

ANÁLISE DOS TRANSBORDAMENTOS NAS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO: BRASIL, RÚSSIA, ÍNDIA E CHINA - BRIC

Analysis of the overflows in the emissions of carbon dioxide: Brazil, Russia, India and China - BRIC

Irene Domenes Zapparoli

Economista. Doutora em Educação: História, Política, Sociedade e Ciências Sociais pela Pontifícia Universidade Católica (PUC/SP). Profa. do Departamento de Economia e do Programa de Mestrado em Economia Regional, Coordenadora da Especialização de Economia Ambiental da Universidade Estadual de Londrina (UEL). zapparoli@uel.br

Adriano Martins de Souza

Economista. Mestre em Economia Regional (UEL). Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Guarapuava. adriano_msouza@hotmail.com

Umberto Antonio Sesso Filho

Engenheiro agrônomo. Doutor em Economia Aplicada (Esalq/USP). Coordenador de Programa de Mestrado em Economia Regional, Departamento de Economia (UEL). umasesso@uel.br

Paulo Rogério Alves Brene

Economista. Doutor em Desenvolvimento Econômico pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). paulobrene@uenp.edu.br

Márcia Regina Gabardo da Câmara

Economista. Doutora em Economia pela Universidade de São Paulo (USP). Prof. da UEL. mgabardo@sercomtel.com.br

Resumo: O objetivo do artigo é estimar a poluição dos países signatários do BRIC, no ano de 2009, calculando quanto é gerado, direta e indiretamente de emissões de CO₂, para cada unidade monetária produzida para a demanda final, por setores da economia. A matriz insumo-produto, usando a base de dados do World Input-Output Database (WIOD), permite calcular os transbordamentos ocorridos nas emissões de CO₂. Os resultados mostraram que, no caso do Brasil, as atividades que envolvem os setores de transporte foram as que apresentaram a maior participação nas emissões, sendo estes os setores mais poluentes. No caso dos outros três países analisados, China, Índia e Rússia, o setor de eletricidade, gás e água foi classificado como o setor mais poluente, pois apresentou a maior participação nas emissões no período analisado. Outros resultados importantes indicam que grande parte das emissões do Brasil provenientes do aumento da sua produção, é transbordada para outros países, sendo este um indicativo da dependência brasileira de insumos importados.

Palavras-chave: Transbordamentos; BRIC; Emissão de CO₂.

Abstract: The aim is to estimate pollution of the BRIC countries in the year 2009, calculating how much is generated directly and indirectly from CO₂ emissions, for each monetary unit produced for final demand, by sectors of the economy. The Input-Output Matrix using the database of World Input-Output Database (WIOD) allows calculating the overflows occurred in the CO₂ emissions. The results had shown that, in the case of Brazil, the activities that involve the transport sectors the ones had been that they had presented the most significant participation in the emissions, being these the sectors most pollutant. In the case of the others three analyzed countries, China, India and Russia, the sector of Electricity, Gas, and Water were classified as the sector most pollutant; therefore, it presented the most significant participation in the emissions in the analyzed period. Other essential results indicate that substantial part of the emissions of Brazil proceeding from the increase of its production is overflow for other countries, has been an indicator of the Brazilian dependence on imported input.

Keywords: Overflows; BRIC; CO₂ Emissions; Input-Output Matrix.

1 INTRODUÇÃO

O contínuo processo de urbanização e industrialização da sociedade tem criado, a partir da Revolução Industrial, novas e crescentes demandas por serviços de energia, transporte de pessoas e mercadorias, construção e operação de infraestrutura, além de serviços industriais e comerciais. Somase a isso, o sucessivo crescimento populacional e a elevação nos padrões de consumo, os quais têm provocado um aumento gradativo na utilização dos recursos naturais (JANNUZZI, 1996, p. 384). Em conjunto, os países do BRIC representam mais de 25% da área terrestre do planeta e 40% da população mundial. Além disso, a contribuição desses países para a economia e do comércio mundial é de aproximadamente 15% e de 22%, respectivamente (BAUMANN; ARAÚJO; FERREIRA, 2010).

No entanto, junto com o crescente poder econômico, aumenta-se também o impacto negativo desses países sobre o meio ambiente, sendo que as principais preocupações se referem às emissões de gases causadores de efeito estufa (GEE), sobretudo referentes às emissões de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera. A poluição atmosférica poderá desencadear, nos próximos anos, um aumento da temperatura média do planeta, impulsionando o processo de aquecimento global. Assim, a crescente importância da problemática ambiental, decorrente da poluição, tem acelerado os esforços sobretudo dos planejadores de políticas em conteúdo que incorporem a dimensão ambiental nas propostas de desenvolvimento social e econômico.

Dado o exposto, chega-se ao seguinte questionamento: Até que ponto o atual estágio de crescimento econômico dos países do BRIC tem contribuído para as emissões de CO_2 , principal causador do efeito estufa?

Sabendo-se que tais emissões estão interligadas com as atividades econômicas, o estudo busca estimar a poluição dos países signatários do BRIC, no ano de 2009, calculando quanto é gerado, direta e indiretamente de emissões de CO_2 , para cada unidade monetária produzida para a demanda final, por setores da economia.

Conforme o World Input-Output Database (WIOD, 2014), os principais gases causadores do efeito estufa são: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x), monóxido de

carbono (CO), amônia (NH_3) e outros compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC). Porém, cabe destacar que o dióxido de carbono (CO_2) compreendeu em 2009 aproximadamente 96% do total das emissões mundiais de GEE.

Portanto, no intuito de avançar nessa discussão, este artigo tem por objetivo estimar a poluição dos países signatários do BRIC, no ano de 2009, calculando quanto é gerado, direta e indiretamente de emissões de CO_2 , e investigar a relação dos setores produtivos com as emissões de CO_2 , não somente para o Brasil, mas também para outros países em desenvolvimento (China, Índia e Rússia), por terem se tornado alvo de crescente interesse no cenário internacional nos últimos anos.

A presente pesquisa utiliza como ferramenta a matriz insumo-produto, da qual se obtém o multiplicador de produção, o multiplicador de CO_2 , o gerador de CO_2 e o seu transbordamento. A base de dados foi extraída do World Input-Output Database (WIOD) e contempla 35 setores produtivos na economia de 40 países, mais o restante do mundo. Porém, cabe salientar que neste estudo serão analisados exclusivamente os BRIC, ou seja, Brasil, China, Índia e Rússia, e seus transbordamentos na emissão de dióxido de carbono, dada a crescente preocupação com os impactos do aumento das emissões de CO_2 na atmosfera em razão das perspectivas de crescimento econômico desses países.

O bloco é composto por Brasil, China, Índia, Rússia e África do Sul (BRICS), mas não existem dados no WIOD acerca da África do Sul para 2009, doravante faz necessário que a abordagem seja somente dos países do BRIC, retirando a África do Sul da análise. A emissão de poluição atmosférica é calculada a partir da disponibilização de dados da World Input-Output Database (WIOD), com sua publicação em 2009. Justifica-se o uso dos dados de 2009 por se tratarem dos dados mais recentes disponíveis quando esta pesquisa foi realizada.

O artigo está dividido em cinco seções: introdução, revisão teórica sobre os desdobramentos da emissão de GEE, metodologia abordando o uso da ferramenta matriz insumo-produto, análise de resultados sobre transbordamentos das emissões dos países selecionados para análise, que procura identificar se emissões dos BRIC provenientes do aumento da sua produção é transbordada para outros países. E, por fim, a conclusão sobre a produção dos países e sua participação na emissão de gases de efeito estufa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Emissão e concentração dos gases de efeito estufa: em pauta dióxido de carbono

Segundo Jannuzzi (1996), o padrão de desenvolvimento econômico, baseado especialmente na utilização de combustíveis fósseis (carvão mineral, gás natural e petróleo), tem provocado um aumento na concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, podendo resultar em graves e imprevisíveis alterações nos padrões climáticos do planeta.

A demanda brasileira de energia permaneceu estável no cenário mundial, dos países em desenvolvimento e das matrizes energéticas do BRIC, tendo apresentado redução da participação dos combustíveis fósseis. Nesse cenário, afirmam Perobelli e Silva (2012) que as emissões representam 4% do total mundial em 2010, como resultados do mal uso do solo, do desmatamento e da queima de combustíveis fósseis.

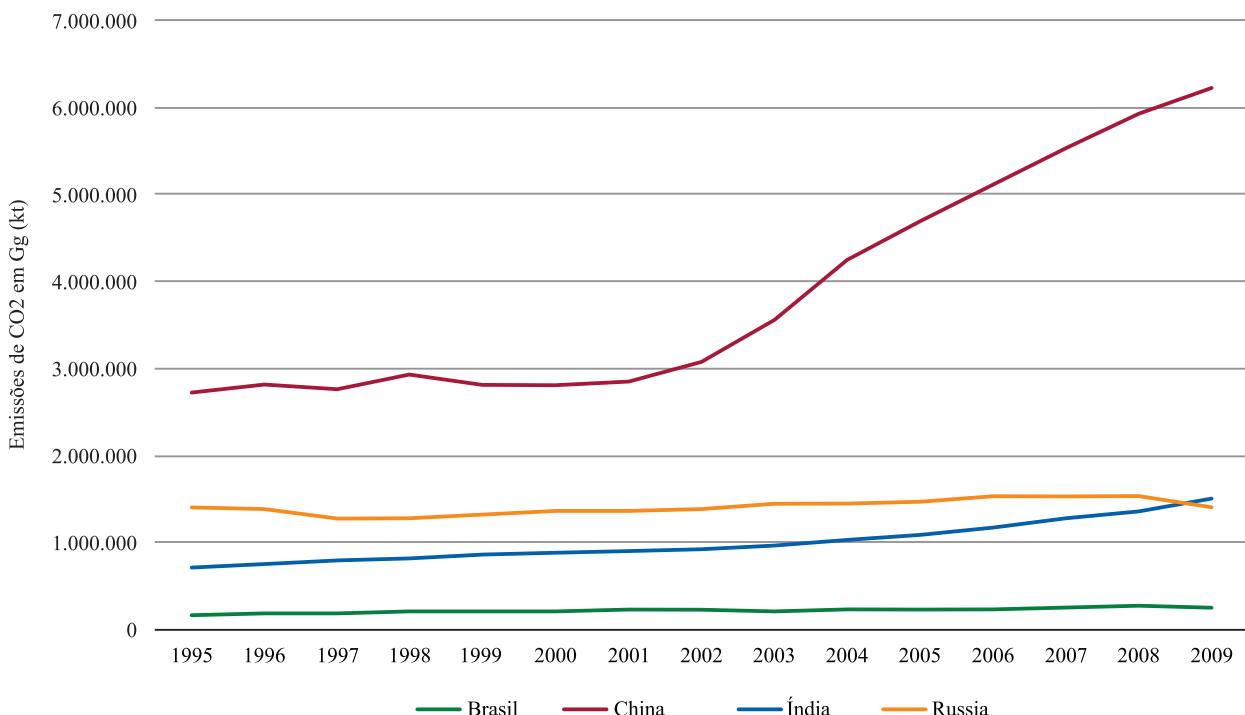
A China apresenta novos padrões de hábitos de consumo da classe consumidora, resultando ultimamente na importação de energia. O governo chinês

investiu na eficiência energética, mas os resultados práticos serão observados somente no longo prazo, pois a matriz energética chinesa ainda depende de 69,39% de carvão mineral, segundo dados de 2009 (GOMEZ, CHAMON; LIMA 2012).

A Rússia manteve uma matriz energética baseada nos combustíveis fósseis, já que possui a maior reserva de gás natural do mundo e a segunda maior reserva de carvão; no entanto, a forte demanda interna deste país vem pressionando sua matriz energética. Segundo Gomez, Chamon e Lima (2012), a Índia é o 4º maior consumidor de energia do mundo, com forte crescimento da demanda interna de energia e grandes desigualdades sociais, fatores que contribuem para a projeção de um cenário no qual o uso de combustíveis fósseis seja crescente.

O Gráfico 1 permite observar o comportamento das emissões de CO₂ do Brasil, China, Índia e Rússia, em milhões de gigagrama, no período de 1995 a 2009. É possível inferir que enquanto a China apresenta uma significativa tendência de crescimento nas emissões atmosféricas, os outros três países mantêm suas emissões praticamente constantes durante o período analisado.

Gráfico 1 – Emissões de CO₂ dos países do BRIC, 1995-2009 (Gg milhões)



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do WIOD (2014).

Nesse sentido, a intensificação da concentração dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, sobretudo o dióxido de carbono (CO₂), em função das atividades econômicas, tem interferido no sis-

tema climático, de modo que poderá desencadear, nos próximos anos, em um aumento da temperatura média do planeta, provocando, assim, o processo de aquecimento global. De acordo com Pereira e May

(2010), algumas pesquisas realizadas com modelos de simulação atmosférica estimam que nos próximos cem anos o aumento da temperatura média do planeta poderá ser de 1,5°C, no cenário mais otimista, podendo atingir, no mais pessimista a 5,8°C.

Estudos científicos e profissionais publicados sobre gases precursores com potencial de aquecimento global – PAG (Global Warming Potential – GWP), da Agência Norte-Americana de Proteção Ambiental (EPA – Environmental Protection Agency), da Agência Europeia do Ambiente (EEA), do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) buscam mitigar os efeitos dos GEE e ao mesmo tempo garantir o desenvolvimento sustentável (EPA, 2014). Conforme Tabela 1, a elevação de suas emissões na atmosfera é tida como a grande responsável pela intensificação do efeito estufa, sendo esta elevação atribuída principalmente à queima de combustíveis fósseis (carvão mineral, gás natural e petróleo) para a geração de energia.

Tabela 1 – Participação dos gases de efeito estufa nas emissões mundiais (WIOD, 2009)

Gases de Efeito Estufa	Emissões (Gg)	%
Dióxido de carbono - CO ₂	24.870.226,63	95,94
Metano - CH ₄	286.154,83	1,10
Óxido nitroso - N ₂ O	11.098,89	0,04
Oxidação - NOX	100.675,22	0,39
SOX	111.741,68	0,43
Monóxido de carbono - CO	398.584,53	1,54
Amônia - NH ₃	31.026,39	0,44
<i>Non-methane volatile organic compounds - NMVOC</i>	113.580,90	0,12
TOTAL	25.923.089,07	100,00

Fonte: WIOD (2009).

Os autores Hardin (1968), Ehrlich (1966), Georgescu-Roegen (1971), Meadows, Meadows e Randers (1992), Sekiguchi e Pires (2009), Stahel (2009) corroboram que os impactos decorrentes do aquecimento global poderão trazer consequências irreversíveis, comprometendo a sobrevivência da vida no planeta. Ainda de acordo com esse cenário Pereira e May (2010) e Thomas e Callan (2010) informam que dentre as possíveis consequências, destacam-se: 1) elevação do nível dos oceanos; 2) derretimento de geleiras, glaciares e calotas polares; 3) mudanças nos regimes de chuvas e ventos, com intensificação de fenômenos extremos, tais como furacões, tufões, ciclones, tempestades tropicais e inundações; 4) intensificação do processo de desertificação e de acesso à água potável; 5) perda de biodiversidade e de áreas

agrícolas; 6) aumento da incidência de algumas doenças transmissíveis por alguns vetores; e 7) aumento do risco de incêndios, dentre outras.

Por esse motivo, a redução das emissões dos gases de efeito estufa (GEE) vem recebendo consenso mundial como parte do processo de atenuar o aquecimento global, em especial o CO₂, o qual tem apresentado taxas crescentes quanto às emissões, principalmente nos países em desenvolvimento. As externalidades negativas do aumento da temperatura média do planeta implicarão em efeitos diversos na produtividade dos ecossistemas. Populações estariam mais vulneráveis a doenças e desnutrição. Por outro lado, as dificuldades crescem com a explosão populacional de alguns países, dado que a população humana cresce a uma taxa de quase 2% ao ano, consumindo mais recursos naturais e com maior velocidade do que a regeneração feita pela biosfera através dos serviços do ecossistema (RICKLEFS, 2012).

Conforme o Quadro 1, o Protocolo de Quioto, realizado em 1997, reforça os objetivos individuais e juridicamente vinculantes para limitar ou reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Greenhouse Gas Protocol – GHG), dos países que aderiram ao Protocolo de Quioto.

Quadro 1 – Encontros da Conferência das Partes (COP), UNFCCC e IPCC (1995-2017)

SIGLA	ANO	CIDADE	PAÍS
COP-1	1995	Berlim	Alemanha
COP-2	1996	Genebra	Suíça
COP-3	1997	Quioto	Japão – Protocolo de Quioto
COP-4	1998	Buenos Aires	Argentina
COP-5	1999	Bonn	Alemanha
COP-6	2000	Haia	Holanda
COP-7	2001	Marrakesh	Marrocos
COP-8	2002	Nova Deli	Índia
COP-9	2003	Milão	Itália Sumid. de carbono
COP-10	2004	Buenos Aires	Argentina
COP-11	2005	Montreal	Canadá - 60% a 80% até 2050
COP-12	2006	Nairóbi	Quênia
COP-13	2007	Bali	Indonésia
COP-14	2008	Poznan	Polônia
COP-15	2009	Copenhague	Dinamarca - REDD PLUS
COP-16	2010	Cancun	México
COP-17	2011	Durban	África do Sul
COP-18	2012	Doha	Qatar
COP-19	2013	Varsóvia	Polônia
COP-20	2014	Lima	Peru
COP-21	2015	Paris	França
COP-22	2016	Marrakesh	Marrocos
COP-23	2017	Bonn	Alemanha

Fonte: UNFCCC (2014) e IPCC (2017).

As questões ambientais são tratadas na literatura por meio da utilização de diversos métodos. Porém, a utilização de modelos de insumo-produto, notadamente em problemas que abordam a poluição e o uso de recursos naturais, é uma das aplicações que vem crescendo em número e importância nos últimos anos.

De acordo com Guilhoto et al. (2010), isso se deve, necessariamente, ao aumento da conscientização sobre a relevância das questões ambientais e, em especial, pelo fato do instrumental de insumo-produto ser o método mais indicado para avaliar os impactos da poluição e o uso de recursos naturais, em razão da interdependência que há entre os setores econômicos. Logo, torna-se praticamente impossível identificar os verdadeiros poluidores considerando-se apenas um único setor.

Conforme acrescenta Miranda (1980), a adoção deste tipo de metodologia vem certamente preencher uma lacuna existente entre os profissionais envolvidos com o planejamento ambiental. A utilização permite descrever as relações econômicas e ambientais de uma região, capacitando os formuladores de política pública no sentido de solucionar os problemas dos danos ambientais causados por diversas atividades econômicas.

Vários trabalhos levam em conta essa preocupação, destacando-se os estudos pioneiros desenvolvidos por Cumberland (1966), Daly (1969), Leontief (1970), Leontief e Ford (1972) e Isard et al. (1972), os quais constroem modelos a partir da análise insumo-produto, incluindo interações econômicas e ambientais.

Um dos primeiros trabalhos a incorporar as variáveis ambientais no modelo de insumo-produto foi o desenvolvido por Cumberland (1966). Neste, o autor utiliza a matriz insumo-produto para identificar as externalidades positivas e negativas das atividades econômicas sobre o meio ambiente. No entanto, o mesmo não indicou como tais externalidades deveriam ser avaliadas, tendo em vista que há uma grande dificuldade em identificá-las, devido à interdependência que há entre as atividades produtivas.

Daly (1969), por sua vez, formulou um modelo mais avançado, retratando as inter-relações puramente econômicas (que envolvem apenas fluxos entre variáveis econômicas), as inter-relações puramente ambientais (que envolvem apenas fluxos entre variáveis ambientais) e as relações entre va-

riáveis econômicas e ambientais, demonstrando, dessa forma, as interdependências que existem entre o mundo “humano” e o “biológico”.

Leontief (1970) apresenta um modelo que analisa a inter-relação entre as repercussões ambientais e a estrutura econômica. Neste trabalho, o autor evidencia o quanto as mudanças na demanda final por bens e serviços impactam no nível de determinado poluente, de modo que torna possível explicar, ou mesmo antecipar, os efeitos das mudanças tecnológicas sobre a emissão de poluentes.

Leontief e Ford (1972) investigaram os efeitos estruturais sobre a poluição do ar, tornando possível projetar cenários futuros de emissão. Para tanto, apresentaram pela primeira vez a Análise de Decomposição Estrutural (Structural Decomposition Analysis – DAS), método de estática comparativa utilizado para avaliar mudanças estruturais de uma economia com base em dados de insumo-produto.

Por fim, Isard et al. (1972) utilizam a análise de insumo-produto na Baía de Plymouth, nos Estados Unidos, com o objetivo de relacionar as atividades econômicas e ecológicas da região, a fim de escolher o local mais adequado para a instalação de um complexo turístico, cujos custos fossem minimizados. Dentre as contribuições deste trabalho, cabe destacar a determinação dos coeficientes econômicos, derivados da própria estrutura de insumo-produto e dos coeficientes referentes ao meio ambiente, derivados de forma exógena, diretamente a partir dos dados técnicos.

Entre os trabalhos internacionais recentes, publicados a partir da década de 1990, destacam-se os desenvolvidos por Hetherington (1996), Casler e Blair (1997) e Labandeira e Labeage (2002). Os autores utilizam a análise insumo-produto para relacionar as estruturas produtivas de certos países com a emissão de poluentes, em especial o dióxido de carbono (CO₂).

Hetherington (1996) apresentou as intensidades de CO₂ em 101 grupos industriais do Reino Unido, para o ano de 1984, por meio de um modelo de insumo-produto em unidades híbridas. Para tanto, foram consideradas as emissões causadas por combustíveis fósseis, tais como carvão coque, combustível de aviação, óleo para motores, gasolina, óleo diesel, gás liquefeito de petróleo (GLP), gás natural, óleo combustível e óleo para aquecimento. Os resultados encontrados permitem

inferir que as atividades que apresentaram maior intensidade de CO₂ foram os setores de Eletricidade, Cimento, Ferro e Aço, Fibras Sintéticas e Extração de Carvão. Em relação às emissões totais (emissões domésticas mais as causadas pelas importações), os setores de Construção, Distribuição, Motores de Veículos e Peças, Hotéis e Suprimentos, Processamento de Óleo Mineral e Transporte Aéreo revelaram-se as atividades mais poluentes. Além disso, outro resultado interessante mostrou, que nas indústrias primárias, como a Extração de Óleo, a maioria das emissões é direta e, nas indústrias de manufaturas, as emissões são predominantemente indiretas.

Casler e Blair (1997) aplicaram o modelo híbrido para avaliar as emissões de poluentes geradas pela queima de combustíveis fósseis nos Estados Unidos em 1985. Nesse estudo foram considerados sete poluentes (particulados, óxido sulfúrico, óxido de nitrogênio, compostos orgânicos voláteis, monóxido de carbono, chumbo e dióxido de carbono) emitidos a partir da queima de carvão, óleo cru e gás natural e produtos de refino de petróleo. Os resultados identificaram que os setores mais poluentes são Mineração, Produtos de Madeira, Produtos de Papel, Manufatura Primária de Ferro e Aço, Metais Primários Não Ferrosos e os setores de Transporte. E, em relação à emissão de CO₂, os setores que se destacaram foram: Mineração, Transporte Aéreo, Produtos Químicos e Manufatura Primária de Ferro e Aço.

Já Labandeira e Labeage (2002), utilizando o modelo insumo-produto híbrido, calcularam a intensidade das emissões de CO₂ na Espanha, no ano de 1992, observando também as possíveis consequências da implantação de uma taxa de imposto. Para tanto, foram considerados 57 setores produtivos e cinco tipos de combustíveis fósseis (carvão, lignito, combustíveis líquidos, gás natural e gás manufaturado). Os resultados indicaram que os setores mais intensivos na emissão de CO₂ naquele país foram: Extração de Carvão, Eletricidade, Gás Natural, Refino de Petróleo, Gás Manufaturado, Cimento, Transporte Marítimo, Cerâmicas e Tijolos.

Entre os trabalhos nacionais recentes, publicados a partir dos anos 2000, destacam-se os desenvolvidos por Machado (2002), Hilgemberg (2005) e Moraes, Costa e Lopes (2006), que, a partir da

análise insumo-produto, relacionam as estruturas produtivas do Brasil com as emissões de CO₂.

Machado (2002), com o objetivo de avaliar os impactos do comércio exterior sobre o uso de energia e as emissões de CO₂ na economia brasileira, utilizou um modelo de insumo-produto em unidades híbridas, referente aos anos de 1985, 1990 e 1995. Dos resultados obtidos, destaca-se o fato de que o Brasil é um exportador líquido de energia e carbono embutidos nos produtos não energéticos transacionados internacionalmente, e também que cada dólar auferido com as exportações incorpora consideravelmente mais energia e carbono do que cada dólar dispensado com as importações. Cabe ainda destacar que os setores mais intensivos em CO₂ encontrados foram Ferro e Aço, Transporte, Minerais Não Metálicos, Papel e Celulose e Outras Metalurgias.

Hilgemberg (2005) quantificou as emissões de CO₂ para a economia brasileira, no ano de 1999, decorrentes do uso energético de gás natural, álcool e derivados de petróleo em nível nacional e regional, utilizando o modelo de insumo-produto híbrido. Por meio do cálculo das elasticidades das emissões, foram identificados os setores-chave nas emissões originadas de cada um dos energéticos considerados. Os resultados constataram que, no caso do Brasil, as emissões de CO₂ aumentam cerca de 200 toneladas para cada R\$ 1 milhão adicional na demanda final. Constatou-se, ainda, que os setores que mais contribuíram para o aumento da poluição foram: Transporte Rodoviário, Outros Transportes, Produção de Energia não Hidráulica, Petróleo e outros, Alcool e Refino de Petróleo.

Já Moraes, Costa e Lopes (2006), por meio de utilização de decomposição estrutural, aprofundam o estudo a respeito das emissões brasileiras de CO₂, para os anos de 1990 e 2003. Os resultados apontaram que os setores de Transportes, Agropecuária, Mineral não Metálico, Siderurgia, Elementos Químicos, Refino do Petróleo e Extrativa Mineral foram os que mais contribuíram para o aumento de emissões de poluentes durante o período analisado. Além disso, outro resultado importante indicou que as emissões de CO₂ em 2003 foram significativamente maiores quando comparadas com as emissões de 1990, devido, sobretudo, à diversificação e expansão pela qual a economia brasileira passou nos últimos anos.

Conforme Pedroso et al. (2016) são remotas as possibilidades de cumprimento das expectativas das metas de mitigação definidas pelo protocolo de Quioto, quanto à redução de emissões dos GEE pelo mundo; os autores verificaram assimetrias, caracterizadas pelo distanciamento entre as nações e uma hierarquia, resultando em incremento nas diferenças entre os países, que estão à frente e os que estão atrás, no processo de cumprimento das normas discutidas primeiramente em 1997 e, por último, em 2005.

3 METODOLOGIA

Os dados utilizados neste artigo foram coletados no World Input-Output Database – WIOD (Banco de Dados Mundial de Insumo-Produto), na página eletrônica na internet. Como afirma Timmer et al. (2012), essa base de dados foi desenvolvida a fim de analisar os efeitos da globalização sobre os padrões de comércio, pressões ambientais e desenvolvimento socioeconômico por meio de um vasto conjunto de países. Desta forma, tal fonte de dados permite levar em consideração questões relacionadas com aspectos socioeconômicos (emprego ou criação de valor adicionado), bem como aspectos ambientais (uso de energia, emissões de gases de efeito estufa ou uso de água).

A metodologia do modelo insumo-produto empregada permite mensurar o transbordamento, e apresenta o procedimento de preparação, no intuito de gerar informações que facilitem a interpretação dos resultados WIOD. Foram utilizadas as tabelas de insumo-produto de 40 países¹ (27 países da União Europeia e outros 13 países selecionados) mais o restante do mundo, no ano de 2009. Cabe salientar que tais tabelas apresentam 35 setores produtivos, conforme o Quadro 2. No entanto, o presente estudo irá analisar apenas 34 setores, uma vez que se optou em remover o setor de Residências Particulares com Empregados (35) dos cálculos, tendo em vista que, em quase todos os países não há dados divulgados para esta atividade econômica.

Quadro 2 – Setores produtivos para a matriz insumo-produto (WIOD, 2014)

Setores da economia	
1	Agropecuária
2	Extrativismo mineral
3	Alimentos, bebidas e fumo
4	Têxteis
5	Vestuário
6	Madeira e produtos da madeira
7	Papel, celulose e gráfica
8	Refino de petróleo e combustível nuclear
9	Indústria química
10	Borracha e plástico
11	Outros minerais não metálicos
12	Metalurgia
13	Máquinas e equipamentos
14	Eletrônicos e equipamentos ópticos
15	Equipamentos de transporte
16	Manufatura e reciclagem
17	Eletricidade, gás e água
18	Construção
19	Venda e manutenção de veículos automotores
20	Atacado
21	Varejo
22	Hotéis e restaurantes
23	Transporte terrestre
24	Transporte aquático
25	Transporte aéreo
26	Outras atividades de suporte ao Transporte
27	Comunicações
28	Intermediação financeira
29	Aluguéis
30	Serviços prestados às empresas
31	Administração pública
32	Educação
33	Saúde
34	Outros serviços
35	Residências particulares com empregados

Fonte: WIOD (2014).

Quanto à abrangência, cabe destacar que serão analisados exclusivamente os países membros do BRIC, considerando que se trata de um conjunto de países em ascensão que, embora tenham diferenças, apresentaram avanços importantes no grau de desenvolvimento e nas possibilidades de articulação na economia mundial (VIEIRA, 2009). Portanto, no que se refere aos resultados e discussões, este artigo se concentrará nos países do BRIC, a saber: Brasil, Rússia, Índia e China.

Por fim, como as emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera são os principais responsáveis pela intensificação do efeito estufa, a identificação dos setores produtivos mais poluentes ocorrerá por meio do levantamento das emissões deste gás, o qual, conforme a base de dados está

1 Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Brasil, Bulgária, Canadá, China, Chipre, Coreia do Sul, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Índia, Indonésia, Irlanda, Itália, Japão, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, México, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Romênia, Rússia, Suécia, Taiwan e Turquia.

divulgada em gigagrama (Gg), sendo que, segundo o Sistema Internacional de Unidades (SI), cada gigagrama (Gg) equivalem a mil toneladas de CO₂.

2.2.1 A matriz de insumo-produto

Para a realização deste estudo foi utilizada a matriz de insumo-produto mundial, disponibilizada pelo World Input-Output Database (WIOD) a qual, conforme descrito anteriormente, apresenta 40 países e o restante do mundo, com o sistema econômico dividido em 35 setores para cada região. Cabe destacar, ainda, que esta matriz possui também dados referentes à demanda final e ao valor adicionado.

2.2.2 Análises de Impacto

A partir do modelo básico de Leontief definido anteriormente (MILLER; BLAIR, 2009, p. 562),

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (1)$$

Pode-se mensurar o impacto que as mudanças ocorridas na demanda final (Y) ou em cada um de seus componentes (consumo das famílias, gastos do governo, investimentos e exportações), teriam sobre a produção total, emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, entre outros. Assim ter-se-ia que:

$$\Delta X = (I - A)^{-1} \Delta Y \quad (2)$$

$$\Delta V = \hat{v}\Delta X \quad (3)$$

Em que ΔY e ΔX são vetores (nx1) que mostram, respectivamente, a estratégia setorial e os impactos sobre o volume da produção, enquanto que ΔV é um vetor (nx1) que representa o impacto sobre qualquer uma das variáveis tratadas acima, isto é, emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, entre outros. Tem-se também que \hat{v} é uma matriz diagonal (nxn) em que os elementos da diagonal são, respectivamente, os coeficientes de emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, entre outros, que são obtidos dividindo-se, para cada setor, o valor utilizado destas variáveis na produção total pela produção total do setor correspondente, isto é:

$$v_i = \frac{V_i}{X_i} \quad (4)$$

Para se obter o impacto sobre o volume total da produção e de cada uma das variáveis que estão sendo analisadas, somam-se todos os elementos dos vetores ΔX e ΔV .

2.2.3 Geradores

A partir dos coeficientes diretos e da matriz inversa de Leontief é possível estimar, para cada setor da economia, o quanto é gerado, direta e indiretamente, em termos de emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado ou outra variável de interesse para cada unidade monetária produzida para a demanda final (MILLER; BLAIR, 2009), ou seja:

$$GV_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} v_i \quad (5)$$

em que: GV_j é o impacto total, direto e indireto, sobre a variável em questão; b_{ij} é o ij-ésimo elemento da matriz inversa de Leontief e v_i é o coeficiente direto da variável em questão.

2.2.4 Multiplicadores

Segundo Miller e Blair (2009), a divisão dos geradores pelo respectivo coeficiente direto gera os multiplicadores, que indicam quanto é gerado, direta e indiretamente, em termos de emprego, importações, impostos ou qualquer outra variável para cada unidade diretamente gerada desses itens. Por exemplo, o multiplicador de emprego indica a quantidade de empregos criados, direta e indiretamente, para cada emprego direto criado. O multiplicador do i-ésimo setor seria dado então por:

$$MV_i = \frac{GV_i}{v_i} \quad (6)$$

onde MV_i representaria o multiplicador da variável em questão e as outras variáveis são definidas conforme feito anteriormente.

Por sua vez, o multiplicador de produção que indica o quanto se produz para cada unidade monetária gasta no consumo final é definido como:

$$MP_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad (7)$$

Onde MP_j é o multiplicador de produção do j-ésimo setor e as outras variáveis são definidas segundo o expresso anteriormente.

Quando o efeito de multiplicação se restringe somente à demanda de insumos intermediários, estes são chamados de multiplicadores do tipo I. Porém, quando a demanda das famílias é endogenizada no sistema, levando-se em consideração o efeito induzido, estes multiplicadores recebem a denominação de multiplicadores do tipo II. Assim, para fins desta pesquisa, os multiplicadores estão restritos ao tipo I.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O nome BRIC – grupo de países em desenvolvimento constituído por Brasil, Rússia, Índia e China – foi cunhado pelo economista Jim O’Neill, do banco de investimentos Goldman Sachs, em seu artigo *Building Better Global Economic BRICs*, publicado em 2001.² É importante ressaltar que a origem do nome reproduz a ideia de novos fundamentos da futura economia mundial, pois o acrônimo trata-se de um trocadilho com a palavra inglesa *brick*, que significa tijolo (O’NEILL, 2001).

Cabe destacar que todo esse reconhecimento não é mera casualidade, pois, segundo Baumann, Araújo e Ferreira (2010), em conjunto, os países do BRIC representam mais de 25% da área terrestre do planeta e mais de 40% da população mundial, sendo que essa concentração gera implicações sobre o aparato produtivo, tanto pela disponibilidade de mão de obra, quanto da dimensão da demanda. Os países do BRIC apresentam uma participação de aproximadamente 15% na economia mundial e de 22% dos fluxos do comércio mundial (exportações e importações).

Os setores que apresentaram os maiores geradores de CO₂ dos países do BRIC, em 2009, foram: Transporte Aquático no Brasil e Eletricidade, Gás e Água nos outros três países, sendo esses, portanto, os setores que mais contribuíram para o aumento total das emissões de CO₂ no período analisado.

Um estudo complementar ao gerador de CO₂ é o efeito transbordamento da emissão de CO₂, o qual mede o aumento das emissões de CO₂ do setor sobre as atividades econômicas que estão fora de sua região de origem. Nesse sentido, este indicador mostra o quanto das emissões de CO₂ fica

dentro do país e quanto é transbordado para fora dele. Assim é possível observar alguns resultados importantes quanto ao transbordamento de CO₂ de cada um dos setores dos países selecionados, os quais serão analisados a seguir.

No caso do Brasil, os setores que se destacam são: Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14), Borracha e plástico (10), Equipamentos de Transporte (15), Têxteis (4) e Saúde (33), indicando que grande parte das emissões de CO₂, provenientes do aumento da produção desses setores, é transbordada para fora do país, impactando, portanto, a economia do restante dos países do mundo. Assim, por exemplo, no setor de Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14) observa-se que aproximadamente 48% das emissões de CO₂ foram geradas fora do Brasil, isto é, no resto do mundo, o que significa que quando a produção deste setor aumenta, cerca da metade das emissões de CO₂ geradas são de setores instalados fora desse país.

Na China, os setores que se destacam são: Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14), Refino de Petróleo e Combustível Nuclear (8), Vestuário (5), Borracha e plástico (10) e Serviços Prestados às Empresas (30), indicando que grande parte das emissões de CO₂, provenientes do aumento da produção desses setores, é transbordada para fora do país, impactando, portanto, a economia do restante dos países do mundo. No setor de Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14) observa-se que aproximadamente 13% das emissões de CO₂ foram geradas fora da China, isto é, no resto do mundo, o que significa que, quando a produção deste setor aumenta, uma parcela significativa das emissões de CO₂ geradas são provenientes de setores instalados fora do país.

Na Rússia, os setores que se destacam são: Têxteis (4), Equipamentos de Transporte (15), Vestuário (5), Borracha e Plástico (10) e Alimentos, Bebidas e Fumo (3), indicando que grande parte das emissões de CO₂, provenientes do aumento da produção desses setores, é transbordada para fora do país, impactando, portanto, a economia do restante dos países do mundo. No setor de têxteis (4) observa-se que aproximadamente 15% das emissões de CO₂ foram geradas fora da Rússia, isto é, no resto do mundo, o que significa que, quando a produção deste setor aumenta, uma significativa parte das emissões de CO₂ geradas são de setores instalados fora desse país.

2 Em 2011, por ocasião da III Cúpula, a África do Sul passou a fazer parte do agrupamento, que adotou a sigla BRICS. Porém, como os dados disponibilizados são de 2009, este país não será analisado neste artigo.

Tabela 2 – Gerador de Dióxido de Carbono (CO₂) dos países do BRIC - 2009

		Brasil	China	Índia	Rússia
1	Agropecuária	0,32	0,56	0,52	0,87
2	Extrativismo mineral	0,43	1,83	3,27	1,57
3	Alimentos, bebidas e fumo	0,23	0,72	1,32	0,78
4	Têxteis	0,21	1,00	1,36	0,94
5	Vestuário	0,19	0,74	0,77	0,98
6	Madeira e produtos da madeira	0,18	1,05	1,89	1,19
7	Papel, celulose e gráfica	0,26	1,38	1,91	1,11
8	Refino de petróleo e combust. nuclear	0,52	1,73	1,75	1,95
9	Indústria química	0,41	1,98	1,87	3,39
10	Borracha e plástico	0,28	1,50	1,61	1,61
11	Outros minerais não metálicos	1,14	3,65	4,71	4,59
12	Metalurgia	0,59	2,25	3,02	3,69
13	Máquinas e equipamentos	0,28	1,40	1,44	1,61
14	Eletrônicos e equipamentos ópticos	0,29	1,16	1,27	1,53
15	Equipamentos de transporte	0,25	1,17	1,54	1,21
16	Manufatura e reciclagem	0,22	0,94	0,92	1,45
17	Eletricidade, gás e água	0,35	10,58	16,53	7,79
18	Construção	0,28	1,66	1,49	1,34
19	Venda e manut. de veíc. automotores ¹	0,09	-	0,16	0,55
20	Atacado	0,08	0,47	0,14	0,66
21	Varejo	0,11	0,51	0,16	0,51
22	Hotéis e restaurantes	0,14	0,74	1,12	1,13
23	Transporte terrestre	0,55	1,07	1,17	2,02
24	Transporte aquático	1,71	1,68	2,51	2,52
25	Transporte aéreo	0,60	2,80	1,53	3,48
26	Outras ativid. de suporte ao Transp.	0,21	0,92	1,59	1,22
27	Comunicações	0,17	0,55	0,85	0,59
28	Intermediação financeira	0,05	0,29	0,27	0,45
29	Aluguéis	0,02	0,19	0,11	0,92
30	Serviços prestados às empresas	0,12	0,77	0,36	0,51
31	Administração pública	0,10	0,64	0,01	0,80
32	Educação	0,09	0,73	0,14	0,62
33	Saúde	0,14	1,16	0,50	0,71
34	Outros serviços	0,16	0,81	0,29	1,81

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados World Input-Output Database (WIOD, 2014)

No caso da Índia, os setores que se destacam são: Manufatura e Reciclagem (16), Outros Serviços (34), Saúde (33), Educação (32) e Transporte Aéreo (25), indicando que grande parte das emissões de CO₂, provenientes do aumento da produção desses setores, é transbordada para fora do país, impactando a economia do restante dos países do mundo. Por exemplo, no setor de Manufatura e Reciclagem (16) observa-se que mais de 60% das emissões de CO₂ foram geradas fora da Índia; isto é, no resto do mundo, o que significa que, quando a produção deste setor aumenta, mais da metade das emissões de CO₂ geradas são de setores instalados fora desse país.

A Tabela 3 apresenta os resultados do transbordamento da emissão de CO₂ para cada setor dos países do BRIC, para o ano de 2009, em valores percentuais. É possível observar que o Brasil, entre os países analisados, é o que possui o maior transbordamento em relação às emis-

sões, confirmando assim que as cadeias produtivas brasileiras são “limpas”, em comparação aos demais países do BRIC. Porém, cabe destacar que este é um importante indicativo da dependência brasileira de insumos importados, devida, sobretudo, à sua insuficiente infraestrutura interna. Desse modo, o Brasil, em razão da sua dependência de insumos importados, acaba se tornando o menor poluidor dos países do BRIC, pois ao demandá-los, gera produção e, conseqüentemente, poluição em outros países.

Além disso, cabe destacar, ainda, que a maior parte das emissões de CO₂ da China, Índia e Rússia ficam em seus próprios territórios, demonstrando uma menor dependência de insumos importados desses países em relação ao Brasil. Tais resultados confirmam que, embora tenham um grande potencial de crescimento, China, Índia e Rússia possuem também uma ampla capacidade em gerar CO₂, sendo que, ao relacionar

estes resultados com as respectivas matrizes energéticas, ficam evidentes os motivos de esses países serem, entre os países do BRIC, os

maiores poluidores, pois suas fontes energéticas dependem notadamente de combustíveis fósseis, razão pela qual são consideradas “sujas”.

Tabela 3 – Transbordamento da emissão de CO2 dos países do BRIC - 2009

		Brasil	China	Índia	Rússia
1	Agropecuária	18,47%	6,77%	4,92%	4,43%
2	Extrativismo mineral	12,43%	3,89%	1,45%	1,38%
3	Alimentos, bebidas e fumo	21,89%	7,11%	5,60%	5,37%
4	Têxteis	36,21%	7,93%	10,95%	14,95%
5	Vestuário	33,10%	10,14%	11,93%	7,52%
6	Madeira e produtos da madeira	23,42%	7,79%	4,02%	3,48%
7	Papel, celulose e gráfica	23,49%	7,10%	6,65%	4,14%
8	Refino de petróleo e combust. nuclear	21,14%	11,40%	10,94%	1,26%
9	Indústria química	27,91%	7,03%	10,23%	2,06%
10	Borracha e plástico	44,78%	9,83%	12,40%	6,74%
11	Outros minerais não metálicos	6,18%	2,49%	2,98%	1,04%
12	Metalurgia	15,53%	6,33%	5,71%	1,36%
13	Máquinas e equipamentos	32,81%	8,27%	11,75%	3,89%
14	Eletrônicos e equipamentos ópticos	47,85%	13,18%	13,48%	5,09%
15	Equipamentos de transporte	41,06%	9,28%	11,14%	8,93%
16	Manufatura e reciclagem	31,25%	8,27%	61,29%	4,64%
17	Eletricidade, gás e água	12,57%	0,76%	0,78%	0,41%
18	Construção	20,94%	6,06%	10,15%	4,18%
19	Venda e manut. de veíc. automotores	19,12%	-	10,55%	3,45%
20	Atacado	22,49%	7,12%	12,79%	3,58%
21	Varejo	16,06%	6,47%	11,05%	3,48%
22	Hotéis e restaurantes	20,40%	5,59%	6,33%	2,68%
23	Transporte terrestre	6,43%	5,43%	11,73%	1,56%
24	Transporte aquático	2,06%	4,92%	3,88%	1,57%
25	Transporte aéreo	5,85%	4,59%	15,67%	1,45%
26	Outras ativid. de suporte ao Transp.	16,45%	7,28%	3,86%	2,70%
27	Comunicações	24,25%	8,69%	9,47%	2,55%
28	Intermediação financeira	20,43%	7,58%	11,04%	3,33%
29	Aluguéis	21,90%	8,33%	10,07%	1,76%
30	Serviços prestados às empresas	23,75%	9,50%	14,40%	3,71%
31	Administração pública	17,15%	6,95%	0,00%	3,31%
32	Educação	18,70%	6,27%	17,87%	2,31%
33	Saúde	33,28%	9,26%	21,38%	3,88%
34	Outros serviços	17,89%	7,61%	32,88%	1,41%

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados World Input-Output Database (WIOD, 2014)

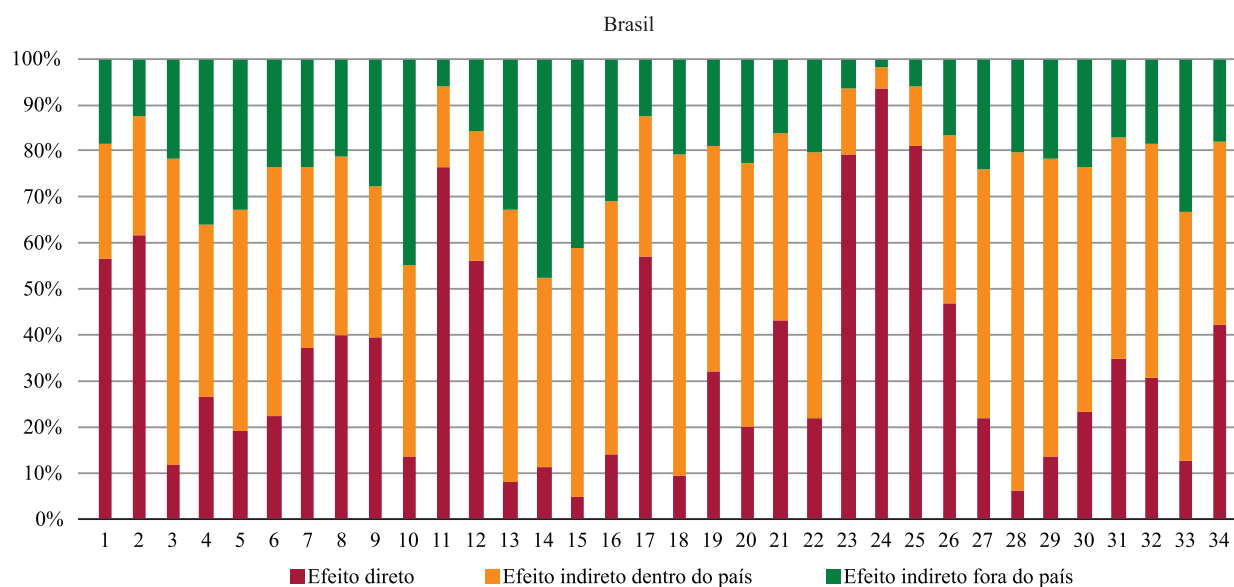
É importante avaliar os efeitos totais e identificar os efeitos diretos e indiretos sobre as emissões causadas por uma variação de US\$ 1 milhão na demanda final, tornando possível, assim, atribuir as emissões aos seus verdadeiros responsáveis. Nesse sentido, o efeito total das emissões de CO₂ de cada setor poderá ser atribuído ao próprio setor (efeito direto) ou à sua cadeia produtiva (efeito indireto), de dentro ou fora do país.

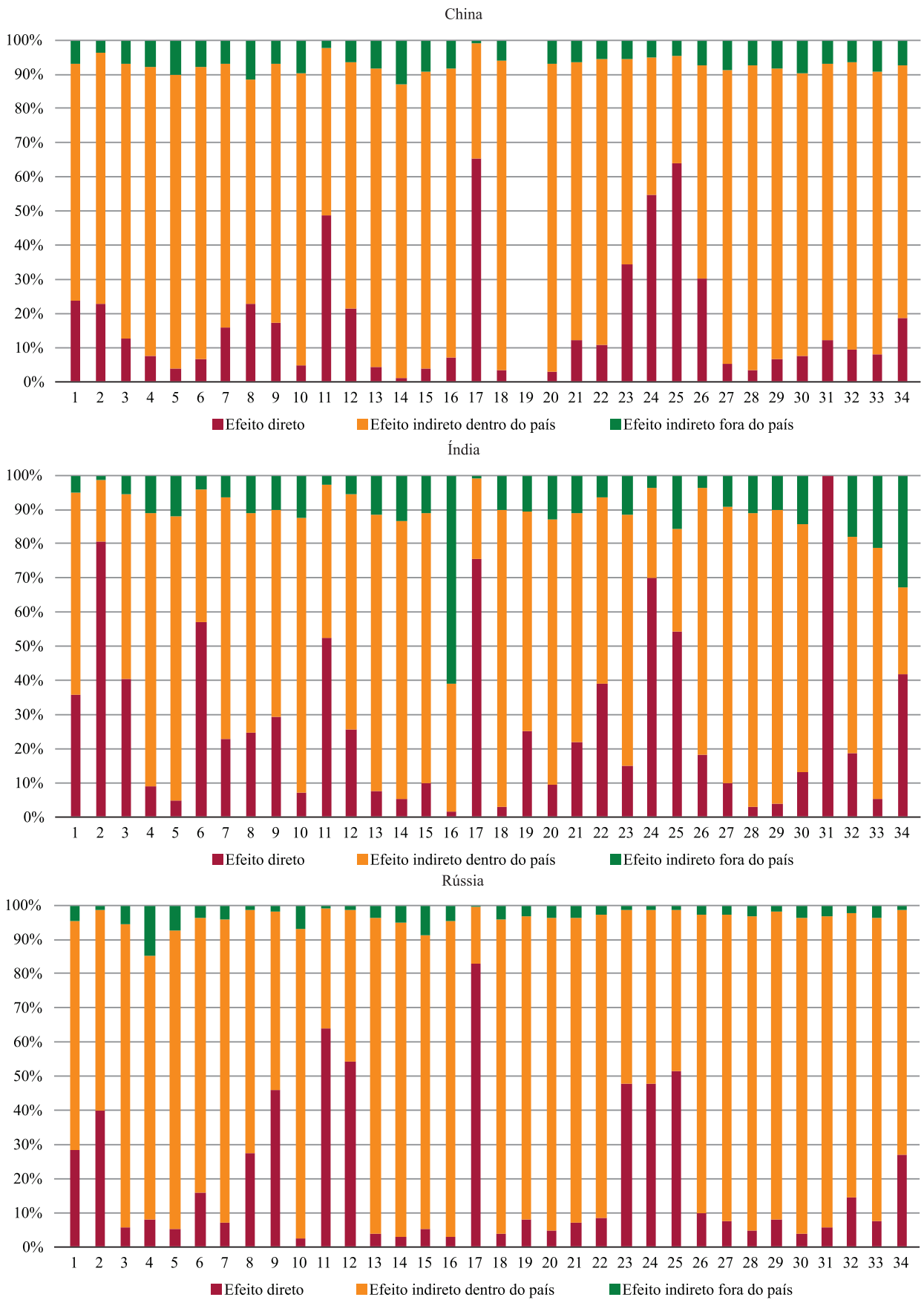
Porém, nota-se que grande parte das emissões de CO₂ da maioria dos setores do Brasil ocorre por efeito indireto, com destaque para o transbordamento que ocorre para fora do país, sendo este um fenômeno único entre os países do BRIC. Neste contexto, destacam-se os setores de Máquinas e Equipamentos (13), eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14) e Equipamentos de Transporte (15), como os setores que mais poluem, proporcionalmente, por efeito indireto, sendo 59,21%, 41,25% e 54,21% dentro do país e 32,81%, 47,85% e 41,06% fora do país, respectivamente.

Verifica-se na China que grande parte das emissões de CO₂ também ocorre por efeito indireto. Porém, diferente do Brasil, há pouquíssimo transbordamento para fora do país, pois a maior parte de suas emissões ocorre indiretamente dentro do país. As exceções são os setores de Eletricidade, Gás e Água (17), Transporte Aquático (24) e Transporte Aéreo (25), que se destacam principalmente por terem a maior parte das suas emissões gerada neles mesmos, isto é, 65,26%, 54,77% e 64,04%, respectivamente.

A Figura 1 decompõe, proporcionalmente, as emissões de CO₂ dos países do BRIC no ano de 2009, apontando seus efeitos diretos e indiretos, de dentro e fora do país. Nota-se que no caso do Brasil, os setores de transporte desse país, Transporte Terrestre (23), Transporte Aquático (24) e Transporte Aéreo (25), se destacam principalmente devido aos seus coeficientes diretos, comprovando que, além de serem os maiores poluidores, a maior parte das emissões de CO₂ é gerada neles mesmos, isto é, 79,20%, 93,35% e 81,09%, respectivamente.

Figura 1 – Decomposição das emissões de CO₂ dos países do BRIC em 2009





Fonte: Elaborada a partir de dados World Input-Output Database (WIOD, 2014)

No caso da Índia, verifica-se que não há um padrão em relação aos efeitos diretos e indiretos, quando se observam os 34 setores desse país. Nota-se que, enquanto grande parte das emissões de CO₂ de alguns setores são provenientes deles mesmos, como nos casos do Extrativismo Mineral (2), Eletricidade, Gás e Água (17) e Administração Pública (31), em outros setores as emissões ocorrem de forma indireta, como nos casos da Manufatura e Reciclagem (16), Construção (18) e Intermediação Financeira (28).

Na Rússia, como no caso da China, há pouquíssimo transbordamento para fora do país, sendo que a maior parte de suas emissões ocorre indiretamente dentro do país. As exceções são os setores de Outros Minerais não Metálicos (11), Metalurgia (12) e Eletricidade, Gás e Água (17), que se destacam principalmente por terem a maior parte das suas emissões gerada neles mesmos, isto é, 63,78%, 54,04% e 82,84%, respectivamente.

Todavia, nota-se que na maioria dos setores dos países do BRIC, a maior parte das emissões de CO₂ ocorre, proporcionalmente, por efeito indireto, em grande parte, dentro de cada país. Tal resultado comprova que os setores dos países do BRIC poluem, sobretudo, em razão de suas cadeias produtivas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados do transbordamento das emissões de CO₂ no Brasil mostra que grande parte das emissões, provenientes do aumento da produção, é transbordada para fora desse país, sendo este um indicativo da dependência brasileira de insumos importados. Já nos casos da China, Índia e Rússia, a maior parcela das emissões de CO₂ acaba ficando em seus próprios países, confirmando assim que, embora tenha potencial de crescimento, esses países possuem também uma ampla capacidade em gerar poluição. Também se nota que na maioria dos setores dos países do BRIC, a maior parte das emissões de CO₂ ocorre, proporcionalmente, por efeito indireto, em grande parte, dentro de cada país.

Portanto, a presente pesquisa permite concluir que junto com o crescente poder econômico, vem aumentando também o impacto negativo dos países do BRIC no meio ambiente, sobretudo no que se refere às emissões atmosféricas de CO₂. Por

isso, como no Brasil as atividades que envolvem os setores de transporte foram as que apresentaram a maior participação nas emissões, sugere-se que, nesse país, sejam realizados maiores investimentos em meios de transporte alternativos, no intuito de atenuar os problemas causados pelos transportes e as consequentes emissões de poluentes.

Porém, cabe destacar que entre os países do BRIC, o Brasil é o país que menos emite poluição, devido, principalmente, o fato de sua matriz energética ser mais limpa, quando comparada com as matrizes dos outros três países, pois se constitui, em grande parte, de energia renovável. Entretanto, por dependerem notadamente de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), China, Índia e Rússia têm em sua produção energética o principal causador de emissões de CO₂, conforme apontaram os resultados obtidos nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BAUMANN, R.; ARAÚJO, R.; FERREIRA, J. As relações comerciais do Brasil com os demais BRICS. In: BAUMANN, R. (Org.) **O Brasil e os demais BRICS: comércio e política**. Brasília, DF: Cepal/Ipea, 2010.
- CASLER, S. D.; BLAIR, P. D. Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions. **Ecological Economics**, v. 22, p. 19-27, 1997.
- CUMBERLAND, J. H. A regional interindustry model for analysis of development objectives. **Regional Science Association Papers**. v. 17, p. 65-94, 1966.
- DALY, H. E. On economics as a life science. **Journal of Political Economy**, v. 76, n. 1, p. 392-406, 1969.
- EPA. **Global mitigation of non-CO2 greenhouse gases: 2010-2030**. United States environmental protection agency office of atmospheric programs (6207J) Washington, DC 20005, 2014. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-07/documents/mac_report_2014-exec_summ.compressed.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2018.
- EHRlich, P. R. **The population bomb**. San Francisco: Sierra Club Books, 1966.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The entropy law and the economic process.**

New York: Pergamon Press, 1971.

GOMEZ, J. M.; CHAMON, P. H.; LIMA, S. B. Por uma nova ordem energética global? Potencialidades e perspectivas da questão energética entre os países BRICS. **Contexto int.** [online]. 2012, v. 34, n. 2, p.531-572. ISSN 0102-8529. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-85292012000200006>>. Acesso em: 25 out. 2017.

GUILHOTO, J. J. M. et al. **Matriz de insumo-produto do nordeste e estados: metodologia e resultados.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. 2010. HARDIN, G. Tragedy of the commons. **Journal Science**, v.162, n. 3.859, p. 1.243-1.248, 1968.

HETHERINGTON, R. An input-output analysis of carbon dioxide emissions for the UK. **Energy Conversion Management**, v. 37, n. 6-8, p. 979-984, 1996.

HILGEMBERG, E. M. **Quantificação e efeitos econômicos do controle de emissões de CO₂ decorrentes do uso de gás natural, álcool e derivados de petróleo no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto.** 2005. 158f. Tese (Doutorado em Ciências) – Esalq – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

IPCC. INTERGOVERNANMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2014: mitigation of climate change.** Disponível em: <<http://mitigation2014.org/>>. Acesso em: 02 set. 2014.

ISARD, W. et al. **Ecological-economic analysis for regional development.** Nova York: Free Press, 1972.

JANNUZZI, G. M. A política energética e o meio ambiente: instrumento de mercado e regulação. In: ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P.; LEONARDI, M. L. A. (Org.) **Economia do meio ambiente - teoria, políticas e a gestão de espaços regionais.** Campinas: Unicamp, 1996.

LABANDEIRA, X.; LABEAGE, J.M. Estimation and control of Spanish energy-related CO₂ emissions: an input-output approach. **Energy Policy**, v. 30, p. 597-611, 2002.

LEONTIEF, W. Environmental repercussion and the economic structure: an input-output approach. **The Review of Economics and Statistics**, v. 52, n. 3, p. 262-271, 1970.

LEONTIEF, W.; FORD, D. Air pollution and economic structure: empirical results of input-output computations. In: BRODY, A.; CARTER, A. **Input-Output-Techniques, North Holland, Amsterdam, the Netherlands**, 1972. p. 9-30.

MACHADO, G. V. **Meio ambiente e comércio exterior: impactos da especialização comercial brasileira sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país.** 2002. 192f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J. **Beyond the limits: confronting global collapse, envisioning a sustainable future.** Vermont: Chelsea Publishing Co., 1992.

MILLER, R. E.; BLAIR, P.D. **Input-output analysis: foundations and extensions.** Cambridge: Cambridge University Press, 2009. MIRANDA, C. R. Economia e meio ambiente: uma abordagem de insumo-produto. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 10, n. 2, p. 601-636, 1980.

MORAIS, A. F.; COSTA, J. S.; LOPES, R. L. Emissões de CO₂ na economia brasileira: uma análise de decomposição estrutural para os anos de 1990 e 2003. In: CONGRESSO DA SOBER, 44., Fortaleza. **Anais...Fortaleza**, 2006.

PEDROSO, F. P.; ZAPPAROLI, I. D.; CORREIA, P. C.; VEGETTE, A. J. Variações dos gases do efeito estufa (GEE): um estudo por meio da decomposição da matriz insumo – produto do mundo de 1995 a 2009. **RA-CRE (CREUPI)**, v. 20, p. 61-81, 2016.

PEREIRA, A. S.; MAY, P. H. Economia do aquecimento global. In: MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (Org.) **Economia do meio ambiente: teoria e prática.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

PEROBELLI, F. S.; SILVA, M. P. N. Efeitos tecnológicos e estruturais nas emissões brasileiras de CO₂ para o período 2000 a 2005: uma abordagem de análise de decomposição estrutural (SDA). *Estudos Econômicos*. [on line]. v. 42, n. 2, p.307-335. FEA-USP. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-41612012000200004&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 01 out 2017.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

O'NEILL, J. Building better global economic BRICs. **Global Economics Paper**, Nova York, n. 66, p. 1-16, 2001.

SEKIGUCHI, C.; PIRES, E.L.S. Agenda para uma economia política da sustentabilidade: potencialidades e limites para o seu desenvolvimento no Brasil. In: CAVALCANTI, C. (Org.) **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Cortez, 2009.

STAHEL, A. W. Capitalismo e entropia: os aspectos ideológicos de uma contradição e a busca de alternativas sustentáveis. In: CAVALCANTI, C. (Org.) **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Cortez, 2009.

TIMMER, M. **The World Input-Output Database (WIOD): contents, sources and methods**. Working paper n.10, 2012.

THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. **Economia ambiental: aplicações, políticas e teoria**. São Paulo: Cengage Learning, 2010

UNFCCC – UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. In: *Climate change*. Disponível em: <<http://newsroom.unfccc.int/>>. Acesso em: 02 out. 2014.

VIEIRA, F. V.; VERÍSSIMO, M. P. Crescimento econômico em economias emergentes selecionadas: Brasil, Rússia, Índia, China (BRIC) e África do Sul. **Economia e Sociedade**, v. 18, n. 3, p. 513-546, 2009.

WIOD – WORLD INPUT-OUTPUT DATABASE. 2009. Disponível em: <<http://www.wiod.org>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

WORLD BANK. **World Development Indicators 2012**. World Bank-free PDF, 2012.