

ESTRUTURA PRODUTIVA DO BRASIL, RÚSSIA, ÍNDIA E CHINA - BRIC

Análise dos transbordamentos nas emissões de Dióxido de Carbono CO₂

Adriano Martins de Souza
Irene Domenes Zapparoli
Umberto Antonio Sesso Filho
Paulo Rogério Alves Brene
Márcia Regina Gabardo da Câmara

Tema 3 – Construção e análise de indicadores do desenvolvimento socioeconômico nacional e regional.

Resumo

Os países Brasil, Rússia, Índia e China formam o conjunto dos países emergentes, ou seja, o acrônimo BRIC. O BRIC poderá se tornar, dentro de algumas décadas, a principal força na economia global. Junto com o crescente poder econômico vem aumentando também o impacto negativo desses países sobre o meio ambiente, sobretudo referente às emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. Estimar, a poluição dos países signatários do BRIC, no ano de 2009, para cada setor da economia, o quanto é gerado, direta e indiretamente de emissões de CO₂, para cada unidade monetária produzida para a demanda final. A metodologia da 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 countries Brazil, Russia, India and China form the emergent countries, that is, acronym BRIC. The BRIC will be able to become, inside of some decades, the main force in the global economy. Together with the increasing one to be able economic comes also increasing the negative impact of these countries on the environment, over all referring to the emissions of carbon dioxide (CO₂) in the atmosphere. Esteem, the pollution of the signatory countries of the BRIC, in the year of 2009, for each sector of the economy, how much it is generated, directly and indirectly of CO₂ emissions, for each produced monetary unit for the final demand. The methodology of the Input-Output Matrix using the database of World Input-Output Database (WIOD) allows calculating the overflows occurred in the CO₂ emissions.

1. Mestre. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil. E-mail: adriano_msouza@hotmail.com.
2. Doutora, Economia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil. E-mail: zapparoli@ue.br.
3. Doutor. Coordenador de Economia Regional, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil. E-mail: umasesso@uel.br.
4. Doutor. Universidade Estadual Norte do Paraná – UENP. E-mail: paulobrene@uenp.edu.br.
5. Doutora. Universidade Estadual de Londrina, Programa de Pós-Graduação em Economia Regional. E-mail: mgabardo@sercomtel.com.br.

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 biggest 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 biggest participation in the emissions in the analyzed period. Other important results indicate that great part of the emissions of Brazil proceeding from the increase of its production, are overflow for other countries, having been an indicative of the Brazilian dependence of 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. Soma-se 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).

Conforme o World Input-Output Database (WIOD, 2014), os principais gases causadores do efeito estufa são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x), monóxido de carbono (CO), amônia (NH₃) e outros compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC). Porém, cabe destacar que o dióxido de carbono (CO₂) compreendeu em 2009 aproximadamente 96% do total das emissões mundiais de GEE (quadro 1).

Quadro 1 - Gases de Efeito Estufa – GEEs - *Global-warming potential* (GWP)

GASES	SIGLA	Potencial de Aquecimento Global PAG / <i>Global-warming potential</i> (GWP)
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Óxido nitroso	N ₂ O	310
Hidrofluorocarbonos	HFCs	11.700
Perfluorocarbonos	PFCs	9.200
Hexafluoreto de enxofre	SF ₆	23.900
Demais gases precursores.		1

Fonte: WORD BANCK (2012); UNFCCC, IPCC (2014)

* IPCC. * PAG relativo ao CO₂ e expresso em termos de massa e para um período de 100 anos definido pelo segundo Relatório de Avaliação do IPCC (1995). ¹ Ver lista IPCC ou demais órgãos considerados pela UNFCCC (2014).

Portanto, no intuito de avançar nessa discussão, este artigo tem por objetivo investigar a relação dos setores produtivos com as emissões de CO₂, 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 obtêm o multiplicador de produção, o multiplicador de CO₂, o gerador de CO₂ e o seu transbordamento, sendo que a base de dados foi extraída do World Input-Output Database (WIOD), a qual 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 CO₂ na atmosfera em razão das perspectivas de crescimento econômico desses países.

Alem dessa introdução à pesquisa destaca, num segundo momento, uma revisão sobre os desdobramentos da emissão de GEE. Na sequência, terceiro momento, a metodologia com

o uso da ferramenta matriz insumo-produto. O quarto compreende a análise de resultados sobre transbordamentos 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. Emissão e concentração dos gases de efeito estufa (GEE): em pauta Dióxido de Carbono (CO₂)

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, que pode resultar em graves e até mesmo imprevisíveis alterações nos padrões climáticos do planeta.

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 sistema 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 & May (2010, p. 318), 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.

O objetivo consiste em mitigar os GEE e ao mesmo tempo garantir o desenvolvimento sustentável. Mediante estudos de cientistas e profissionais com publicações sobre gases precursores com potencial de aquecimento global – PAG (*Global Warming Potential - GWP*) se destacam a Agência Norte-Americana de Proteção Ambiental (EPA – *Environmental Protection Agency*), a Agência Europeia do Ambiente (EEA), o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*). 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 em 2009

Gases de Efeito Estufa	Emissões (Gg)	%
CO ₂	24.870.226,63	95,94
CH ₄	286.154,83	1,10
N ₂ O	11.098,89	0,04
NOX	100.675,22	0,39
SOX	111.741,68	0,43
CO	398.584,53	1,54
NH ₃	31.026,39	0,44
NMVOC	113.580,90	0,12
TOTAL	25.923.089,07	100,00

Fonte: *World Input-Output Database (WIOD, 2014)*.

Os autores Hardin (1968), Ehrlich (1966), Georgescu-Roegen (1971), Meadows (1992), Sekiguchi (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 esse cenário Pereira & May (2010) Thomas et al. (2010), informam que dentre as possíveis consequências, destacam-se: 1) a elevação do nível dos oceanos; 2) o 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

agricultáveis; 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 taxas crescentes quanto às emissões, principalmente nos países em desenvolvimento.

Conforme o quadro 2, 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 2 – Encontros da Conferência das Partes (COP), 1995-2014.

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 <u>80% até 2050</u>
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

Fonte: UNFCCC, IPCC, (2014).

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, pelo 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, pois, em razão da interdependência que há entre os setores econômicos, 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, dentre os quais os primeiros e mais conhecidos foram desenvolvidos por Cumberland (1966), Daly (1969), Leontief (1970), Leontief & Ford (1972) e Isard *et al.* (1972), os quais constroem modelos a partir da análise insumo-produto, que incluem interações econômicas e ambientais.

Um dos primeiros trabalhos a incorporar 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, tanto positivas quanto 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 variáveis econômicas e ambientais, demonstrando, dessa forma, as interdependências que existem entre o mundo "humano" e o "biológico".

Já 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 o nível de determinado poluente, de modo que torna possível explicar, ou mesmo antecipar, os efeitos das mudanças tecnológicas sobre a emissão de poluentes.

No trabalho de Leontief & Ford (1972), os autores 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* - SDA), que é um 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), utiliza 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 tanto 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 recentes, publicados internacionalmente a partir da década de 1990, destacam-se os desenvolvidos por Hetherington (1996), Casler e Blair (1997) e Labandeira e Labeage (2002). Estes, a partir da análise insumo-produto, relacionam as estruturas produtivas de certos países com a emissão de poluentes, em especial o dióxido de carbono (CO₂).

Hetherington (1996) em seu estudo 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. Segundo os resultados encontrados, 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 como 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 recentes, publicados nacionalmente a partir dos anos 2000, destacam-se os desenvolvidos por Machado (2002), Hilgemberg (2005) e Morais *et al.* (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, Álcool e Refino de Petróleo.

Já Morais *et al.* (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 apontam 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 indica 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.

3. Métodos

A metodologia do modelo insumo-produto empregada nos cálculos realizados faz um recorte para o transbordamento, além de descrever a base de dados utilizada e o seu procedimento de preparação, no intuito de gerar informações que facilitem a interpretação dos resultados.

3.1 Fontes dos Dados

A estrutura dos dados utilizada neste artigo compete ao World Input-Output Database - WIOD (Banco de Dados Mundial de Insumo-Produto), sendo que estes foram coletados em sua 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).

Assim, utilizando os dados disponibilizados no WIOD, a estrutura deste artigo fundamenta-se nas 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 a Quadro 3. No entanto, é importante destacar que este trabalho 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 existem dados divulgados para esta atividade econômica.

Quadro 3 - Setores produtivos para a matriz insumo-produto

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

Fonte: World Input-Output Database (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, adquiriram avanços importantes, tanto no grau de desenvolvimento, como nas possibilidades de articulação na economia mundial (VIEIRA, 2009). Portanto, no que se refere aos resultados e discussões, este artigo irá se concentrar 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 divulgada em gigagrama (Gg), sendo que, segundo o Sistema Internacional de Unidades (SI), cada gigagrama (Gg) equivalem a mil toneladas de CO₂.

3.2 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

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.

em 35 setores para cada região. Cabe destacar, ainda, que esta matriz possui também dados referentes à demanda final e ao valor adicionado.

3.3 Análises de Impacto

A partir do modelo básico de Leontief definido anteriormente (MILLER e 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 .

3.4 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 E 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.

3.5 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 exposto 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. Resultados e Discussão

Fato é que, como já mencionado, por apresentarem algumas peculiaridades, seja pelo tamanho ou dinamismo, a este grupo de países em desenvolvimento foi cunhado pelo economista Jim O'Neill, do banco de investimentos Goldman Sachs, em seu artigo *Building Better Global Economic BRICs*, publicado em 2001, o acrônimo "BRIC", o qual tem se tornado alvo de crescente interesse no cenário internacional². 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 *et al.* (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. Além disso, a contribuição dos países do BRIC para a economia mundial é de aproximadamente 15%, sendo que, para o comércio mundial (exportações e importações), sua participação é de aproximadamente 22%.

Em síntese, 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

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.

(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.

Já 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. Assim, por exemplo, 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 significativa parte das emissões de CO₂ geradas são provenientes de setores instalados fora do país.

Tabela 2 - Gerador de Dióxido de Carbono (CO₂) dos países do BRIC em 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 ³	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: Elaborado 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, portanto, a economia do restante dos países do mundo. Assim, 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.

³ Em razão da base de dados da China não disponibilizar o valor da produção do setor "Venda e Manutenção de Veículos Automotores", não foram possíveis calcular o gerador e o transbordamento de CO₂ para este setor.

Já 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. Assim, por exemplo, 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.

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.

Tabela 32 - Transbordamento da emissão de CO₂ dos países do BRIC em 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: Elaborado a partir de dados *World Input-Output Database* (WIOD, 2014)

Assim, é possível observar que o Brasil, entre os países analisados, é o que possui o maior transbordamento em relação às emissões, 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, em consequência de suas fontes energéticas dependerem notadamente de combustíveis fósseis, razão pela qual são consideradas "sujas".

Logo, é importante avaliar não apenas os efeitos totais, mas identificar também 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.

Já na China nota-se que grande parte das emissões de CO₂ também ocorre por efeito indireto. Porém, diferente do Brasil, 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 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.

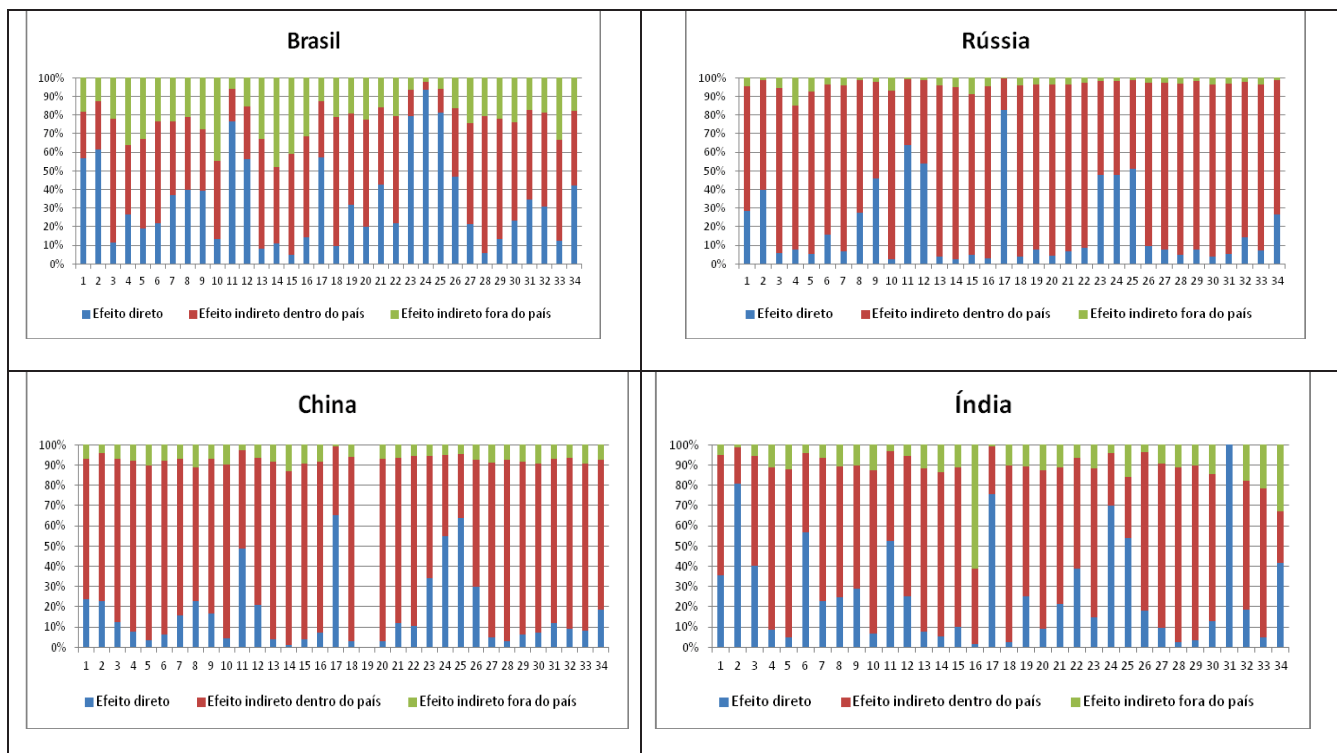


Figura 1. Decomposição das emissões de CO₂ dos países do BRIC em 2009. Fonte: Elaborado a partir de dados *World Input-Output Database* (WIOD, 2014)

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).

Já 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. Conclusão

Em relação ao transbordamento das emissões de CO₂, no Brasil os resultados observados mostram que grande parte das suas 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.

Finalmente, 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.

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 referente 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.; ARAUJO, 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, 180 p.

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 17*, 1966. 65-94 p.
- DALY, H. E. On Economics as a Life Science. *Journal of Political Economy* 76, n.1, 1969. 392-406 p.
- 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. 457 p.
- GUILHOTO, J.J.M., C.R. Azzozini, S.M. Ichihara, D.K. Kadota, E.A. Haddad. *Matriz de Insumo-Produto do Nordeste e Estados: Metodologia e Resultados*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. 2010. 254 p.
- HARDIN, G. Tragedy of the Commons. *Journal Science*, 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 de Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- IPCC. Intergovernmental 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, SP: Unicamp, 1996, 384 p.
- 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. *Input-Output Economics*. 2a ed. New York: Oxford University Press, p. 241-260, 1986.
- _____. Environmental Repercussion and the Economic Structure: an Input-Output Approach. *The Review of Economics and Statistics* 52, n.3, 1970.
- _____. 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.
- 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. 750 p.

MIRANDA, C. R. Economia e Meio Ambiente: uma abordagem de insumo-produto. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v.10, n.2, p.601-636, ago.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. XLIV Congresso da SOBER, 2006, Fortaleza. Anais XLIV Congresso da SOBER.

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

PERTH, D.R., CHOW, T.H., OWENS, R.M. 1992. Acknowledge-based decision system for control of waste heat for a greenhouse-biogas complex. In: Perth, R.M., Brooks, R.C. (Eds.), *Analysis of Energy Systems*. Energy in World, 5. Elsevier, Amsterdam, pp. 33-46.

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, 429 p.

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, 429 p.

TIMMER, M. The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods. World Input-Output Database (WIOD), *WIOD working paper* n. 10, 2012.

THOMAS, JANET M.; CALLAN, SCOTT J. *Economia Ambiental: aplicações, políticas e teoria*. São Pauo: Cengage Learning, 2010

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. In: Climate Change. Disponível em: <http://newsroom.unfccc.int/>. Acessado em: 02 out. 2014.

VIEIRA, F. V.; VERÍSSIMO, M. P. Crescimento Econômico em Economias Emergentes Seleccionadas: Brasil, Rússia, Índia, China (BRIC) e África do Sul. *Economia e Sociedade*, Campinas, v.18, n.3 (37), p. 513-546, dez. 2009.

WIOD. World Input-Output Database. Disponível em: <<http://www.wiod.org>>. Acessado em: 15 abr. 2014.

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