEA adotado (OGGIONI *et al.*, 2011).

Charnes *et al.* (1978) desenvolveram o primeiro modelo matemático para DEA, chamado CCR, com respeito à hipótese de Retornos Constantes de Escalas (CRS) ao longo de toda a fronteira de produção. Isso significa que os *inputs* e *outputs* são proporcionais entre si. O modelo CCR, de acordo com Mariano (2010), calcula a eficiência de uma DMU dividindo sua produtividade pela produtividade da DMU mais produtiva de um determinado conjunto, sem se preocupar com a sua escala.

Banker *et al.* (1984), incorporando o conceito de economia em escala, apresentaram o modelo BCC, que considera Retornos Variáveis de Escala (VRS). Este modelo propõe comparar apenas DMUs que operem em uma escala semelhante. Aqui, a eficiência de uma DMU é obtida dividindo sua produtividade pela maior produtividade entre as DMUs, que têm o mesmo tipo de retorno de escala que ela.

Os modelos CCR e BCC, conforme Coelli *et al.* (1998), podem apresentar duas orientações: para minimização dos *inputs* ou para a maximização dos *outputs*. Quando se lida com modelos Aditivos, desenvolvidos por Charnes *et al.* (1985), não há necessidade de escolher uma orientação, pois o modelo original já considera, simultaneamente, a minimização dos *inputs* e maximização dos *outputs*. O modelo Aditivo oferecerá a condição de que a DMU deverá se empenhar menos em relação à redução de *inputs* e maximização de *outputs* para alcançar a eficiência.

Todavia, o modelo Aditivo apresenta uma certa limitação em relação ao cálculo do índice da eficiência das DMUs em análise, permitindo, apenas, designar as DMUs eficientes e as metas das DMUs ineficientes. Por conta disso, a interpretação dos resultados obtidos por meio do modelo Aditivo deve ser feita de maneira diferenciada dos modelos CCR e BCC: a

DMU é eficiente quando o resultado da função objetivo é igual a zero. Logo, quanto mais afastada de zero for o resultado, mais ineficiente é a DMU em análise.

Devido a essa limitação do modelo Aditivo, aperfeiçoamentos foram realizados. Destacando-se o modelo SBM (*Slack-Based Measure*). Proposto por Tone (2001), este modelo é semelhante ao modelo Aditivo, ao considerar orientação simultânea para *inputs* e *outputs*, porém o valor de eficiência obtido varia de zero a 1, podendo ser interpretados de maneira semelhante aos resultados do modelo CCR e BCC.

3 METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentadas as informações acerca da área de estudo, o método de análise da Ecoeficiência do BRICS, como também os dados e as variáveis utilizadas no estudo.

3.1 Área de estudo

A análise de Ecoeficiência da agricultura é feita para os países que compõem o BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) para o período compreendido dos anos 2000 a 2018. Os cinco países que formam o bloco, geralmente, são reunidos por suas semelhanças. Todavia, separadamente, cada um possui características econômicas, sociais, políticas e culturais distintas, uma vez que apresentam experiências heterogêneas (ALMEIDA, 2009).

A Tabela 1 apresenta alguns indicadores econômicos e sociais que são utilizados para descrever os países membros e o bloco do BRICS.

Tabela 1 - Indicadores econômicos e sociais do BRICS

| Países | Área Superficial (km ²) | População (milhões de hab.) | IDH ^a | PIB ^a (Trilhões de US\$) | PIB per capita (US\$) |
|---------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| Brasil | 8.515.770 | 212,6 | 0,6 (Médio) | 1,44 | 6.796,80 |
| China | 9.515.770 | 1.410 | 0,7 (Alto) | 14,72 | 10.434,80 |
| Índia | 3.287.259 | 1.380 | 0,5 (Baixo) | 2,66 | 1.927,70 |
| Rússia | 17.098.250 | 144,1 | 0,7 (Alto) | 1,48 | 10.126,70 |
| África do Sul | 1.219.090 | 59,3 | 0,4 (Baixo) | 0,335 | 5.655,90 |
| BRICS | 39.636.139 | 3.206,0 ^t | 0,58 m(Médio) | 20,635 ^t | 6.988,38 ^m |
| Mundo | 134.542.704 | 7.760 | - | 81,83 | 10.916 |

Fonte: Banco Mundial (2021).²

Nota: (a) Dados de 2020; (b) Dados de 2021; (c) Dados de 2018; (e) Classificação do IDH: Baixo [0-0,549]; Médio [0,550-0,699]; Alto [0,700-0,799]; Muito Alto [0,800-1] (t) Total do bloco; (m) média aritmética dos países-membros.

O bloco BRICS ocupa uma área de 39,6 milhões de km², correspondendo a 29,5% da área superficial do planeta. Além de assumir um papel político relevante no contexto mundial, também aproxima a economia de quatro continentes. Entre os países membros, a maior área

² THE WORLD BANK. Data: Indicators. 2022. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator>; Acesso em: 25 de maio 2022.

geográfica pertence à Rússia, correspondendo a 43,1% da área superficial do BRICS. O Brasil e a China participam do bloco com percentuais de áreas superficiais aproximadas, respectivamente, 21,5% e 24%.

Em termos populacionais, o BRICS reúne 41,3% da população mundial ou 3,2 bilhões de habitantes. A grande maioria desta população (87%) está vivendo na China e na Índia. Brasil, Rússia e África do Sul possuem 6,6%, 4,5% e 1,8% da população, totalizando 13% dos habitantes. Dada a parcela da população mundial nesse bloco, o BRICS tem assumido um papel relevante tanto como força de trabalho quanto para a economia relacionada ao mercado consumidor de *commodities* no mundo.

De acordo com o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (UNDP, sigla do inglês *United Nations Development Programme*), a classificação do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) tem quatro classes, a saber: Baixo [0-0,549]; Médio [0,550-0,699]; Alto [0,700-0,799]; e Muito Alto [0,800-1]. Em termos médios, o IDH do BRICS era de 0,580, no ano de 2020, porém, dos cinco países-membros temos: Índia e África do Sul com IDH Baixo, respectivamente, 0,5 e 0,4. Brasil, com IDH Médio (0,6). China e Rússia, com IDH Alto, ambos com 0,7. Em termos de IDH, os países-membros possuem suas diferenças que, por sua vez, refletem padrões distintos de longevidade, educação e renda per capita da população.

O Produto Interno Bruto do BRICS soma US \$20,635 trilhões, correspondendo a 25,2% do PIB mundial, no ano de 2020. A maior parcela deste produto está concentrada na China, representando 71,3% do PIB do bloco e 18% do PIB mundial. Em segunda posição está a Índia, com o montante de US \$2,66 trilhões. Ou seja, 12,9% do PIB do bloco. Brasil e Rússia, em 2020, tiveram participação bem aproximada, com 7% e 7,2% do PIB do bloco, enquanto a África do Sul contribuiu apenas com 1,6%.

O PIB per capita possui um comportamento distinto daquele observado no PIB. Embora a Rússia detenha 7,2% do PIB do bloco, o PIB per capita desse país (US \$10.126) aproxima-se daquele observado na China (US \$10.434,80). Por sua vez, a Índia que possuía o segundo maior PIB do bloco, em termos de PIB per capita, colocou-se em último lugar com US \$1.927,70. Já o Brasil, que possui participação no PIB de 7%, teve PIB per capita de US \$6.769,80, bem próximo da média do PIB per capita do bloco (US \$6.988,238). Esses resultados, obviamente, devem-se ao tamanho da população que cada país possui, já que o PIB per capita é obtido pela razão entre o PIB e a população do país.

Na Tabela 2, a agricultura dos países-membros, do BRICS e do mundo, é descrita brevemente. Para o ano de 2020, em média, o valor adicionado da agricultura no PIB dos países-

membros do bloco foi 7,6% do PIB da economia, ligeiramente acima do valor adicionado da agricultura mundial (4,3%). Isso porque, o valor adicionado é baixo na maioria dos países-membros, variando entre 2,5% e 7,7%, com exceção da Índia, que possui valor adicionado da agricultura da ordem de 18,3% do PIB.

Tabela 2 - Indicadores econômicos, de produção e ambiental do BRICS

| Países | VA da Agricultura (% do PIB) | Terra Agrícola Cf (% da área do país) | Terra Arável Cg (% da área do país) | Índice de Produção Agrícola (2014-2016=100) | Consumo de Fertilizantes (kg / ha de terra arável) | GEE da Agricultura (MtCO2e) |
|---------------|-------------------------------------|--|--|--|---|------------------------------------|
| Brasil | 5,9 | 28,3 | 6,7 | 110,1 | 304,7 | 496,1 |
| China | 7,7 | 56,1 | 12,7 | 107,9 | 393,2 | 672,9 |
| Índia | 18,3 | 60,4 | 52,6 | 112,7 | 175,0 | 718,7 |
| Rússia | 3,7 | 13,2 | 7,4 | 111,5 | 20,8 | 95,99 |
| África do Sul | 2,5 | 79,4 | 9,9 | 104,7 | 72,8 | 30,03 |
| BRICS | 7,6 ^m | 47,5 ^m | 17,9 ^m | - | 193,3 | 2.013,7 |
| Mundo | 4,3 | 36,9 | 10,8 | - | 136,8 | 5.820 |

Fonte: Banco Mundial (2021).³ Our World in Data-Global Change Data Lab (2022).⁴

Nota: (a) Dados de 2020; (b) Dados de 2021; (c) Dados de 2018; (d) Dados de 2019; (e) Valor Adicionado da Agricultura, Silvicultura e Pesca; (f) Terra de Agricultura é a parcela da terra que é arável, sob cultura permanente e pastagem permanente; (g) Terra Arável é a parcela da terra utilizada para culturas temporárias e pastagem para pasto ou feno, e solo em pousio; (t) Total do bloco; (m) média aritmética dos países-membros.

Embora a participação do valor adicionado da agricultura seja baixa quando comparado com outros setores da economia, a agricultura é um setor econômico importante seja por sua contribuição na segurança alimentar, seja pela captação de divisas oriundas da exportação de *commodities* agrícolas.

De acordo com a definição da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, sigla do inglês *Food and Agriculture Organization*), a terra agrícola corresponde à parcela da terra ocupada com culturas agrícolas e pastagens permanentes. A terra arável diz respeito à parcela da terra ocupada por culturas temporárias e pastagens para pasto ou feno, bem como o solo em pousio. Em termos do percentual da área superficial do país-membro do BRICS, em média, a parcela de terra agrícola é maior do que aquela ocupada com terra arável, 47,5% contra 17,9%, o que revela a importância das culturas permanentes para o

³ THE WORLD BANK. Data: Indicators. 2022. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator>; Acesso em: 25 maio 2022.

⁴ OUR WORLD IN DATA. CO2 Country Profile. 2022. Disponível em: <https://ourworldindata.org/co2/country/>; Acesso em: 25 de maio 2022.

setor. Esse padrão de uso do solo também é observado no contexto mundial, porém, com proporções bastante inferiores daquelas observadas no BRICS.

Conforme o Índice de Produção Agrícola, que tomou como base a produção de 2014-2016=100, observa-se que a produção agrícola de todos os países-membros do BRICS cresceu entre o período base e 2019, embora as taxas sejam diferentes. As taxas de crescimento variaram entre 4,7% e 12,7%, sendo o menor crescimento observado na África do Sul, e o maior na Índia.

O consumo de fertilizante, assim como o número de máquinas empregadas na agricultura, é um indicador do nível tecnológico da agricultura. Considerando apenas as culturas temporárias, a média do consumo de fertilizantes pelos países-membros do BRICS, no ano de 2018, foi de 193,3 kg/ha, ligeiramente acima da média mundial (136,8 kg/ha). Os países-membros que possuíam os maiores consumos de fertilizantes naquele ano eram Brasil e China, bem acima do observado em outros países.

A agricultura também é uma fonte direta e indireta de emissões de gases de efeito estufa (GEE), que são responsáveis pela mudança climática. No BRICS, o total de emissões de GEE pela agricultura, no ano de 2018, soma 2.013,7 milhões de toneladas de CO₂e (MtCO₂e), que correspondem a 34% do total mundial. As maiores emissões de GEE da agricultura, naquele ano, foram Índia, China e Brasil, respectivamente, com 718, 672 e 496,1 MtCO₂e.

Tanto o bloco quanto seus países-membros têm um papel importante não só na maximização dos benefícios da agricultura como também na minimização de seus impactos sobre o meio ambiente, principalmente, na mitigação dos efeitos da mudança climática. Isso é, portanto, um aspecto relevante a ser considerado no âmbito da Ecoeficiência.

3.2 Método de análise

Esta seção apresenta os dois modelos utilizados na análise de Ecoeficiência do BRICS, Análise de Envoltório de Dados e Análise de Janelas. Por último, são descritas a fonte dos dados e a definição das variáveis dos modelos.

3.2.1 Análise envoltória de dados

O método de Análise de Envoltória de Dados (DEA, sigla do inglês Data Envelopment Analysis) foi, primeiramente, proposto por Farrel (1957). Tal método foi sugerido como uma forma empírica para identificação das Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs, sigla do inglês

Decision Making Units) que, de alguma forma, não estão sendo eficientes, além de designar onde há ineficiência (GOMES *et al.*, 2003). Como vantagem do método DEA sobre outros métodos de análise de eficiência, Mariano (2008) destaca a capacidade de calcular as utilidades de todos os *inputs* e *outputs* das DMUs investigadas.

O DEA calcula escores de eficiência que variam no intervalo entre 0 e 1, também podendo ser expressos em termos percentuais (de 0 a 100%), cujos valores refletem a posição da DMU relativa à sua projeção sobre uma fronteira formada pelas DMUs com eficiência técnica máxima. Dessa forma, a máxima eficiência que a DMU poderá alcançar será 1, isto é, quando ela estiver sobre a fronteira de eficiência.

Para estimar a eficiência técnica das DMUs, o método DEA pode ser conduzido sob três pressupostos – orientação pelo produto, orientação pelo insumo ou ambos. No presente estudo, a orientação adotada para rodar o DEA foi a orientação insumo-produto que consiste em, simultaneamente, minimizar os *inputs* enquanto maximiza os *outputs*, considerando que se tem como objetivo aumentar a produtividade, utilizando menos recursos. Este modelo, também, fornece os valores que devem ser aumentados ou diminuídos, de cada variável, para que a maior eficiência seja obtida, os quais são conhecidos como folgas.

Ademais, o modelo SBM variante compara DMUs que operam em escalas diferentes. Portanto, aumentos ou reduções nos *inputs* não, necessariamente, incorrem em modificações, nas mesmas proporções, nos *outputs*. As expressões, a seguir, apresentam o modelo SBM variante, de acordo com Tone (2001):

$$\tau = t - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{S_j}{x_{j0}} \quad (1)$$

sujeito a:

$$1 = t + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i}{y_{i0}} \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k + S_j = t \cdot x_{j0} \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n; \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^z y_{ik} \cdot \lambda_k - S_i = t \cdot y_{i0} \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, m; \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^z \lambda_k = t \quad (5)$$

$$\lambda_k, S_j \text{ e } S_i \geq 0 \text{ e } t > 0 \quad (6)$$

onde:

λ_k : Participação da DMU k na meta da DMU em análise;

x_{jk} : Quantidade do *input* j da DMU k ;

y_{ik} : Quantidade do *output* i da DMU k ;

x_{j0} : Quantidade do *input* j da DMU em análise;

y_{i0} : Quantidade do *output* i da DMU em análise;

z : Número de unidade em avaliação;

m : Número de *outputs*;

n : Número de *inputs*;

S_i : Variável de folga do *output* i ;

S_j : Variável de folga do *output* j ;

t : Variável de ajuste linear.

O método SBM Variante, além de calcular o desempenho relativo das DMUs analisadas, permite obter as folgas, que definem o quanto cada DMU deve aumentar ou diminuir de cada variável para que a eficiência seja alcançada em relação aos demais países. Em outras palavras, a folga simboliza o quanto que o desempenho atual da DMU em análise está afastado, em cada variável, do que é considerado por desempenho ideal (*benchmark*). Esse desempenho ideal pode ser interpretado como uma meta para àquelas DMUs ineficientes. As metas do *input* e *output* podem ser expressas da seguinte forma:

$$\text{Meta do input} = x_{j0} - S_j, \quad \text{para } j = 1, 2, \dots n; \quad (7)$$

$$\text{Meta do output} = y_{i0} + S_i, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots m. \quad (8)$$

A partir do desempenho observado e da meta, obtém-se a folga relativa, que expressa, percentualmente, o nível de melhoria imprescindível para cada variável de cada DMU. A folga relativa é determinada pela expressão:

$$\text{Folga relativa} = \frac{(\text{Meta} - \text{Atual})}{\text{Atual}} \quad (9)$$

Dessa forma, as folgas relativas aos *inputs* serão negativas, indicando que deverão ser diminuídas, enquanto as folgas relativas aos *outputs* serão positivas, indicando que deverão ser aumentadas. Posteriormente, a partir da Análise de Janelas do modelo DEA-SBM Variante, as folgas relativas são estimadas, tornando possível identificar DMUs que exibem maior distanciamento da fronteira de eficiência, para cada uma das variáveis.

3.2.2 Análise de janelas

A Análise de Janelas é uma das formas de incluir o fator tempo dentro da técnica DEA, de acordo com Cooper *et al.* (2000). Portanto, tal método é indicado para executar com dados em painel. Isto é, executar uma série de dados temporais para cada DMU.

A Análise de Janelas resume-se a um método cujo objetivo é agregar dados em uma mesma aplicação de DMUs referentes a diversos anos distintos através de múltiplas aplicações do DEA, considerando diferentes combinações de anos (janelas) (CAMIOTO, 2013). Cooper *et al.* (2000) afirma, também, que esse método é útil para contornar o problema da pequena quantidade de DMUs. Segundo os autores, a quantidade de DMUs viável para executar a análise seria o triplo da soma das quantidades dos *inputs* e dos *outputs*.

Para executar o método, primeiramente, calcula-se o tamanho de cada janela e o número de janelas a ser construído. Esses dois parâmetros são obtidos por meio das seguintes expressões:

$$p = (K + 1) / 2 \quad (10)$$

$$n = K - p + 1 \quad (11)$$

onde:

K : número de períodos;

p : tamanho da janela;

n : número de janelas.

Com base na estrutura das janelas, as estimativas dos escores de eficiência e das folgas das DMUs são organizadas em tabelas para realizar a análise. Para cada janela, calcula-se a média das folgas estimadas sobre os anos considerados na janela. Assim, com base nas médias de cada DMU, pode-se analisar a situação de cada DMUs quanto ao seu nível de eficiência técnica, tendo como meta alcançar a fronteira de eficiência (*benchmark*).

Para o contexto deste estudo, considerando os dados para o período 2000 e 2018, que totaliza 19 anos ($K = 19$), e aplicando as fórmulas (10) e (11), obtém-se o tamanho de janela de 10 anos [$p = (19 + 1) / 2 = 10$] e número de janelas de 10 [$n = 19 - 10 + 1 = 10$]. A estrutura de janelas por ano é assim definida: Janela 1 (2000-2009); Janela 2 (2001-2010); Janela 3 (2002-2011); Janela 4 (2003-2012); Janela 5 (2004-2013); Janela 6 (2005-2014); Janela 7 (2006-2015); Janela 8 (2007-2016); Janela 9 (2008-2017); e Janela 10 (2009-2018).

Após a construção de todas as janelas, o DEA-SBM Variante deve ser aplicado para cada uma delas. Nota-se que, nessa abordagem, o resultado final da eficiência de cada DMU será a média das eficiências obtidas em todos os anos e em todas as janelas. O desvio padrão de cada DMU, que mede a dispersão em torno da média, é a estatística que serve para avaliar a estabilidade da sua eficiência da DMU ao longo do tempo.

As estimativas das folgas das DMUs também são calculadas e organizadas de acordo com a estrutura de janelas especificada, a partir das quais a média das folgas é calculada para cada janela.

3.3 Dados e variáveis

As variáveis utilizadas são os *inputs* e *outputs* empregados na produção agrícola dos cinco países que formam o BRICS, são eles: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul. O período de análise vai dos anos de 2001 a 2018, compreendendo um horizonte temporal de 19 anos.

Os dados de *inputs* (insumos) e *outputs* (produtos) são de natureza secundária, os quais foram extraídos de duas fontes do Banco Mundial (*The World Bank*) e da *Food and Agriculture Organization of the United Nation* (FAO). O período de análise abrangeu 19 anos, cobrindo os anos de 2000 a 2018.

A seleção das variáveis de *inputs* e *outputs* baseou-se nas recomendações do trabalho de Robaiiana *et al.* (2015), porém adaptando-as ao setor agropecuário. A Tabela 3 mostra a lista de *inputs* e *outputs* utilizados na análise, com suas respectivas definições e fontes.

Quadro 1 – *Inputs e Outputs* da agricultura

| Variáveis | Definição | Fonte |
|---|--|---------------|
| <i>Inputs</i> | | |
| Uso de Pesticidas | Indicador agroambiental sobre o uso de pesticidas por área de terra de cultivo (que é a soma de terras aráveis e terras com culturas permanentes). (Toneladas) | FAO |
| Uso de Fertilizantes | Quantidade de nutrientes de plantas usados por unidade de terra arável, isto é, quilograma por hectare de terra arável. Os produtos fertilizantes abrangem fertilizantes nitrogenados, potássicos e fosfatados (incluindo fosfato de rocha moída). | Banco Mundial |
| Uso de Energia na Agricultura | Energia total agregada das emissões de gases de efeito estufa (GEE) do uso direto de energia na agricultura, que incluem dióxido de carbono, metano e gases de óxido nitroso associados à queima de combustíveis e geração de eletricidade na agricultura (incluindo a pesca). (Terajoule) | FAO |
| Emprego na Agricultura | Somatório dos percentuais dos empregos masculinos e empregos femininos na agricultura (valores agregados para o setor agrícola, que é constituído pelas atividades de agricultura, caça, silvicultura e pesca). | Banco Mundial |
| Terra agrícola | Parcela da terra terrestre que é arável, sob culturas permanentes, e sob pastagens permanentes. A terra abandonada como resultado da mudança do cultivo é excluída (% da área de terra) | Banco Mundial |
| <i>Outputs</i> | | |
| Valor da Produção Agrícola (desejável) | Valor da produção de todas as culturas primárias para todos os países e regiões do mundo. (1000 US\$) | FAO |
| Emissões de CO ₂ eq da Agricultura (indesejável) | Intensidade de emissões de metano (CH ₄), óxido nitroso (N ₂ O) e dióxido de carbono (CO ₂) das atividades agropecuárias, manejo florestal e incluem processos de uso e mudança do uso da terra, na agricultura total. (Toneladas) | FAO |

Fonte: Elaborado pela autora.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta o sumário estatístico das variáveis de *inputs* e *outputs* escolhidas para calcular a Ecoeficiência da agricultura dos países do BRICS e os resultados das estimações do modelo DEA-SBM Variante.

4.1 Estatística descritiva das variáveis

As Tabelas 3 e 4 apresentam as estatísticas descritivas dos *inputs* e *outputs* dos países do BRICS, de forma agregada e específica, respectivamente. A Figura 1 apresenta os gráficos dos *inputs* e *outputs* dos países do BRICS, oferecendo uma melhor visualização das médias dessas variáveis entre os países-membros.

Para os países-membros do BRICS, no período 2000-2018, a variável uso de pesticidas apresentou uma média de 405,6 mil toneladas. Os valores mínimo e máximo dessa variável foram 14,4 mil e 1,8 milhões de toneladas, respectivamente. A China desponta entre os países do bloco com a maior média de pesticida utilizado no período, com 1,6 milhão de toneladas, seguido do Brasil com 291.552,8 toneladas (Tabela 4).

Tabela 3 – Estatística descritiva dos *inputs* e *outputs* dos países-membros do BRICS

| Variáveis | Média | Desvio Padrão | Min. | Máx. |
|---|------------------|------------------|------------|----------------|
| Uso de Pesticidas (ton.) | 405.667,98 | 625.635,45 | 14.485 | 1.815.690 |
| Uso de Fertilizantes (kg/ha) | 166,87 | 138,69 | 11 | 464,83 |
| Uso de Energia na Agricultura (TJ) | 6.298.230.077,26 | 5.490.514.491,81 | 71.009 | 19.401.924.838 |
| Emprego na Agricultura (%) | 41,35 | 37,84 | 8,90 | 128,95 |
| Terras Agrícolas (%) | 47,47 | 24,06 | 13,16 | 80,89 |
| Valor da Produção Agrícola (1000 US\$) | 314.346.917,62 | 379.300.711,51 | 13.801.436 | 1.240.871.779 |
| Emissões de CO ₂ eq. na Agricultura (ton.) | 2.669.985.028,74 | 5.040.667.899,12 | 10.387.218 | 16.270.455.803 |

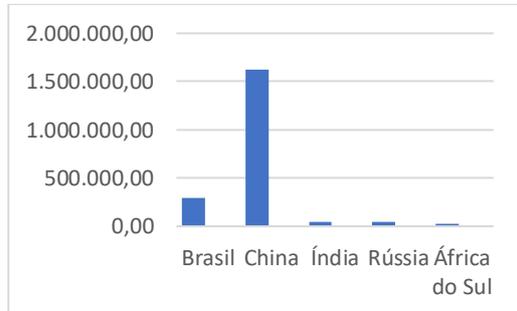
Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 4 – Média dos *inputs* e *outputs* dos países-membros do BRICS no período 2000-2018

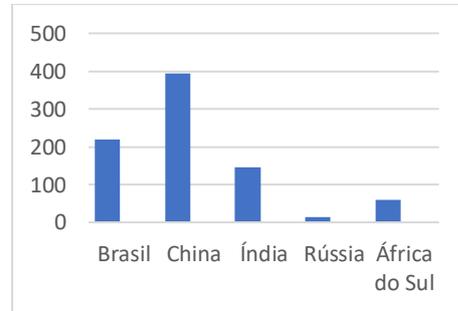
| Variáveis | Brasil | China | Índia | Rússia | África do Sul | Média Geral |
|---|---------------|--------------|--------------|---------------|----------------------|--------------------|
| Uso de Pesticidas (ton.) | 291.552,8 | 1.619.446 | 44.201,6 | 46.282,1 | 26.857 | 405.067,9 |
| Uso de Fertilizantes (kg/ha) | 219,3 | 393,4 | 146,6 | 14,9 | 60,1 | 166,8 |
| Uso de Energia na Agricultura (TJ) | 347.302,6 | 1.517.448 | 828.872,7 | 341.459,2 | 86.389,1 | 624.294,2 |
| Emprego na Agricultura (%) | 25,1 | 39,2 | 112,9 | 17,5 | 12,1 | 41,36 |
| Terras Agrícolas (%) | 27,7 | 55,9 | 60,5 | 13,2 | 79,9 | 47,44 |
| Valor da Produção Agrícola (1000 US\$) | 1,57e+08 | 1,03e+09 | 2,97 e+08 | 6,91e+07 | 1,71e+07 | 3,14E+08 |
| Emissões de CO ₂ eq. na Agricultura (ton.) | 1.247.185 | 100.217,7 | 48.143,9 | 59.624,4 | 12.109,7 | 293.456,14 |

Fonte: Elaborada pela autora.

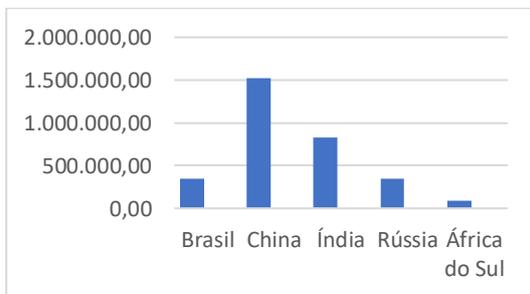
Figura 1 – Gráficos das médias dos *inputs* e *outputs* pelos países do BRICS no período 2000-2018. Nota: (a) Pesticidas; (b) Fertilizantes; (c) Energia; (d) Emprego na agricultura; (e) Terras agrícolas; (f) Valor da produção agrícola; (g) Emissões de CO2 eq na agricultura.



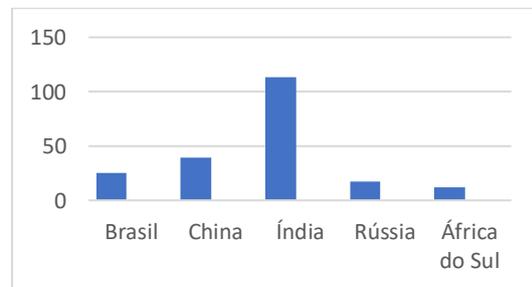
(a) Pesticidas



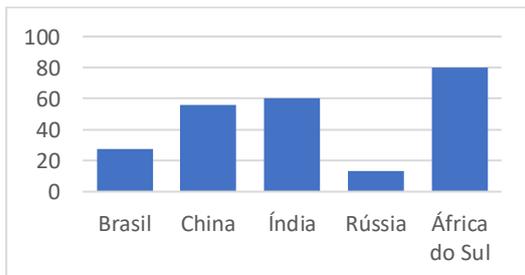
(b) Fertilizantes



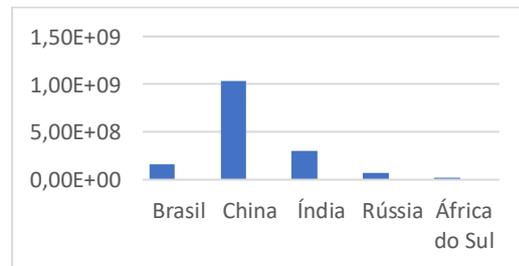
(a) Energia



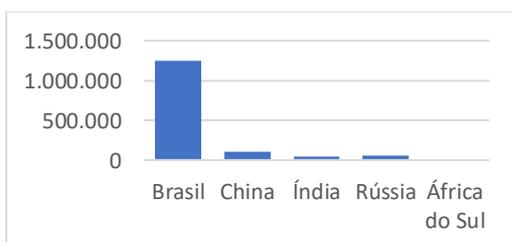
(b) Emprego



(c) Terra agrícola



(d) Valor da produção agrícola



(e) Emissões de CO2 eq

Fonte: Elaborada pela autora.

O uso de fertilizante apresentou uma média de 166,8 kg/ha com o uso mínimo de 11 e o uso máximo de 464,83 kg/ha, de acordo com a apresentação na Tabela 4. A China, o Brasil e a Índia são os países que mais aplicam fertilizantes na agricultura, durante o período de análise, com 393,4, 219,3 e 146,6 kg/ha. A Rússia é o país que utilizou, em média, a menor quantidade de fertilizante, com 14,9 kg/ha.

Percebe-se que, ao longo do período, o uso de pesticidas e fertilizantes para os países do BRICS variou, consideravelmente, como se constata pelos desvios padrões dessas variáveis. A África do Sul e a Rússia foram os países do bloco que utilizaram as menores quantidades desses insumos no período.

Esse cenário pode ser justificado pelo fato de que o BRICS é formado por países em desenvolvimento, os quais dependem da agricultura para promoção da segurança alimentar de suas populações e do mundo. Além disso, a população crescente e a limitação na disponibilidade de terra agricultável requerem que os insumos modernos, como fertilizantes e defensivos, sejam utilizados intensivamente.

A média do uso de energia na agricultura foi de 6,2 bilhões de Terajoule (TJ), com desvio padrão de 5,4 bilhões de TJ, o que mostra um índice bastante elevado. Os valores mínimo e máximo de uso de energia na agricultura foram 71.009 TJ e 19,4 bilhões de TJ, respectivamente. Entre os países do bloco, a China e a Índia foram os países que consumiram, em média, a maior quantidade de energia na agricultura, com, respectivamente, 1,5 milhão e 828,8 mil TJ. O Brasil e a Rússia utilizaram quantidades aproximadas de energia na agricultura, 347,3 mil e 341,5 mil TJ.

O padrão de consumo de energia dos países do BRICS deve-se à crescente demanda de alimentos de suas populações, o que tem efeitos sobre a emissão de gases de efeito estufa, responsável pela mudança climática. Isso porque, ao bloco corresponde 34% do total de emissões de CO₂ no planeta.

A variável emprego na agricultura apresentou média de 41,35% do total na economia dos países do BRICS. Ou seja, um percentual médio do total de homens e mulheres trabalhando na agricultura dos países do BRICS. Essa variável mostrou elevado desvio padrão, da ordem de 37,84%, e valores mínimo e máximo de 8,90% e 128,95%, respectivamente.

Entre os países-membros do BRICS, contrariando a posição hegemônica da China na demanda de insumos agrícolas, a Índia despontou com a maior média de emprego de trabalho na agricultura, seguidos da China e do Brasil. O emprego na agricultura indiana, em grande

parte, deve-se ao fato de ser um vetor de desenvolvimento econômico, gerando emprego e renda nas áreas rurais.

Particularmente no Brasil, o emprego na agricultura, nas últimas décadas do século XX, influenciou o dinamismo das relações socioeconômicas no meio rural, desde a estabilização da produção em larga escala por meio da produção de *commodities* agropecuárias até o intenso processo de êxodo rural ao longo do período, contribuindo para diminuição do total de emprego no meio rural.

A variável terras agrícolas mostra o percentual de terra terrestre, que é arável com culturas e pastagens permanentes. A média percentual de 47,47% dessa variável apresenta valores mínimo e máximo, respectivamente, de 13,16% e 80,89%, com menor variabilidade ao longo do tempo para os países do BRICS. Para este *input*, a África do Sul apresentou o maior média percentual de terras agrícolas, 79,9%, seguida da Índia (60,5%) e China (55,9%). O Brasil ficou na terceira posição, com 27,7% da terra agrícola, ficando à frente da Rússia, que detém apenas 13,2% de suas terras na agricultura.

As variáveis, valor da produção agrícola e emissões de CO₂ eq., na agricultura, apresentaram média, sequencialmente, de 314,3 milhões US\$ e 2,6 milhões de toneladas. Em termos de média do valor da produção agrícola, no período analisado, a China deteve o maior valor, com US \$1,03 bilhão, seguido da Índia (US \$297 milhões) e Brasil (US \$157 milhões).

Já em termos de emissões de CO₂ eq., o Brasil detém as maiores emissões, alcançado a média de 1,2 milhões de CO₂ eq., originados da agricultura, durante o período de análise. Dessa forma, o Brasil coloca-se como um ator importante na política de mitigação da mudança climática por meio de ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

4.2 Análise de Ecoeficiência

A partir da aplicação do modelo SBM Variante da Análise Envoltória de Dados, foi possível apurar o comportamento dos países que compõem o BRICS durante o período de 2000 a 2018, considerando os *inputs* uso de pesticidas, uso de fertilizantes, uso de energia na agricultura, emprego na agricultura e terra agrícola e os *outputs* valor da produção agrícola (*output* desejável) e emissão de CO₂ eq. em relação ao total da agricultura (*output* indesejável).

A Ecoeficiência dos países-membros do BRICS para o período é apresentada na Tabela 6, cuja representação gráfica está na Figura 2, e seus desempenhos relativos e desvios-padrões na Tabela 6, bem como as demais estatísticas descritivas. De acordo com a Tabela 5, a China,

Índia e Rússia formaram a fronteira de Ecoeficiência para o período 2000-2018, obtendo o índice igual a unidade.

A China foi ecoeficiente em dois anos: 2002, e 2018; o índice foi ecoeficiente em quatro anos: 2007, 2008, 2012, e 2018; e a Rússia foi ecoeficiente em cinco anos: 2002, 2003, 2004, 2014, e 2015. Ao todo, a fronteira de Ecoeficiência foi construída com base em onze observações, colocando as demais observações em situação de ineficiência. Todas as observações do Brasil e da África do Sul colocaram-se como eco-ineficientes durante o período analisado.

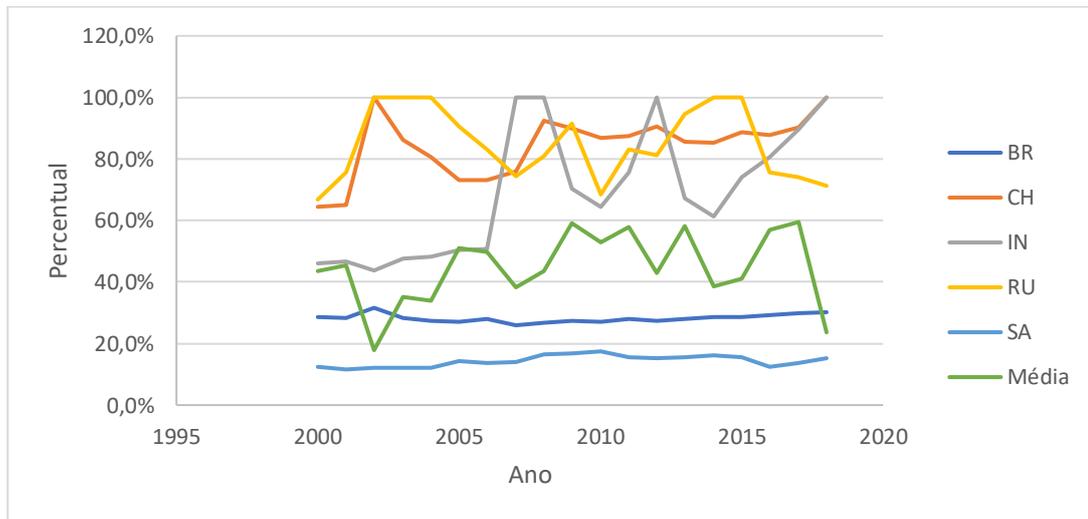
Tabela 5 – Ecoeficiência dos países-membros do BRICS

| Ano | País | | | | | Média |
|-------------|----------------|-------|-------|--------|---------------|-------|
| | Brasil | China | Índia | Rússia | África do Sul | |
| | Percentual (%) | | | | | |
| 2000 | 28,5 | 64,5 | 45,9 | 66,8 | 12,4 | 43,6 |
| 2001 | 28,3 | 65,1 | 46,8 | 75,6 | 11,6 | 45,5 |
| 2002 | 31,6 | 1 | 43,7 | 1 | 12,0 | 17,9 |
| 2003 | 28,4 | 86,3 | 47,7 | 1 | 12,2 | 35,1 |
| 2004 | 27,3 | 80,7 | 48,2 | 1 | 12,3 | 33,9 |
| 2005 | 27,2 | 73,1 | 50,3 | 90,5 | 14,2 | 51,1 |
| 2006 | 27,9 | 73 | 50,7 | 83,1 | 13,5 | 49,6 |
| 2007 | 25,9 | 76,1 | 1 | 74,5 | 14,0 | 38,3 |
| 2008 | 26,8 | 92,4 | 1 | 80,8 | 16,5 | 43,5 |
| 2009 | 27,3 | 89,9 | 70,2 | 91,6 | 16,9 | 59,2 |
| 2010 | 27,2 | 86,7 | 64,2 | 68,5 | 17,5 | 52,8 |
| 2011 | 27,9 | 87,3 | 75,7 | 83,1 | 15,6 | 57,9 |
| 2012 | 27,4 | 90,6 | 1 | 81,2 | 15,2 | 43,1 |
| 2013 | 27,9 | 85,5 | 67,2 | 94,5 | 15,4 | 58,1 |
| 2014 | 28,6 | 85,3 | 61,4 | 1 | 16,3 | 38,5 |
| 2015 | 28,7 | 85,6 | 74 | 1 | 15,4 | 40,9 |
| 2016 | 29,1 | 87,8 | 80,5 | 75,5 | 12,5 | 57,1 |
| 2017 | 29,9 | 90,1 | 89,6 | 74,2 | 13,7 | 59,5 |
| 2018 | 30,2 | 1 | 1 | 71,4 | 15,3 | 23,8 |

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 2 mostra evolução dos índices de Ecoeficiência dos países, assim como a média dos índices de Ecoeficiência do bloco, durante o período de análise.

Figura 2 – Ecoeficiência dos países-membros do BRICS no período 2000-2018



Fonte: Elaborada pela autora.

Para China, Rússia e Índia, que possuem os maiores índices, os escores de Ecoeficiência mostram tendência de crescimento, porém, com oscilações acentuadas ao longo do período. Já a evolução dos índices de Ecoeficiência do Brasil e África do Sul, que possuem os menores escores, mostra crescimento lento e suave durante o período. A evolução da média de Ecoeficiência do bloco acompanha o comportamento dos índices dos países que possuem os maiores índices (China, Rússia e Índia). Ou seja, apresentam variações acentuadas e irregulares.

De acordo com a Tabela 6, relativa às médias de Ecoeficiência dos países do BRICS, a Rússia apresentou o melhor desempenho relativo (84,8%) para o período. A partir dos anos 2000, após a crise financeira enfrentada pelo país em 1998 (a conhecida “Moratória Russa de 1998”), a economia russa acelerou seu crescimento, entrando em paridade com os outros países em desenvolvimento, como os demais países que compõem o BRICS.

Tabela 6 - Estatística Descritiva de Ecoeficiência do países-membros do BRICS

| País | N. | Média | Desvio Padrão | Min. | Máx. | Benchmark |
|----------------|----|-------|------------------|------|------|-----------|
| Percentual (%) | | | | | | |
| Rússia | 19 | 84,8 | 20,8 | 43,7 | 1 | 5 |
| China | 19 | 84,4 | 10,034 | 64,5 | 1 | 2 |
| Índia | 19 | 69,3 | 20,797 | 43,7 | 1 | 4 |
| Brasil | 19 | 28,2 | 1,325 | 25,9 | 31,6 | 0 |
| África do Sul | 19 | 14,3 | 1,826 | 11,6 | 17,5 | 0 |

Fonte: Elaborado pela autora.

A China obteve a segunda maior média de Ecoeficiência entre os países do BRICS, com 84,4%, ligeiramente inferior ao registrado pela Rússia. Embora com o maior contingente populacional e ocupando o posto de maior consumidor de grãos do mundo, o desempenho da agricultura chinesa apresentou-se positivo, na busca da sua autossuficiência e diversificação produtiva, atendendo às novas demandas do mercado interno e à maior incorporação de novos itens como frutos e hortaliças nas dietas alimentares da sua população.

Na sequência, aparece a Índia, com média de Ecoeficiência de 69,3%. Esse desempenho pode ser justificado, *a priori*, pelo crescimento do setor agrícola, com taxas modestas em comparação a outros setores da economia indiana. O evento pode estar associado ao impacto causado pela elevação de preços ao produtor sobre o nível de produção como resultado dos estímulos que a agricultura indiana recebeu após o chamado “novo crescimento”, do período a partir de 1991 e estendendo-se até os dias atuais.

Logo em seguida, no *ranking*, tem-se o Brasil, com índice de Ecoeficiência de 28,2%. Esse índice mostrou-se, relativamente, baixo comparado aos observados pela China, Índia e Rússia. O baixo desempenho pode estar associado à diversidade e heterogeneidade do setor agrícola brasileiro, que é influenciado por uma grande desigualdade e concentração de terra, produção e renda.

Ademais, os incentivos à agricultura brasileira na busca de crescimento da produção e produtividade têm sido focados para um nicho de cultura em específico, regiões e perfis de produtores, principalmente, os sistemas de produção baseados nas monoculturas e na revolução

verde, que exigem maior quantidade de energia, uso intensivo de insumos modernos e, consequentemente, crescentes impactos ambientais.

Em última colocação no *ranking*, encontra-se a África do Sul, com índice de Ecoeficiência de 14,3%, pois não apresentou aumento em sua eficiência quanto ao uso de seus *inputs* para a obtenção da quantidade ótima dos *outputs* desejáveis e indesejáveis. Apesar do país vir ganhando notoriedade internacional, os problemas sociais internos atrasam tal crescimento.

4.3 Análise de Janelas

A Análise de Janelas foi realizada com o objetivo de incluir o fator tempo na análise da Ecoeficiência, considerando que a base de dados dos países do BRICS está estruturada em painel. Dessa forma, os resultados da presente análise permitem observar como as DMUs modificam seus desempenhos com o decorrer do tempo.

A Tabela 8 apresenta as mensurações de Ecoeficiência dos países-membros do BRICS, de acordo com a estrutura da Análise de Janelas. Na sequência, a Figura 3 retrata graficamente o *ranking* DEA dos países-membros do BRICS para cada uma das janelas.

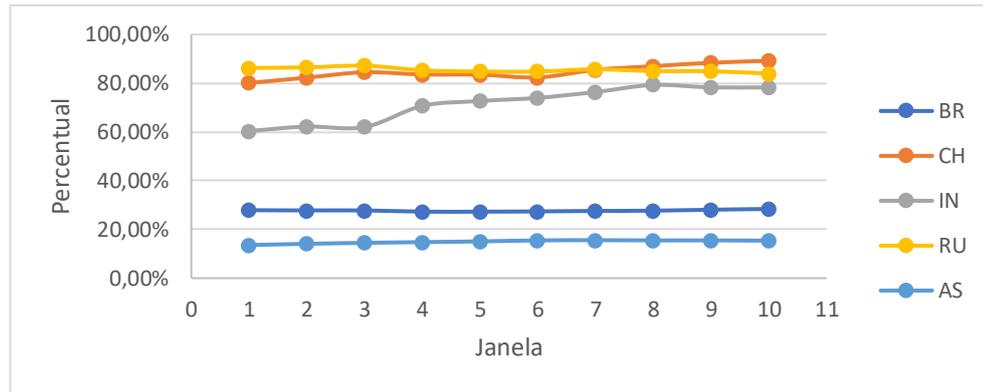
Tabela 7 - *Ranking* DEA dos países-membros do BRICS

| País | Janelas | | | | | | | | | | Var. (10-1) |
|---------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| | Percentual (%) | | | | | | | | | | |
| Brasil | 27,9 | 27,8 | 27,8 | 27,3 | 27,3 | 27,4 | 27,6 | 27,7 | 28,1 | 28,4 | +0,5 |
| China | 80,1 | 82,3 | 84,5 | 83,6 | 83,5 | 82,4 | 85,5 | 87,0 | 88,4 | 89,2 | +9,1 |
| Índia | 60,4 | 62,2 | 62,0 | 70,7 | 72,7 | 74,0 | 76,4 | 79,3 | 78,3 | 78,3 | +17,9 |
| Rússia | 86,3 | 86,5 | 87,2 | 85,3 | 84,8 | 84,8 | 85,7 | 85,0 | 84,9 | 84,0 | -2,3 |
| África do Sul | 13,6 | 14,1 | 14,5 | 14,8 | 15,1 | 15,5 | 15,6 | 15,5 | 15,5 | 15,4 | +1,8 |

Elaborado pela autora.

Nota: Janela 1 (2000-2009), Janela 2 (2001-2010), Janela 3 (2002-2011), Janela 4 (2003-2012), Janela 5 (2004-2013), Janela 6 (2005-2014), Janela 7 (2006-2015), Janela 8 (2007-2016), Janela 9 (2008-2017), Janela 10 (2009-2018).

Figura 3 – Ecoeficiência das janelas países-membros do BRICS



Fonte: Elaborada pela autora.

Confirmando a análise de Ecoeficiência do tópico anterior, a Rússia e China mantiveram as melhores posições em termos de Ecoeficiência ao longo das janelas, sendo que a China superou a Rússia a partir da 8ª janela (2007-2016). Comparando os extremos das janelas, a Rússia experimentou ligeiro declínio de Ecoeficiência (-2,3%) enquanto a China aumentou seu desempenho (+9,1%).

Embora com desempenho inferior ao da Rússia e China, a Índia mostrou crescimento de Ecoeficiência consistente ao longo das janelas, experimentando um incremento de +17,9%. O maior observado entre os países-membros.

O Brasil e a África do Sul, com os menores índices de Ecoeficiência ao longo das janelas, apresentaram ligeira melhora no desempenho, com variações de +0,5% e +1,8%, respectivamente. Dada a baixa variação na Ecoeficiência ao longo das janelas, pode-se afirmar que as políticas ambientais voltadas para a sustentabilidade da agricultura podem estar em um contexto de estagnação.

Com base na evolução dos índices de Ecoeficiência dos países do BRICS, pode-se identificar três grupos de países: (i) países com Ecoeficiência elevada, mas estabilizados (ou estagnados), do qual fazem parte a Rússia e a China; (ii) país com Ecoeficiência mediana, mas em crescimento permanente, do qual faz parte a Índia; e (iii) países com Ecoeficiência baixa, mas estabilizados (ou estagnados), do qual fazem parte o Brasil e a África do Sul.

Essa classificação pode ser útil para orientar as cooperações entre os países-membros do BRICS, uma vez que tanto os países com elevadas ou baixas Ecoeficiências, mas estabilizados, podem se beneficiar das experiências na área de políticas ambientais experimentadas pelo país que se encontra em crescimento consistente de Ecoeficiência, como é o caso da Índia.

Em particular, dada a sua baixa Ecoeficiência, fica evidente que tanto o Brasil quanto a África do Sul precisam estreitar suas relações de cooperação na área de política agroambiental com os demais países do BRICS. Isso no intuito de encontrar a trajetória de aumento em seus desempenhos ecológico e econômico.

4.4 Análise das folgas das variáveis

As folgas dos *inputs* e *outputs* revelam quando a DMU está distante da fronteira de Ecoeficiência. Em termos de *input*, a folga representa quando o insumo deve ser reduzido para a DMU alcançar a fronteira de Ecoeficiência. Em termo de *output* indesejável, a folga representa o quanto deve ser reduzido para a DMU alcançar a fronteira de Ecoeficiência. Já para o *output* desejável, a folga é igual a zero, uma vez que é o pressuposto para calcular a folga dos *inputs*, ou seja, estar na fronteira de Ecoeficiência.

Comparando as folgas dos *inputs* e *outputs*, é possível avaliar o esforço que as DMUs têm que fazer para alcançar a Ecoeficiência, ou seja, a fronteira de produção. Para o contexto do estudo, em termos de *inputs* e *output* indesejável, quanto maior a folga, maior o esforço do país para alcançar a Ecoeficiência e tornar-se um *benchmark*. A Tabela 8 apresenta a média das folgas para cada variável em cada país.

Tabela 8 – Média das folgas dos *inputs* e *outputs* dos países-membros do BRICS

| Variáveis | Brasil | China | Índia | Rússia | África do Sul | Média Geral |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------|-------------|
| Folgas | | | | | | |
| Terra agrícola | 20,5 | 6,7 | 12,6 | 1,7 | 77,4 | 23,69 |
| Energia | 116.396,2 | 50.352,7 | 189.186,3 | 53.025 | 50.157,2 | 91.823,48 |
| Pesticidas | 69.295,9 | 128.066,2 | 3.168,9 | 658,2 | 24.353,5 | 45.108,54 |
| Fertilizantes | 169,4 | 56,3 | 12,4 | 0 | 52,8 | 58,18 |
| Emprego | 21,4 | 12,2 | 33,1 | 3,4 | 8,1 | 15,64 |
| VPA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Emissões CO2 eq | 1.232.739 | 7.033,9 | 29.431 | 11.260,3 | 11.428,5 | 258.378,54 |

Fonte: Elaborada pela autora.

Ao analisar a média geral das eficiências das folgas de cada variável, é possível formular o *ranking* das variáveis para análise das folgas, a saber: emissões de CO₂ eq. na agricultura (258.378,54); uso de energia na agricultura (91.823,48); uso de pesticidas (45.108,54); uso de fertilizantes (58,18); terra agrícola (23,69); emprego (15,64); e valor da produção agrícola (0).

Em termos médios, pode-se afirmar que existe espaço para ganhos de Ecoeficiência no BRICS, tendo em vista que as médias das folgas dos *inputs* são superiores às menores folgas experimentadas por certos países do bloco. Por exemplo, a média da folga do bloco para terra agrícola (23,69%) é maior do que a média da folga da Rússia para este *input* (1,7%).

Comparando as médias das folgas dos *inputs* dos países-membros, observa-se que as políticas agroambientais devem receber maior atenção no Brasil e na África do Sul. Quando se tratar de minimizar o uso da terra agrícola, o Brasil e a Índia. Quando se tratar de minimizar o uso de energia, a Índia. Quando se tratar de minimizar o uso de pesticidas, o Brasil. Quando se tratar de minimizar o uso de fertilizantes, a Índia e o Brasil. Quando se tratar de minimizar o uso do emprego na agricultura, o Brasil. Quando se tratar de minimizar as emissões de CO₂ eq., o Brasil.

Verificando os dados disponíveis de emissões de CO₂ eq. na agricultura, nota-se seu aumento para os países do BRICS, ao longo do período de análise. Para o Brasil, cuja média aparece como a mais elevada, há relação direta com o nível de desmatamento no país, que no período de 2000 a 2018, perdeu em torno de 7,5% de suas áreas florestais. A Amazônia registrou as maiores perdas, segundo dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020).

Ressalta-se que esse processo acarreta diversos fatores negativos ao meio ambiente, entre eles: perda da biodiversidade, alterações climáticas e emissão de gás carbônico na atmosfera, cujo valor de folga média foi o maior dentre os outros apresentados para os demais países que compõem o BRICS. Logo, como tal variável se apresentou com as maiores folgas para os países do BRICS, isso indica a necessidade de uma atenção, através de medidas de contenção para modificar o resultado, tais como investimento em fontes renováveis de energia por parte do BRICS ou adoção de processos e/ou tecnologias mais eficientes, pois os planos de ação que objetivam melhor eficiência energética também provocam diminuição de emissões. Além disso, a variável uso de energia na agricultura apresentou elevadas folgas, sendo esta a segunda no *ranking* das folgas.

Os demais países do BRICS, como China, Índia, Rússia e África do Sul, apresentaram valores para a média de suas folgas em relação a emissões de CO₂, consideravelmente, altas, afirmando que são países com ampla capacidade de gerar poluição. Assim, há a importância de um foco maior em ações para mitigar as emissões de CO₂ no meio ambiente como forma de ajudar no desenvolvimento sustentável.

Nos casos da China e Índia, por exemplo, um dos pontos favoráveis aos seus crescimentos econômicos é a dependência de termelétricas a carvão mineral, refletido, diretamente, em seus valores elevados para a variável de emissões de CO₂. As demais variáveis apresentaram folgas nulas ou inferiores em relação àquela que recebeu maior destaque. Nesse caso, emissões de CO₂ eq. na agricultura. Isso sinaliza ainda mais a importância da aplicação de boas práticas sustentáveis para garantir o desenvolvimento econômico e social de forma que mitigue os danos ao meio ambiente.

5 CONCLUSÃO

Com o advento da globalização, o desenvolvimento mundial, fez com que as questões ambientais ganhassem mais visibilidade, fazendo com que os países percebessem a importância do equilíbrio entre produção, consumo e meio ambiente. Outro fenômeno atrelado à a globalização é o movimento dos países para formarem blocos econômicos e, assim, buscarem a eficiência produtiva, principalmente, na área da agricultura.

No presente estudo, a comparação entre os países que compõem o BRICS foi realizada por meio da construção de janelas e múltiplas aplicações do modelo DEA-SBM Variante, a fim de mensurar a Ecoeficiência dos países em transformar os *inputs* (terras agrícolas, uso de pesticidas e fertilizantes, uso de energia e emprego na agricultura) em crescimento econômico. Sem que haja, nesse sentido, danos ao meio ambiente com o aumento de emissões de CO₂. Como resultado, este estudo mostrou que a Rússia apresentou a maior Ecoeficiência média (84,8%) ao longo do período de análise, seguida dos países China, Índia, Brasil e África do Sul.

Para contribuir na interpretação dos resultados da análise de Ecoeficiência, foi feita uma análise das folgas das variáveis. A partir disso, foi possível confirmar que a Rússia se apresentou como *benchmarking* para os demais países nas variáveis.

Ressalta-se, no entanto, que a Ecoeficiência calculada apresenta limitações devido à heterogeneidade entre os países comparados. Desse modo, a interpretação exige que sejam consideradas as particularidades de cada país, considerando as dimensões sociais, econômicas e ambientais. Ademais, a folga não pode ser entendida como uma meta inflexível, mas sim como um indicativo de qual variável está causando maiores danos para a eficiência de um país em relação aos demais do ponto de vista da Ecoeficiência na agricultura.

Portanto, pode ocorrer de não haver a chance de aumentar ou diminuir as variáveis nas proporções indicadas pelas folgas, devido, exatamente, às particularidades estruturais, econômicas e sociais do país. Porém, com base no que foi analisado, pode-se considerar que há possibilidade de orientar alocações de recursos e foco governamentais de medidas de eficiência energética nos países do bloco analisado que se apresentaram com baixa colocação no *ranking*.

O presente trabalho buscou contribuir, assim, com informações qualitativas e quantitativas sobre o desenvolvimento do BRICS, considerando as variáveis focadas na agricultura, de forma que o crescimento econômico aconteça com menor dano para o ambiente, utilizando a menor quantidade de *inputs* possíveis. Os resultados poderão ser utilizados para a formulação de estratégias de adequações com vistas a melhorias da eficiência dos países no que

diz respeito à agricultura, bem como permitir que novos estudos sejam realizados, ampliando a literatura sobre o tema.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P.R. **O papel dos BRICS na economia mundial**. In: Cebri-Icone-Embaixada Britânica Brasília. *Comércio e Negociações Internacionais para Jornalistas*. Rio de Janeiro: Cebri, 2009. Disponível: https://www.academia.edu/5794475/078_O_papel_dos_Bric_na_economia_mundial_The_Bric_s_role_in_the_Global_Economy_2009. Acesso em: 21 mar. 2021.
- AMARANTE, J. G. M. C. da C.; TORTATO, Ubiratã. Proeminências da Ecoeficiência: uma revisão sistemática das produções internacionais de alto impacto. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, S.l., v.1, n. 3, p. 3-27, set-out, 2016. Disponível: <http://www.relise.eco.br/index.php/relise/article/view/29>. Acesso em: 22 abr.2021.
- ARTHMAR, R. Say, Sismondi e o debate continental sobre os mercados. **Estudo. Econ.**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 381-410, June 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ee/v39n2/v39n2a06.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2021.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, S.l., v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984. Disponível: <https://personal.utdallas.edu/~ryoung/phdseminar/BCC1984.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2021.
- BEGHIN, N. **A cooperação brasileira para o desenvolvimento internacional na área de segurança alimentar e nutricional: avanços e desafios. Onde estamos e para onde vamos?** Brasília: Instituto de Estudos Socioeconômicos, 2014. Disponível em: https://www.inesc.org.br/wp-content/uploads/2020/05/Cooperacao_em_SAN_2014_Livro_Final-1.pdf?x98583. Acesso em: 16 abr. 2021.
- BISWAS, S.; MAJUMDER, S.; DAWN, S. K. Comparing the Socioeconomic Development of G7 and BRICS Countries and Resilience to COVID-19: An Entropy – MARCOS Framework. **Business Perspectives and Research**, S.l., v. 1, nº 18, p. 2 – 16, 2021. Disponível em: www.journals.sagepub.com/home/bpr. Acesso em 18 nov. 2021.
- BLEISCHWITZ, R. Cognitive and institutional perspectives of eco-efficiency. **Ecological Economics**, S.l., n. 46, p. 453-467, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800903001861>. Acesso em: 22 abr. 2021.
- BOISIER, Sérgio. **Desarrollo. De que estamos hablando?** In: Transformaciones globales, instituciones y políticas de desarrollo local. Rosário: Editoria Homo Sapiens, 2001. Disponível em: https://flacsoandes.edu.ec/web/imagesFTP/1245948918.Desarrollo_Local_De_que_estamos_hablando-2.pdf. Acesso em: 20 mar. 2021.
- BOUTROS-GHALI, Boutros. **An agenda for development**. ONU: New York, 1995. Disponível: <https://digitallibrary.un.org/record/170444>. Acesso em: 20 abr. 2021.

BRASIL. **Lei n. 11.346, de 15 de setembro de 2006.** Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. Brasília, 2006. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111346.htm. Acesso em: 16 abr. 2021.

BRESSER-PEREIRA, L. C. Desenvolvimento, progresso e crescimento econômico. **Lua Nova: Revista de Cultura e Política**, São Paulo, n. 93, set./dec. 2014. Disponível: <https://www.scielo.br/pdf/ln/n93/03.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2021.

BRINK, L.; ORDEN, D.; DATZ, G. **BRIC Agricultural Policies Through a WTO Lens.** In: Agricultura, desenvolvimento e sistema de comércio global: 2000–2015. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2017. Disponível em: https://doi.org/10.2499/9780896292499_05. Acesso em: 18 abr. 2021.

CAMIOTO, F.C. Análise da eficiência energética nos BRICS e G7 considerando estrutura de fator-total: uma aplicação da Análise Envoltória de Dados. **Science**, São Carlos, 2013. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616002389> . Acesso em: 22 mar. 2021.

CAMIOTO, F.C.; MORALLES, H.F.; MARIANO, E.B.; REBELATTO, D.A.N. Energy efficiency analysis of G7 e BRICS considering total-factor structure. **Journal of Cleaner Production**, v. 122, p. 67-77, S.1, 2016.

CAMIOTO, F. C.; MORALLES, H. F.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, D. A. do N. Energy efficiency analysis of G7 and BRICS considering total-factor structure. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 122, p. 67-77, 2016. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002791182>. Acesso em: 15 abr. 2021.

CAMIOTO, F. C.; REBELATTO, D. A. do N.; ROCHA, R. T. Análise da eficiência energética nos países do BRICS: um estudo envolvendo a Análise por Envoltória de Dados. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 23, n. 1, p. 192-203, Mar. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/gp/v23n1/0104-530X-gp-0104-530X1567-13.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.

CAVES, D.W.; CHRISTENSEN, L.R.; DIEWERT, E.W. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. **Econometrica**, S.l., v. 50, n. 6, p. 1393-1414, 1982.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; GOLANY, B.; SEIFORD, L.; STUTZ, J. Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions. **Journal of Econometrics**, S.l., v. 30(1-2), p. 91-107, 1985. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377221778901388>. Acesso em: 22 mar. 2021.

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research** 2, S.l., p. 429-444, 1978. Disponível: <https://personal.utdallas.edu/~ryoung/phdseminar/CCR1978.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2021.

CHARNES, A; COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y.; SEIFOR, L. M. **Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications**. Dordrecht: Springer, Netherlands, 1994. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ca-Lovell/publication/267471129_Stratified_Models_of_Education_Production_Using_Modified_DEA_and_Regression_Analysis/links/56ddeed08ae46f1e99f9038/Stratified-Models-of-Education-Production-Using-Modified-DEA-and-Regression-Analysis.pdf. Acesso em: 22 mar.2021.

COELLI, T. *et al.* **Introduction to efficiency and productivity analysis**. Massachussets: Kluwer Academic Publishers, 1998. Disponível: <http://dl.icdst.org/pdfs/files/3a67240be4e2274e4c95655ec16931de.pdf>. Acesso em 20 mar. 2021.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Date Envelopment Analysis: a comprehensive Text with models, applications, reference and DEA-Solver software**. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/32047675_Data_Envelopment_Analysis_A_Comprehensive_Text_with_Models_Applications_References_and_DEASolver_Software. Acesso em: 22 mar. 2021.

COOPER, W.; SIERFOR, L.; ZHU, J. **Handbook on Data Envelopment Analysis**. 2 ed. Springer, Netherlands: S.n., 2010. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/226038831_Data_Envelopment_Analysis_History_Models_and_Interpretations. Acesso em: 22 mar. 2021.

COSTA, E. M.; RAMOS, F. de S.; SOUZA, H. R. de; SAMPAIO, L. M. B. Dinâmica da eficiência produtiva das instituições federais de ensino superior. **Planejamento e políticas públicas**, Rio de Janeiro, n. 44, jan./jun. 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/13988>. Acesso em: 23 abr. 2021.

COSTA, L. V. *et al.* Produtividade agrícola e segurança alimentar dos domicílios das regiões metropolitanas brasileiras. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 51, n. 4, p. 661-680, Dec. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/resr/v51n4/a03v51n4.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2021.

CRUZ, M. R. da; SEVERO, E. A.; GUIMARÃES, J. C. F. **Inovação e tecnologia no agronegócio como alternativa para a economia do Brasil**. *In*: Simpósio Internacional de Inovação em Cadeias Produtivas do Agronegócio, Caxias do Sul, RS: Educus, 2017. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/ebook-inov-tecnologia.pdf>. Acesso em 15 abr.2021.

ELIAS, D. Globalização e Agricultura no Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, Rio de Janeiro, n. 12, p. 23-32, 20, 2002. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/49202/32884>. Acesso em: 15 abr. 2021.

ELJACH-HERNANDEZ, D.; CASTRO-CASTELLANOS, W. Ecoeficiencia y Gestión Ambiental Sostenible: Reflexiones para la Gerencia del Siglo XXI. **Cienciamatria**, S.l., v. 6, n. 1, p. 723-751, 2020. Disponível em: <https://cienciamatriarevista.org.ve/index.php/cm/article/view/380>. Acesso em: 17 abr. 2021.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, no. 3, p. 253-300, 1957. Disponível em: www.jstor.org/stable/2343100. Acesso em: 22 mar. 2021.

FEDERAL STATISTICAL OFFICE OF GERMANY. **G7 in figures** – Summit of the G7 states in Elmau. S.l.: S.n., 2015.

FONSECA, I. F. **A Construção de Grandes Barragens no Brasil, na China e na Índia: Semelhanças e Peculiaridades dos Processos de Licenciamento Ambiental em Países Emergentes**. Rio de Janeiro: IPEA, 2013. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2037/1/TD_1868.pdf. Acesso em: 29 maio 2022.

FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL, **World Economic Outlook Database**. 2013. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2013/April>. Acesso em: 15 abr. 2021.

GÓMEZ-LIMÓN, J. A.; PICAZO-TADEO, A. J.; REIG-MARTÍNEZ, E. Eco-efficiency assessment of olive farms in Andalusia. **Land Use Policy**, S.l., v. 29, n. 2, p. 395-406, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.08.004>. Acesso em: 18 abr. 2021.

GONÇALVES, M. L. Pequeno histórico da relação homem-natureza: da physis à teoria de Gaia, o empobrecimento da noção de ser humano. In.: GONÇALVES, J. C. **Filosofia, ciência e vida**. São Paulo, n. 13, p. 171-177, abr. 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/234466-Homem-natureza-uma-relacao-conflitante-ao-longo-da-historia.html>. Acesso em: 19 abr. 2021.

HAHN, T.; FIGGE, F.; LIESEN, A.; e BARKEMEYE, R. 2010. Opportunity cost based analysis of corporate eco-efficiency: a methodology and its application to the CO₂-efficiency of German companies. **Journal of Environmental Management**, S.l., v. 91, 2007. Disponível em: http://scinet.dost.gov.ph/union/Downloads/sdarticle_009_310253.pdf. Acesso em: 22 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil: Estatísticas desagregadas por Unidades da Federação (2000-2018)**. 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101790.pdf>. Acesso em: 27 maio 2022.

JONES, A.D.; NGURE, F.M.; PELTO, G.; YOUNG, S.L. What are we assessing when we measure food security? A compendium and review of current metrics. **American Society and Nutrition**, S.l., v. 4, p. 481-505, 2013. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/170444>. Acesso em: 21 mar. 2021.

KAMIYAMA, A. **Agricultura Sustentável**. Santo André: SMA, 2011. Disponível em: <http://www.santoandre.sp.gov.br/pesquisa/ebooks/342993.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2021.

KAMOGAWA, L.F. **Crescimento econômico, uso dos recursos naturais e degradação ambiental: uma aplicação do modelo EKC no Brasil**. Dissertação (Mestrado) em Economia Aplicada, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Universidade Federal de São Paulo), Piracicaba, 2003. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-24032004-145623/publico/luiz>. Acesso em: 23 abr. 2021.

KUSHEL, M.B.; GUPTA, R.; GEE, L; HAAS, J.S. Housing instability and food insecurity as barriers to health care among low-income Americans. **Journal of General Internal Medicine**, S.l., v. 21, n. 1, p. 71-77, 2006.

LARSON, N.I.; STORY, M.T. Food insecurity and weight status among U.S. children and families. **Food Policy**, S.l., v. 21, n.3, p. 291-303, 1996.

LARSON, N. I.; STORY, M. T.; NELSON, M. C. Neighborhood environments: disparities in access to healthy foods in the U.S. **American Journal of Preventive Medicine**, Washington, DC, v. 36, n. 1, p. 74-81, 2009.

LOBATO, L.V.C. A questão social no projeto do BRICS. **Ciência & Saúde Coletiva**, S.l., v. 23, n. 7, p. 2133-2146, 2018.

LOPES, S. B. **Arranjos Institucionais e a Sustentabilidade de Sistemas Agroflorestais: uma proposição metodológica**. Dissertação (Mestrado) Programa de pós-graduação em Desenvolvimento Rural da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2001. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/2677>. Acesso em: 14 abr. 2021.

LOURENÇO, A. V.; REIS, C. M. dos; VOLKMER, G.; WITT, J. R.; CARVALHO, N. F. de. **Desenvolvimento Sustentável e Agroecologia**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2016. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad105.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2021.

MACIEL, H. M; KHAN, A. S.; ROCHA, L.A. Ecoeficiência entre os países: o uso do método Free Disposal Hull. **Espacios**, Caracas, v. 38, n. 27, p. 1-18., 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n27/a17v38n27p30.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2021.

MANIGLIA, E. **As interfaces do direito agrário e dos direitos humanos e a segurança alimentar**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. Disponível em <http://books.scielo.org/id/s3vn9/pdf/maniglia-9788579830143-04.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2021.

MARTINS, B. de B. **Desenvolvimento e desigualdades em Amartya Sen**. In: VIII Jornadas de Sociología de la Universidad de Buenos Aires. Asociación Latinoamericana de Sociología, Buenos Aires, 2009. Disponível: <https://www.aacademica.org/000-062/503>. Acesso em: 20 abr. 2021.

MCINTYRE, R. J.; THORNTON, J. R. Urban design and energy utilization: A comparative analysis of soviet practice. **Journal of Comparative Economics**, Elsevier, v. 2(4), p. 334-354, December, 1978. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0147596778900094>. Acesso em: 04 jan. 2021.

MERCHÁN GÓMEZ, J. E.; VEGAS MELÉNDEZ, H. Importancia de la teoría de la ecoeficiencia en las organizaciones empresariales. **Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional**, S.l., v. 5, n. 10, 2020. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7659421>. Acesso em: 15 abr. 2021.

MEADOWS, D. *et al.* **Os limites do crescimento**. São Paulo: Perspectiva, 1972.

MOREIRA, R. R. A "derrota da lei de Say": elementos teóricos fundamentais e algumas implicações metodológicas e dinâmicas. **Rev. econ. contemp.**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 411-431, Aug. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rec/v9n2/v09n02a08.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2021.

MOSTAFA, G.; MAHMOOD, M. The rise of the BRICS and their challenge to the G7. **International Journal of Emerging Markets**, S.l., v. 10, n. 1, p. 156-170, 2015.

MUELLER, C. C. O debate dos economistas sobre a sustentabilidade: uma avaliação sob a ótica da análise do processo produtivo de 2005. **Estud. Econ.**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 687-713, Dec. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ee/v35n4/v35n4a04.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2021.

NAHREY, M.; VORONENKO, I. Global food security: assessment and trends. **European Journal of Molecular & Clinical Medicine**, S.l., v. 7, n. 8, 2020.

NEVES, R. C. B. das; FARIAS, T. G. de. **Forum BRICS Academic Forum**, Brasília: IPEA, 2014. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_forum_brics.pdf. Acesso em: 15 abr. 2021.

OGGIONI, G., *et al.* Eco-efficiency of the world cement industry: A data envelopment analysis. **Energy Policy**, S.l., v. 39, p. 2842-2854, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511001492>. Acesso em: 21 mar. 2021.

OLIVEIRA, O. F.; NETO, J. G. P.; NETO, M. R. de C.; SOUZA, F. A. M. de. Uma discussão teórica sobre o Desenvolvimento Econômico versus o Desenvolvimento Sustentável. **Espaço Público**, Revista de Políticas Públicas, S.l., v. 4, n. 4, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politicaspUBLICAS/article/view/242432>. Acesso em: 22 abr. 2021.

PABIS, J. L. Acorrentando Gúlliver: a atuação dos BRICS nas negociações sobre agricultura da Rodada Doha da OMC. **Anu. Mex. Der. Inter.** S.l., v. 15, p. 659-699, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/pdf/amdi/v15/v15a17.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

PACHE DURÁN, M.; PÉREZ CALDERÓN, E.; MILANÉS MONTERO, P. Ecoeficiencia y sus efectos sobre el desempeño económico de las empresas del Dow Jones 2016. **Revista Prisma Social**, S.l., v. 22, 271-295, 2018. Disponível em: <https://revistaprismasocial.es/article/view/2521>. Acesso em: 16 abr. 2021.

PIMENTEL, J. V. de S. **O Brasil, os BRICS e a agenda internacional**. Brasília: FUNAG, 2013. Disponível em: http://funag.gov.br/biblioteca/download/1032-Brasil_os_BRICS_e_a_agenda_internacional_O.pdf. Acesso em: 15 abr. 2021.

POCHMANN, M. **Relações comerciais e de investimentos do Brasil com os demais países do BRICS**. In: PIMENTEL, José Vicente de Sá (Org.). **O Brasil, os BRICS e a agenda internacional**. Brasília: FUNAG, p.201-220, 2013. Disponível em: http://funag.gov.br/loja/download/1032-Brasil_os_BRICS_e_a_agenda_internacional_O.pdf. Acesso em: 14 abr. 2021.

RADETZKI, M. **Economic growth and the environment**. Washington: The World Bank, 1992.

RATTNER, H. O esgotamento dos recursos naturais: catástrofe interdependência? **Rev. adm. empresa**. São Paulo, v.17 n.2, 1977. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rae/v17n2/v17n2a02.pdf>. Acesso em 15/04/2021. Acesso em: 15 abr. 2021.

RÄUCHLE, F.; KORSWAGEN, R. Ecoeficiencia: el "Par; del desarrollo. **Economia**, S.l., v. 23, n. 46, p. 31-44, 15 mar. 2000. Disponível em: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/economia/article/view/471/462>. Acesso em: 17 abr. 2021.

REN, Y.; LI, Z.; WANG, Y.; ZHANG, T. Development and prospect of food security cooperation in the BRICS countries. **Sustainability**, S.l., v. 12, n. 2125, 2020.

ROBAINA-ALVES, M.; MOUTINHO, V.; MACEDO, P. A new frontier approach to model the eco-efficiency in European countries. **Journal of Cleaner Production**, S.l., 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615000426>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SALOIS, M.J. The effects of macroeconomic conditions on food insecurity in the United States. **Open Journal of Economic Research**, S.l., v. 2, n. 1, p. 18-26, 2012.

SAY, J-B. **Tratado de Economia Política**. São Paulo: Nova Cultura, 1986. Disponível em: <https://marcosfabionuva.files.wordpress.com/2011/08/tratado-sobre-economia-politica.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2021.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1997. Disponível em: https://www.ufjf.br/oliveira_junior/files/2009/06/s_Schumpeter_-_Teoria_do_Desenvolvimento_Econ%3%B4mico_-_Uma_Investiga%3%A7%3%A3o_sobre_Lucros_Capital_Cr%3%A9dito_Juro_e_Ciclo_Econ%3%B4mico.pdf. Acesso em: 12 jan.2021.

SILVA, C. B. **Direito Ambiental e Direito Econômico: Desenvolvimento sustentável como produto da harmonização entre normas colidentes**. Dissertação (Mestrado), do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica, da Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2018. Disponível em:

<https://www.univali.br/Lists/TrabalhosMestrado/Attachments/2508/Dissertac%CC%A7a%CC%83o%20-%20Cristiano%20Baccin%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

SMITH, A. **Uma investigação sobre a natureza e as causas da riqueza das nações**. Oxford: Clarendon Press, 1976. Disponível em:

<http://www.projetos.unijui.edu.br/economia/files/Adam-Smith-2.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2021.

SOARES, D. P. A. **Impactos derivados da exploração dos recursos naturais**: perspectiva dos alunos no contexto da educação para o desenvolvimento sustentável e direitos humanos. Porto/Portugal. 2017. 116 f. Mestrado em ensino de geografia no curso de geografia no 3º ciclo do ensino básico e no ensino secundário, 2017. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/108800/2/230203.pdf>. Acesso em 15 abr.2021.

SOGLIO, F. D.; KUBO, R. R. **Desenvolvimento, Agricultura e Sustentabilidade**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2016. Disponível em:

<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad105.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2021.

TONE, K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, S.l., v. 130, p. 498–509, 2001. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221799004075>. Acesso em: 22 mar. 2021.

UNITED NATIONS. **Our Common Future**. Brundtland Report, 1987. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/139811>. Acesso em: 18 abr. 2021.

VERFAILLIE, H.A.; BIDWELL, R. **Measuring eco-efficiency a guide to reporting company performance**. World Business Council for Sustainable Development, 2000. Disponível: <https://www.gdrc.org/sustbiz/measuring.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2021.

WOLLOCH, N. Adam Smith and the concept of natural capital. **Ecosystem Services**, S.l., v. 43, 2020. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101097>. Acesso em: 19 abr. 2021.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Conceito de ecoeficiência**: cria mais valor com menos impacto. Lisboa: WBCSD, 2000. Disponível: <http://www.bcsdportugal.org/wp-content/uploads/2013/11/publ-2004-Eco-eficiencia.pdf>. Acesso em 22 abr. 2021.

ANEXO A

Tabela 9 – Dados dos *inputs* e *outputs* da agricultura dos países-membros do BRICS

| DMU | PAIS | ANO | TERRA | ENERGIA | PEST | FERT | EMP | VPA | CO2 |
|-----|------|------|----------|----------|---------|----------|--------|----------|----------|
| 1 | BR | 2000 | 27,3175 | 281149 | 140423 | 144,5168 | 30,46 | 1,05E+08 | 1403069 |
| 2 | BR | 2001 | 27,32991 | 297343,7 | 151523 | 148,5714 | 30,92 | 1,11E+08 | 1624247 |
| 3 | BR | 2002 | 27,34232 | 294349,7 | 145552 | 164,9113 | 31,35 | 1,19E+08 | 1623874 |
| 4 | BR | 2003 | 27,35472 | 301405,2 | 182446 | 188,7633 | 31,5 | 1,28E+08 | 1624023 |
| 5 | BR | 2004 | 27,36713 | 300138,7 | 214725 | 229,8193 | 32,37 | 1,34E+08 | 1623805 |
| 6 | BR | 2005 | 27,37954 | 299066,6 | 232232 | 174,3134 | 31,57 | 1,34E+08 | 1623456 |
| 7 | BR | 2006 | 27,39258 | 303396,1 | 238716 | 184,578 | 29,61 | 1,4E+08 | 1623590 |
| 8 | BR | 2007 | 27,47882 | 321762 | 304031 | 233,1424 | 27,73 | 1,49E+08 | 1624655 |
| 9 | BR | 2008 | 27,56506 | 351312,8 | 312637 | 214,6776 | 26,09 | 1,58E+08 | 1626629 |
| 10 | BR | 2009 | 27,6513 | 338794,7 | 335742 | 148,4864 | 25,15 | 1,55E+08 | 1625854 |
| 11 | BR | 2010 | 27,73753 | 354140,5 | 342580 | 202,7968 | 23,59 | 1,64E+08 | 1627046 |
| 12 | BR | 2011 | 27,82377 | 363277,6 | 345026 | 251,4273 | 22,27 | 1,73E+08 | 802530 |
| 13 | BR | 2012 | 27,91001 | 379648,3 | 346583 | 230,1325 | 21,3 | 1,7E+08 | 803250 |
| 14 | BR | 2013 | 27,99625 | 380495 | 367778 | 265,5678 | 20,72 | 1,8E+08 | 803188,7 |
| 15 | BR | 2014 | 28,08249 | 402054,3 | 352336 | 285,0605 | 19,2 | 1,85E+08 | 804061,3 |
| 16 | BR | 2015 | 28,16873 | 406526,5 | 395646 | 234,9651 | 18,97 | 1,89E+08 | 804339,9 |
| 17 | BR | 2016 | 28,25497 | 362788,7 | 377176 | 263,3892 | 18,78 | 1,84E+08 | 673160,1 |
| 18 | BR | 2017 | 28,34107 | 428815,1 | 377176 | 297,3864 | 17,54 | 2,01E+08 | 677951,4 |
| 19 | BR | 2018 | 28,34109 | 432285,4 | 377176 | 304,6585 | 17,2 | 2,03E+08 | 677784 |
| 20 | CH | 2000 | 55,57004 | 1344733 | 1288619 | 285,9448 | 51,16 | 7,85E+08 | 91593,66 |
| 21 | CH | 2001 | 55,63284 | 1391034 | 1283381 | 293,9155 | 51,37 | 8E+08 | 92380,7 |
| 22 | CH | 2002 | 55,69564 | 964356,7 | 1322948 | 335,8142 | 51,64 | 8,34E+08 | 63354,18 |
| 23 | CH | 2003 | 55,75833 | 1105814 | 1335503 | 330,8037 | 50,9 | 8,4E+08 | 72570,67 |
| 24 | CH | 2004 | 55,82049 | 1247247 | 1395814 | 354,4306 | 48,15 | 8,89E+08 | 81954,69 |
| 25 | CH | 2005 | 55,88318 | 1382258 | 1469312 | 376,8997 | 46,03 | 9,18E+08 | 92486,55 |
| 26 | CH | 2006 | 55,94577 | 1454528 | 1546109 | 376,7397 | 43,73 | 9,43E+08 | 96834,64 |
| 27 | CH | 2007 | 56,00835 | 1434852 | 1632585 | 387,1513 | 41,77 | 9,68E+08 | 94424,43 |
| 28 | CH | 2008 | 56,07094 | 1396279 | 1681188 | 374,2178 | 40,52 | 1,02E+09 | 91743,8 |
| 29 | CH | 2009 | 56,1332 | 1449918 | 1717643 | 385,4265 | 39,11 | 1,04E+09 | 94599,27 |
| 30 | CH | 2010 | 56,12028 | 1512976 | 1765901 | 424,4188 | 37,7 | 1,07E+09 | 98641,85 |
| 31 | CH | 2011 | 56,11691 | 1577273 | 1795329 | 440,8323 | 35,64 | 1,1E+09 | 102709,4 |
| 32 | CH | 2012 | 56,10783 | 1623544 | 1815464 | 450,8029 | 34,34 | 1,14E+09 | 106436,9 |
| 33 | CH | 2013 | 56,10804 | 1725208 | 1811564 | 449,0524 | 31,89 | 1,16E+09 | 114545,6 |
| 34 | CH | 2014 | 56,09674 | 1783005 | 1815690 | 464,8276 | 29,79 | 1,17E+09 | 119819,6 |
| 35 | CH | 2015 | 56,0902 | 1812850 | 1772421 | 464,6199 | 28,81 | 1,2E+09 | 121526,5 |
| 36 | CH | 2016 | 56,08167 | 1870235 | 1772641 | 463,187 | 27,88 | 1,21E+09 | 125207,4 |
| 37 | CH | 2017 | 56,07935 | 1940192 | 1773679 | 421,4677 | 27,2 | 1,22E+09 | 128451,1 |
| 38 | CH | 2018 | 56,07908 | 1815208 | 1773689 | 393,2155 | 26,29 | 1,24E+09 | 114855,2 |
| 39 | IN | 2000 | 60,86897 | 807536 | 44958 | 103,7861 | 128,95 | 2,25E+08 | 46115,51 |
| 40 | IN | 2001 | 60,70483 | 765142,8 | 43720 | 108,1822 | 127,79 | 2,32E+08 | 66535,62 |

| | | | | | | | | | |
|----|-----|------|----------|----------|-------|----------|--------|----------|----------|
| 41 | IN | 2002 | 60,72938 | 795697,1 | 42483 | 100,3291 | 126,66 | 2,14E+08 | 68311,02 |
| 42 | IN | 2003 | 60,62478 | 856738,7 | 41245 | 105,1772 | 125,07 | 2,37E+08 | 72333,63 |
| 43 | IN | 2004 | 60,66716 | 871451,2 | 35113 | 115,2715 | 123,2 | 2,35E+08 | 72961,97 |
| 44 | IN | 2005 | 60,58341 | 859155,8 | 35342 | 127,6146 | 121,64 | 2,48E+08 | 71990,5 |
| 45 | IN | 2006 | 60,50942 | 927968,6 | 37423 | 136,4039 | 120,13 | 2,61E+08 | 75148,09 |
| 46 | IN | 2007 | 60,41323 | 618694,4 | 27423 | 142,8352 | 118,52 | 2,82E+08 | 51071,76 |
| 47 | IN | 2008 | 60,4593 | 669730,7 | 14485 | 153,3494 | 117,39 | 2,87E+08 | 53006,58 |
| 48 | IN | 2009 | 60,56391 | 715155,7 | 28707 | 167,4573 | 115,65 | 2,83E+08 | 54933,77 |
| 49 | IN | 2010 | 60,39742 | 715140,7 | 40094 | 179,0359 | 113,9 | 3,06E+08 | 50951,8 |
| 50 | IN | 2011 | 60,43004 | 675112,1 | 55540 | 180,7483 | 108,77 | 3,25E+08 | 23450,88 |
| 51 | IN | 2012 | 60,42063 | 671119 | 52980 | 163,122 | 103,48 | 3,32E+08 | 20723,63 |
| 52 | IN | 2013 | 60,43946 | 1208602 | 45620 | 156,4957 | 102,45 | 3,47E+08 | 57376,32 |
| 53 | IN | 2014 | 60,4472 | 1199578 | 56268 | 163,4981 | 101,21 | 3,56E+08 | 53576,68 |
| 54 | IN | 2015 | 60,43139 | 805681,5 | 56720 | 171,0349 | 99,9 | 3,51E+08 | 22524,35 |
| 55 | IN | 2016 | 60,43139 | 857411,8 | 58634 | 165,898 | 98,47 | 3,66E+08 | 19827,99 |
| 56 | IN | 2017 | 60,43139 | 865090,6 | 63406 | 170,0012 | 97,11 | 3,9E+08 | 17659 |
| 57 | IN | 2018 | 60,43139 | 863574,3 | 59670 | 175,0153 | 95,77 | 4,07E+08 | 16235,07 |
| 58 | RU | 2000 | 13,25667 | 435513,5 | 30194 | 11,41718 | 28,82 | 55963699 | 91238,04 |
| 59 | RU | 2001 | 13,23902 | 419151,6 | 31605 | 12,93961 | 23,93 | 58660217 | 52614,58 |
| 60 | RU | 2002 | 13,2258 | 340875,8 | 33016 | 11,4929 | 22,58 | 60084349 | 47410,67 |
| 61 | RU | 2003 | 13,20293 | 339901,7 | 34427 | 11,00352 | 21,5 | 59392238 | 47814,71 |
| 62 | RU | 2004 | 13,1846 | 320389,3 | 35838 | 11,41978 | 20,88 | 60655133 | 46941,56 |
| 63 | RU | 2005 | 13,16616 | 335852,2 | 37249 | 11,79264 | 20,22 | 60721332 | 48234,64 |
| 64 | RU | 2006 | 13,15737 | 330832,6 | 38661 | 12,48071 | 19,72 | 61828841 | 47752,42 |
| 65 | RU | 2007 | 13,15584 | 366779,3 | 40072 | 14,25313 | 17,94 | 63355707 | 50100,04 |
| 66 | RU | 2008 | 13,15844 | 371003,2 | 41483 | 15,88274 | 16,99 | 69005559 | 50589,21 |
| 67 | RU | 2009 | 13,15844 | 312162,9 | 42894 | 15,63506 | 16,49 | 69031543 | 46240,68 |
| 68 | RU | 2010 | 13,15844 | 297427,7 | 44305 | 15,7245 | 15,41 | 61347160 | 45306,78 |
| 69 | RU | 2011 | 13,15844 | 335486,3 | 45716 | 16,18723 | 15,29 | 73698790 | 63682,06 |
| 70 | RU | 2012 | 13,15844 | 305075,2 | 47127 | 15,43358 | 14,58 | 70599882 | 61427,33 |
| 71 | RU | 2013 | 13,15844 | 311223 | 48538 | 15,29828 | 13,91 | 75375740 | 61540,42 |
| 72 | RU | 2014 | 13,15844 | 349804,8 | 49949 | 15,9005 | 13,37 | 79196099 | 64375,58 |
| 73 | RU | 2015 | 13,15844 | 330652,9 | 51360 | 16,66261 | 13,33 | 81686819 | 62678,31 |
| 74 | RU | 2016 | 13,15844 | 320047,1 | 71057 | 18,68718 | 13,34 | 81865165 | 81038,89 |
| 75 | RU | 2017 | 13,15844 | 328226,4 | 79501 | 20,32829 | 11,7 | 85283897 | 81476,07 |
| 76 | RU | 2018 | 13,15844 | 337318,9 | 76368 | 20,81411 | 11,66 | 84668662 | 82401,47 |
| 77 | SOA | 2000 | 80,88847 | 59269,7 | 26857 | 53,59832 | 19,22 | 14403374 | 10334,71 |
| 78 | SOA | 2001 | 80,79615 | 62978,5 | 26857 | 55,71794 | 18,01 | 13801436 | 10582,94 |
| 79 | SOA | 2002 | 80,80851 | 65609,2 | 26857 | 61,20489 | 16,69 | 14574999 | 10654,74 |
| 80 | SOA | 2003 | 80,72608 | 67744,2 | 26857 | 55,15007 | 15,63 | 14563119 | 10715,77 |
| 81 | SOA | 2004 | 80,46229 | 71009 | 26857 | 60,28759 | 14,53 | 14902616 | 10690,82 |
| 82 | SOA | 2005 | 80,35925 | 65343,8 | 26857 | 47,33101 | 13,45 | 15704258 | 10387,22 |
| 83 | SOA | 2006 | 79,86876 | 64635,4 | 26857 | 62,33643 | 12,44 | 15072882 | 10256,61 |
| 84 | SOA | 2007 | 79,87041 | 66777,1 | 26857 | 61,02175 | 11,51 | 15470591 | 10359,28 |
| 85 | SOA | 2008 | 80,05012 | 65407,4 | 26857 | 56,2932 | 10,75 | 17438158 | 10313,8 |
| 86 | SOA | 2009 | 79,9512 | 63875,91 | 26857 | 60,24747 | 9,74 | 17188730 | 10231,98 |

| | | | | | | | | | |
|----|-----|------|----------|----------|-------|----------|-------|----------|----------|
| 87 | SOA | 2010 | 79,87124 | 65437,31 | 26857 | 53,78098 | 9,41 | 17572605 | 10318,99 |
| 88 | SOA | 2011 | 79,44505 | 86584,42 | 26857 | 60,33741 | 8,9 | 17487521 | 12183,63 |
| 89 | SOA | 2012 | 79,41785 | 95078,11 | 26857 | 62,0035 | 9,35 | 18070725 | 13125,32 |
| 90 | SOA | 2013 | 79,41785 | 103272,5 | 26857 | 60,12342 | 9,62 | 19055419 | 13773,94 |
| 91 | SOA | 2014 | 79,41785 | 106331,1 | 26857 | 67,72192 | 8,96 | 19993985 | 14030,72 |
| 92 | SOA | 2015 | 79,41785 | 95529,3 | 26857 | 62,66667 | 10,89 | 19528876 | 13155,56 |
| 93 | SOA | 2016 | 79,41785 | 162052,4 | 26857 | 57,25 | 10,74 | 18581876 | 17174,81 |
| 94 | SOA | 2017 | 79,41785 | 165055,8 | 26857 | 72,83333 | 10,23 | 20529534 | 17439,44 |
| 95 | SOA | 2018 | 79,41785 | 109402,3 | 26857 | 72,83333 | 10,25 | 20215452 | 14353,29 |

Fonte: Elaborado pela autora.

ANEXO B

Tabela 10 – Índices de Ecoeficiência dos países membros do BRICS e folgas dos *inputs*

| DMU | PAI | ANP | EE | Folgas | | | | | |
|-----|-----|------|-------|--------|------------|------------|---------|--------|-------------|
| | | | | TERRA | ENERGIA | PEST | FERT | EMP | CO2 |
| 1 | BR | 2000 | 0,286 | 21,738 | 121810,269 | 0,000 | 110,235 | 26,531 | 1393734,801 |
| 2 | BR | 2001 | 0,283 | 21,723 | 131090,964 | 0,000 | 112,725 | 27,352 | 1614263,087 |
| 3 | BR | 2002 | 0,316 | 19,919 | 106711,436 | 0,000 | 124,846 | 24,619 | 1613852,432 |
| 4 | BR | 2003 | 0,285 | 21,589 | 114786,534 | 95,803 | 148,337 | 28,797 | 1612214,689 |
| 5 | BR | 2004 | 0,273 | 21,291 | 103466,759 | 22551,449 | 187,216 | 29,522 | 1611361,010 |
| 6 | BR | 2005 | 0,272 | 21,320 | 102937,385 | 40588,827 | 131,827 | 28,729 | 1611045,735 |
| 7 | BR | 2006 | 0,279 | 21,067 | 98651,943 | 38654,844 | 140,226 | 26,645 | 1610635,263 |
| 8 | BR | 2007 | 0,259 | 20,742 | 103701,623 | 90958,240 | 185,906 | 24,572 | 1610856,987 |
| 9 | BR | 2008 | 0,268 | 20,405 | 119536,781 | 86162,272 | 164,470 | 22,733 | 1611963,720 |
| 10 | BR | 2009 | 0,273 | 20,657 | 112391,748 | 114517,480 | 99,442 | 21,871 | 1611528,516 |
| 11 | BR | 2010 | 0,272 | 20,331 | 114400,629 | 108323,582 | 150,864 | 20,118 | 1611876,304 |
| 12 | BR | 2011 | 0,279 | 20,013 | 110450,983 | 97982,174 | 196,659 | 18,608 | 786532,690 |
| 13 | BR | 2012 | 0,274 | 20,209 | 130377,355 | 103013,518 | 176,135 | 17,690 | 787477,700 |
| 14 | BR | 2013 | 0,280 | 19,847 | 116722,604 | 110038,762 | 208,429 | 16,900 | 786498,840 |
| 15 | BR | 2014 | 0,286 | 19,734 | 131825,508 | 88288,069 | 226,523 | 15,286 | 786962,909 |
| 16 | BR | 2015 | 0,287 | 19,606 | 129355,721 | 124814,884 | 174,924 | 14,956 | 786802,227 |
| 17 | BR | 2016 | 0,291 | 19,931 | 93353,183 | 113903,182 | 205,023 | 14,878 | 656111,893 |
| 18 | BR | 2017 | 0,299 | 19,272 | 135269,381 | 90344,490 | 233,798 | 13,289 | 659377,631 |
| 19 | BR | 2018 | 0,302 | 19,147 | 134686,553 | 86383,987 | 240,192 | 12,890 | 658953,713 |
| 20 | CH | 2000 | 0,645 | 20,112 | 196987,141 | 167124,833 | 37,317 | 34,537 | 18971,293 |
| 21 | CH | 2001 | 0,651 | 19,460 | 220174,423 | 139302,329 | 40,281 | 34,412 | 18295,871 |
| 22 | CH | 2002 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 23 | CH | 2003 | 0,863 | 9,142 | 0,000 | 71974,542 | 30,242 | 16,772 | 1478,648 |
| 24 | CH | 2004 | 0,807 | 11,846 | 0,000 | 97120,343 | 57,584 | 22,171 | 2545,831 |
| 25 | CH | 2005 | 0,731 | 14,384 | 38999,065 | 156776,680 | 85,919 | 26,575 | 7493,312 |
| 26 | CH | 2006 | 0,730 | 13,328 | 75030,071 | 198163,922 | 77,909 | 23,750 | 9548,443 |
| 27 | CH | 2007 | 0,761 | 12,253 | 18533,937 | 248662,139 | 80,344 | 21,257 | 4808,492 |
| 28 | CH | 2008 | 0,924 | 2,459 | 0,000 | 162915,149 | 20,430 | 5,063 | 2451,322 |
| 29 | CH | 2009 | 0,899 | 3,814 | 0,000 | 190303,900 | 34,471 | 7,166 | 2178,766 |
| 30 | CH | 2010 | 0,867 | 4,600 | 0,000 | 217317,176 | 73,264 | 8,838 | 2479,154 |
| 31 | CH | 2011 | 0,873 | 3,829 | 0,000 | 201826,572 | 81,719 | 7,619 | 2588,263 |
| 32 | CH | 2012 | 0,906 | 1,301 | 0,000 | 160734,835 | 76,328 | 4,064 | 3289,733 |
| 33 | CH | 2013 | 0,855 | 3,804 | 32194,787 | 157274,503 | 82,307 | 7,370 | 7422,057 |
| 34 | CH | 2014 | 0,853 | 3,068 | 66548,195 | 138493,088 | 93,004 | 4,930 | 11212,691 |
| 35 | CH | 2015 | 0,886 | 1,736 | 53489,651 | 53301,867 | 83,502 | 3,329 | 10204,878 |
| 36 | CH | 2016 | 0,878 | 1,567 | 105668,445 | 48435,045 | 80,942 | 2,323 | 13556,383 |
| 37 | CH | 2017 | 0,901 | 0,745 | 149075,816 | 23529,938 | 33,471 | 1,259 | 15120,150 |
| 38 | CH | 2018 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 39 | IN | 2000 | 0,459 | 27,436 | 329777,803 | 11946,560 | 6,962 | 75,967 | 37133,725 |

| | | | | | | | | | |
|----|-----|------|-------|--------|------------|-----------|--------|--------|-----------|
| 40 | IN | 2001 | 0,468 | 26,167 | 271595,601 | 9617,595 | 8,158 | 73,056 | 57257,005 |
| 41 | IN | 2002 | 0,437 | 28,980 | 341995,120 | 11133,763 | 8,380 | 76,345 | 59781,488 |
| 42 | IN | 2003 | 0,477 | 25,436 | 353884,506 | 6499,511 | 3,267 | 69,304 | 62880,049 |
| 43 | IN | 2004 | 0,482 | 25,729 | 372175,825 | 614,797 | 14,086 | 67,831 | 63575,663 |
| 44 | IN | 2005 | 0,503 | 23,066 | 330339,582 | 0,000 | 19,779 | 61,371 | 60526,628 |
| 45 | IN | 2006 | 0,507 | 21,145 | 371650,661 | 0,000 | 23,095 | 57,056 | 63396,942 |
| 46 | IN | 2007 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 47 | IN | 2008 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 48 | IN | 2009 | 0,702 | 10,304 | 86810,244 | 0,000 | 31,962 | 26,017 | 24420,896 |
| 49 | IN | 2010 | 0,643 | 11,726 | 53832,214 | 0,000 | 41,909 | 32,966 | 31399,899 |
| 50 | IN | 2011 | 0,757 | 9,053 | 0,000 | 0,000 | 34,706 | 25,137 | 7983,850 |
| 51 | IN | 2012 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 52 | IN | 2013 | 0,672 | 5,538 | 460950,791 | 0,000 | 1,626 | 11,344 | 35641,819 |
| 53 | IN | 2014 | 0,614 | 7,550 | 443672,557 | 4037,569 | 10,303 | 17,380 | 39365,781 |
| 54 | IN | 2015 | 0,740 | 8,325 | 61079,868 | 5270,599 | 20,131 | 17,324 | 8525,948 |
| 55 | IN | 2016 | 0,805 | 5,970 | 79147,978 | 4858,659 | 8,172 | 12,161 | 5196,743 |
| 56 | IN | 2017 | 0,896 | 2,527 | 37627,775 | 6231,181 | 2,304 | 5,345 | 2102,824 |
| 57 | IN | 2018 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 58 | RU | 2000 | 0,668 | 1,504 | 137762,489 | 0,000 | 0,000 | 9,516 | 49195,948 |
| 59 | RU | 2001 | 0,756 | 2,085 | 144243,884 | 0,000 | 0,000 | 7,516 | 11307,516 |
| 60 | RU | 2002 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 61 | RU | 2003 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 62 | RU | 2004 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 63 | RU | 2005 | 0,905 | 1,259 | 43434,211 | 502,429 | 0,000 | 3,471 | 1393,482 |
| 64 | RU | 2006 | 0,831 | 2,727 | 70248,297 | 103,164 | 0,000 | 8,118 | 255,920 |
| 65 | RU | 2007 | 0,745 | 3,347 | 126418,859 | 0,000 | 0,000 | 7,701 | 6678,781 |
| 66 | RU | 2008 | 0,808 | 2,347 | 110070,773 | 0,000 | 0,000 | 5,484 | 4028,358 |
| 67 | RU | 2009 | 0,916 | 1,761 | 36718,124 | 0,000 | 0,000 | 2,819 | 0,000 |
| 68 | RU | 2010 | 0,685 | 4,777 | 96017,739 | 0,000 | 0,000 | 6,523 | 12317,412 |
| 69 | RU | 2011 | 0,831 | 1,544 | 49840,309 | 0,000 | 0,000 | 3,209 | 11390,463 |
| 70 | RU | 2012 | 0,812 | 2,363 | 35781,764 | 0,000 | 0,000 | 3,574 | 12052,501 |
| 71 | RU | 2013 | 0,945 | 0,744 | 0,000 | 1326,303 | 0,000 | 0,740 | 3647,224 |
| 72 | RU | 2014 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 73 | RU | 2015 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 74 | RU | 2016 | 0,755 | 2,012 | 34192,105 | 5485,922 | 0,000 | 2,481 | 30105,531 |
| 75 | RU | 2017 | 0,742 | 2,430 | 50140,183 | 5087,977 | 0,000 | 1,470 | 33559,537 |
| 76 | RU | 2018 | 0,714 | 2,947 | 72606,867 | 0,000 | 0,000 | 1,959 | 38012,917 |
| 77 | SOA | 2000 | 0,124 | 78,748 | 28681,465 | 24743,459 | 47,399 | 15,828 | 9759,654 |
| 78 | SOA | 2001 | 0,116 | 78,745 | 33668,592 | 24831,787 | 49,778 | 14,760 | 10031,920 |
| 79 | SOA | 2002 | 0,120 | 78,642 | 34656,488 | 24718,275 | 54,932 | 13,257 | 10072,832 |
| 80 | SOA | 2003 | 0,122 | 78,562 | 36816,717 | 24720,018 | 48,882 | 12,200 | 10134,336 |
| 81 | SOA | 2004 | 0,123 | 78,248 | 39360,533 | 24670,200 | 53,874 | 11,020 | 10095,829 |
| 82 | SOA | 2005 | 0,142 | 78,025 | 31992,897 | 24552,568 | 40,572 | 9,751 | 9760,226 |
| 83 | SOA | 2006 | 0,135 | 77,629 | 32625,341 | 24645,216 | 55,849 | 8,890 | 9654,821 |
| 84 | SOA | 2007 | 0,140 | 77,571 | 33922,432 | 24586,856 | 54,363 | 7,866 | 9741,621 |
| 85 | SOA | 2008 | 0,165 | 77,459 | 28374,239 | 24298,137 | 48,788 | 6,643 | 9617,581 |

| | | | | | | | | | |
|----|-----|------|-------|--------|------------|-----------|--------|-------|-----------|
| 86 | SOA | 2009 | 0,169 | 77,397 | 27372,457 | 24334,738 | 52,850 | 5,692 | 9545,720 |
| 87 | SOA | 2010 | 0,175 | 77,260 | 28118,625 | 24278,408 | 46,218 | 5,271 | 9617,409 |
| 88 | SOA | 2011 | 0,156 | 76,846 | 49446,424 | 24290,893 | 52,811 | 4,781 | 11485,437 |
| 89 | SOA | 2012 | 0,152 | 76,732 | 56701,580 | 24205,314 | 54,226 | 5,094 | 12403,849 |
| 90 | SOA | 2013 | 0,154 | 76,586 | 62804,742 | 24060,821 | 51,922 | 5,132 | 13013,150 |
| 91 | SOA | 2014 | 0,163 | 76,447 | 63870,118 | 23923,096 | 59,117 | 4,251 | 13232,462 |
| 92 | SOA | 2015 | 0,154 | 76,516 | 54056,115 | 23991,346 | 54,262 | 6,291 | 12375,868 |
| 93 | SOA | 2016 | 0,125 | 76,656 | 122590,310 | 24130,308 | 49,252 | 6,364 | 16432,933 |
| 94 | SOA | 2017 | 0,137 | 76,367 | 121457,495 | 23844,510 | 63,998 | 5,395 | 16619,798 |
| 95 | SOA | 2018 | 0,153 | 76,414 | 66471,084 | 23890,598 | 64,133 | 5,489 | 13546,188 |

Fonte: Elaborada pela autora.