

Estrutura produtiva do Brasil, Rússia, Índia e China (BRIC) e seus impactos nas emissões de dióxido de carbono (CO₂)

Productive Structure of Brazil, Russia, India and China (BRIC) and Their Impacts on Emissions of Carbon Dioxide (CO₂)

Adriano Martins de SOUZA¹, Irene Domenes ZAPPAROLI^{2*}, Umberto Antonio SESSO FILHO¹, Paulo Rogério Alves BRENE³

¹Mestrado em Economia Regional, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR, Brasil.

²Departamento de Economia, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR, Brasil.

³Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Cornélio Procópio, PR, Brasil.

*E-mail de contato: zapparoli@uel.br

Artigo recebido em 15 de setembro de 2014, versão final aceita em 12 de junho de 2015.

RESUMO

Estudos recentes indicam que o conjunto dos países emergentes formado por Brasil, Rússia, Índia e China (BRIC) poderá se tornar, dentro de algumas décadas, a principal força na economia global. Porém, 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. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é identificar quais são os principais setores causadores de poluição nos países do BRIC, no ano de 2009, relacionando a estrutura produtiva desses países com suas respectivas emissões de CO₂. Para tanto, utilizou-se como metodologia a matriz insumo-produto, a partir da base de dados extraída da *World Input-Output Database* (WIOD). Os resultados mostraram que, no caso do Brasil, as atividades que envolvem os setores de transporte apresentaram a maior participação nas emissões. No caso dos outros três países analisados, China, Índia e Rússia, o setor de eletricidade, gás e água foi classificado como o mais poluente, pois apresentou a maior participação nas emissões no período analisado. Embora tenham grande potencial de crescimento, os países do BRIC possuem, em contrapartida, ampla capacidade de gerar poluição.

Palavras-chave: estrutura produtiva; emissão de dióxido de carbono; matriz insumo-produto.

ABSTRACT

Recent studies indicate that the group of emerging countries, BRIC (formed by Brazil, Russia, India and China), might become, in a few decades, the main force in the global economy. However, with the growing economic power, the negative impact of these countries on the environment has also increased, particularly relating to emissions of carbon dioxide (CO₂) in the atmosphere. In this sense, the objective of this work is to identify the main sectors causing pollution in the BRIC countries in 2009, linking the productive structure of these countries with their corresponding CO₂ emissions. For this, we used as methodology the input-output matrix, and the database was extracted from the World Input-Output Database - WIOD. The results have shown

that, in Brazil's case, activities involving the transport sectors were those that had the highest participation in emissions and are the most polluting sectors. Concerning the other three analyzed countries, China, India and Russia, the sector of Electricity, Gas and Water was rated as the most polluting industry, as they had the highest participation in emissions over the analyzed period. Therefore, although the BRIC countries have a great potential for growth, they also have an ample capacity to generate pollution.

Keywords: productive structure; emission of carbon dioxide; input-output matrix.

1. Introdução

Por apresentarem algumas peculiaridades, seja pelo tamanho ou pelo dinamismo, ao grupo de países em desenvolvimento formado por Brasil, Rússia, Índia e China foi cunhado pelo economista Jim O'Neill (2001), do banco de investimentos Goldman Sachs, o acrônimo “BRIC”, o qual tem se tornado alvo de crescente interesse no cenário internacional.

Todo esse reconhecimento não é mera casualidade, pois em conjunto os países do BRIC representam mais de 25% da área terrestre do planeta e mais de 40% da população mundial. Além disso, a contribuição desses países para a economia mundial é de aproximadamente 15%, sendo que, para o comércio mundial, é cerca de 22% (Baumann *et al.*, 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), em especial referentes às emissões de dióxido de carbono (CO₂).

É importante mencionar que a intensificação da concentração dos GEE na atmosfera, em especial CO₂, tem interferido no sistema climático de modo que poderá desencadear, nos próximos anos, 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 conteúdos 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 CO₂ (principal causador do efeito estufa)?

Sabendo que tais emissões estão interligadas às atividades econômicas, o objetivo geral deste trabalho é analisar a estrutura produtiva dos países do BRIC e seus impactos nas emissões de CO₂. Especificamente, pretende-se identificar a capacidade produtiva desse bloco, mensurando o impacto que cada setor produtivo causa nessas emissões. A partir disso, busca-se levantar quais são os maiores poluidores com CO₂ entre os setores desses países. Para tanto, é usado o método quantitativo, que demonstra a intensidade das emissões por setor e os impactos causados pela poluição de cada um deles, direta e indiretamente.

Além disso, esta pesquisa utiliza como ferramenta a matriz insumo-produto, da qual se obtém o multiplicador de produção, o multiplicador de CO₂ e o gerador de CO₂. A base de dados foi extraída da *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 serão analisados exclusivamente os países-membros do BRIC, dada a crescente preocupação com os impactos do aumento das emissões de CO₂ na atmosfera em razão das perspectivas de crescimento econômico desses Estados.

O artigo está dividido em cinco partes, incluindo essa introdução. A segunda parte oferece as contribuições da economia ambiental e ecológica para a sobrevivência da vida no planeta. A terceira parte abrange os aspectos metodológicos da pesquisa usados para o estudo sobre a emissão de GEE. Na quarta parte são apresentados os resultados apurados e sua interpretação. Na última parte, as considerações finais apresentam as principais conclusões e contribuições da pesquisa.

2. O debate entre economia ambiental e economia ecológica

A conformação da teoria econômica como ciência descartava as relações existentes entre sistema econômico e meio ambiente. Tal fato tornava-se evidente ao serem analisadas as teorias de equilíbrio geral ou de crescimento econômico predominante, nas quais prevalecia a ideia de que a economia era um sistema isolado, ou seja, um sistema que não realizava trocas com seu meio externo (Mueller, 2007). Conforme expressado por Delmont (2007), a incorporação de assuntos pertinentes ao meio ambiente e seus impactos na economia constitui um referencial na construção do conceito de desenvolvimento sustentável, o qual tem gerado debate a respeito da manutenção da vida no planeta.

Conforme ressalta Mueller (2007), esse processo de incorporação das dimensões ambiental e ecológica à análise econômica está associado a três eventos: a intensificação da poluição nas economias industrializadas, em razão da expansão industrial da Europa, dos Estados Unidos, do Japão e da União Soviética após a Segunda Guerra Mundial; os choques do petróleo da década de 1970, que marcaram profundamente a opinião pública em quase todo o mundo quanto ao esgotamento iminente do produto, aumentando as dúvidas sobre a viabilidade de continuar usando energia e recursos naturais não renováveis; e a publicação, em 1972, do relatório do Clube de Roma, sob o título *The Limits to Growth*, no qual cientistas, liderados por Dennis Meadows, argumentaram de forma catastrófica que a sociedade confrontaria, dentro de poucas décadas, os limites de seu crescimento, devido ao esgotamento dos recursos naturais (Meadows *et al.*, 1992).

Já na década de 1990 a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio 92) e, mais recentemente, da Rio +10, em 2002, e da Rio +20, em 2012, mudou de forma significativa os paradigmas nos debates acerca dos problemas ambientais, repercutindo mundialmente por meio do Protocolo de Kyoto, de âmbito global, e da Agenda 21, de âmbito regional.

As correntes do pensamento econômico têm buscado desenvolver conceitos e métodos com o intuito

de estimar os valores econômicos detidos pelo meio ambiente. Neste debate as opiniões se dividem entre duas correntes principais de interpretação: a economia ambiental, cujos fundamentos estão na teoria neoclássica, e a economia ecológica, a qual, apoiada nas leis da termodinâmica, procura valorar os recursos ambientais com base em seus fluxos de energia (Marques *et al.*, 1996; Daly & Farley, 2003).

Para Romeiro (2010), mesmo quando, com o passar do tempo, os recursos naturais foram incluídos nas representações analíticas da economia, a disponibilidade desses recursos não se tornou uma restrição à expansão econômica, uma vez que, conforme os pressupostos neoclássicos, a escassez dos recursos naturais poderia ser superada pelo progresso técnico, que os substitui por outro fator de produção, como capital e/ou trabalho. Desse modo, o progresso científico e tecnológico se tornaria a variável-chave para garantir que o processo de substituição não limite o crescimento econômico a longo prazo.

O instrumental neoclássico vinha sendo fortemente solicitado e refinado por uma vasta gama de economistas, fazendo assim a economia ambiental se desenvolver progressivamente nas últimas décadas, a ponto de se tornar hoje um importante ramo das ciências econômicas (Tolmasquim, 2009).

Todavia, a segunda corrente de interpretação – a economia ecológica – tem por base o conceito termodinâmico de entropia, cuja aplicação na análise econômica se deve basicamente ao trabalho pioneiro elaborado por Nicholas Georgescu-Roegen, publicado pela primeira vez em 1971, sob o título *The Entropy Law and the Economic Process*.

A contribuição de Georgescu-Roegen traz nova e fundamental luz sobre o problema da sustentabilidade, principalmente quanto ao fato de que o processo econômico é, do ponto de vista físico, uma transformação de energia e matéria disponíveis (baixa entropia) em lixo e poluição (alta entropia).

Segundo Georgescu-Roegen (1971), o sistema econômico é um subsistema de um todo maior que o contém, o que estabelece um limite total a sua expansão. Assim, para os economistas ecológicos, o desenvolvimento econômico não será possível sem que haja estabilização dos níveis de consumo de acordo com a capacidade de carga do planeta (Romeiro, 2010).

Dessa forma, como afirma May (2009, p. 240), “essa abordagem pressupõe que os limites ao crescimento fundamentado na escassez dos recursos naturais e sua capacidade de suporte do planeta são reais e não necessariamente superáveis por meio do progresso tecnológico”. Por isso, de acordo com o autor, a economia ecológica, pregando a conservação dos recursos naturais, procura uma abordagem preventiva contra as catástrofes ambientais iminentes, considerando sobretudo as necessidades das gerações futuras.

Se a economia ambiental constrói argumentos fundamentados nas “leis econômicas”, a economia ecológica, no intuito de mostrar a realidade econômica e ambiental, tem por base os fatores naturais, aproximando, dessa forma, os ecossistemas naturais do sistema econômico.

Surge, portanto, um embate entre essas duas correntes do pensamento econômico, sendo que este artigo, devido ao método escolhido (matriz insumo-produto), terá por base a economia ambiental em todo o processo da análise dos resultados. Tal escolha se fez, sobretudo, por essa abordagem permitir avaliar monetariamente os danos ambientais, determinando assim, entre os diversos componentes dos custos e benefícios, uma solução economicamente eficaz.

3. Metodologia

A metodologia apresenta o modelo insumo-produto empregado nos cálculos e descreve a base de

dados utilizada e seu procedimento de preparação, no intuito de gerar informações que facilitem a interpretação dos resultados.

A estrutura dos dados utilizada neste artigo compete ao *World Input-Output Database* (WIOD, 2014). Como afirma Timmer (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, permitindo levar em consideração questões relacionadas a 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). Cabe destacar, ainda, que esta matriz possui também dados referentes à demanda final e ao valor adicionado.

Assim, utilizando os dados disponibilizados no WIOD (2014), 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 Tabela 1. No entanto, é importante destacar que esta pesquisa analisa 34 setores, uma vez que se optou em remover Residências Particulares com Empregados (35) dos cálculos, tendo em vista que nos países do BRIC não existem dados divulgados para essa atividade econômica.

¹Alemanha, 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.

TABELA 1 – 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: WIOD (2014).

Quanto à abrangência, cabe destacar que, no que se refere a resultados e discussões, serão analisados exclusivamente os países-membros do BRIC, considerando que se trata de um conjunto de Estados em ascensão que, embora tenham diferenças, adquiriram avanços importantes tanto no grau de desenvolvimento como nas possibilidades de articulação na economia mundial.

Por fim, como as emissões de CO₂ na atmosfera são as principais responsáveis pela intensificação do efeito estufa, a identificação dos setores produtivos mais poluentes ocorrerá por meio do levantamento dessas emissões, as quais, conforme a base de dados, estão divulgadas em gigagrama (Gg), sendo que, segundo o

Sistema Internacional de Unidades (SI), cada gigagrama equivale a mil toneladas.

O modelo inter-regional de insumo-produto, também chamado de “modelo Isard”, devido à aplicação de Isard (1951), requer grande massa de dados, reais ou estimados, principalmente quanto às informações sobre fluxos intersetoriais e inter-regionais.

As relações de insumo-produto ocorrem dentro de um sistema inter-regional. Complementando o sistema regional, no sistema inter-regional, há uma troca de relações entre as regiões, exportações e importações, que são expressas através do fluxo de bens que se destinam tanto ao consumo intermediário como à demanda final.

TABELA 2 – Matriz das relações de insumo-produto num sistema inter-regional.

Setores	Setores - Região L	Setores - Região M	L	M	Produção
Setores - Região L	Insumos Intermediários LL	Insumos Intermediários LM	DF	DF	Produção
			LL	LM	Total L
Setores - Região M	Insumos Intermediários ML	Insumos Intermediários MM	DF	DF MM	Produção
			ML		Total M
-	Importação Resto Mundo (M)	Importação Resto Mundo (M)	M	M	M
-	Impostos Ind. Líq. (IIL)	Impostos Ind. Líq. (IIL)	IIL	IIL	IIL
-	Valor Adicionado	Valor Adicionado	-	-	-
-	Produção Total Região L	Produção Total Região M	-	-	-

FONTE: Adaptado de Moretto (2000).

De forma sintética, pode-se apresentar o modelo, a partir do exemplo hipotético dos fluxos intersetoriais e inter-regionais de bens para as regiões L e M, com dois setores, como se segue: Z_{ij}^{LL} - fluxo monetário do setor i para o setor j da região L, Z_{ij}^{ML} - fluxo monetário do setor i da região M, para o setor j da região L.

Na forma de matriz, esses fluxos seriam representados por: $Z = \begin{bmatrix} Z^{LL} & Z^{LM} \\ Z^{ML} & Z^{MM} \end{bmatrix}$ em que: Z^{LL} e Z^{MM} representam matrizes dos fluxos monetários intraregionais, e Z^{LL} e Z^{MM} representam matrizes dos fluxos monetários inter-regionais.

Considerando a equação de Leontief (1951; 1986) $X_i = Z_{i1} + Z_{i2} + \dots + Z_{ii} + \dots + Z_{in} + Y_i$ em que, X_i indica o total da produção do setor i , Z_{in} o fluxo monetá-

rio do setor i para o setor n e Y_i a demanda final por produtos do setor i , é possível aplicá-la conforme, $X_i^L = Z_{i1}^{LL} + Z_{i2}^{LL} + \dots + Z_{ii}^{LL} + \dots + Z_{in}^{LL} + Y_i^L$ em que X_i^L é o total do bem i produzido na região L.

Considerando os coeficientes de insumo regional para L e M, obtém-se os coeficientes intraregionais: $a_{ij}^{LL} = \frac{Z_{ij}^{LL}}{X_j^L} \Rightarrow Z_{ij}^L = a_{ij}^{LL} \cdot Z_j^L$ em que podem-se definir os a_{ij}^{LL} como coeficientes técnicos de produção que representam quanto o setor j da região L compra do setor i da região L e $a_{ij}^{MM} = \frac{Z_{ij}^{MM}}{X_j^M} \Rightarrow Z_{ij}^M = a_{ij}^{MM} \cdot Z_j^M$ em que podem-se definir os a_{ij}^{MM} como coeficientes técnicos de produção, que representam a quantidade que o setor j da região M compra do setor i da região M.

E, por último, os coeficientes inter-regionais:

$a_{ij}^{ML} = \frac{Z_{ij}^{ML}}{X_j^L} \Rightarrow Z_{ij}^{LM} = a_{ij}^{ML} X_j^L$ podendo-se definir os a_{ij}^{ML} como coeficientes técnicos de produção que representam quanto o setor j da região L compra do setor i da região M e $a_{ij}^{LM} = \frac{Z_{ij}^{LM}}{X_j^M} \Rightarrow Z_{ij}^{LM} = a_{ij}^{LM} X_j^M$ (7) em que os a_{ij}^{LM} correspondem aos coeficientes técnicos de produção que representam a quantidade que o setor j da região M compra do setor i da região L.

Estes coeficientes podem ser substituídos em (3), obtendo: $X_1^L = a_{11}^{LL} X_1^L + a_{12}^{LL} X_2^L + a_{11}^{LM} X_1^M + a_{12}^{LM} X_2^M + Y_1^L$

As produções para os demais setores são obtidas de forma similar. Isolando, Y_1^L e colocando em evidência X_1^L , tem-se: $(1 - a_{11}^{LL}) X_1^L - a_{12}^{LL} X_2^L - a_{11}^{LM} X_1^M - a_{12}^{LM} X_2^M = Y_1^L$

As demais demandas finais podem ser obtidas similamente. Portanto, de acordo com $A^{LL} = Z^{LL} (\hat{X}^L)^{-1}$, constrói-se a matriz A^{LL} , para os dois setores, em que A^{LL} representa a matriz de coeficientes técnicos intra-regionais de produção. Salienta-se que esta mesma formulação valeria para A^{LM} , A^{MM} , A^{ML}

Definem-se agora as seguintes matrizes:

$$A = \begin{bmatrix} A^{LL} & A^{LM} \\ A^{ML} & A^{MM} \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} X^L \\ X^M \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} Y^L \\ Y^M \end{bmatrix}$$

O sistema inter-regional completo de insumo-produto é representado por: $(I - A)X = Y$ e as matrizes podem

ser dispostas da seguinte forma:

$$\begin{bmatrix} I & & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & & I \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} A^{LL} & A^{LM} \\ \dots & \dots & \dots \\ A^{ML} & A^{MM} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^L \\ X^M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^L \\ Y^M \end{bmatrix}$$

Efetuando estas operações, obtém-se os modelos

básicos necessários à análise inter-regional proposta por Isard, resultando no sistema de Leontief inter-regional da forma: $X = (I - A)^{-1} Y$

A partir do modelo básico de Leontief definido anteriormente (Miller & Blair, 2009, p. 562),

$X = (I - A)^{-1} Y$, 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:

$$\Delta X = (I - A)^{-1} \Delta Y \text{ e } \Delta V = \hat{v} \Delta X.$$

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 anteriormente, isto é, emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado entre outros.

Tem-se também que \hat{V} é uma matriz diagonal ($n \times n$) em que os elementos da diagonal são, respectivamente, 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: $v_i = \frac{V_i}{X_i}$.

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 .

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: $GV_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} v_i$ 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.

Segundo Miller & 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: $MV_i = \frac{GV_i}{v_i}$ em que 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: $MP_j = \sum_{i=1}^n b_{ij}$ em que MP_j é o multiplicador de produção do j -ésimo setor e as outras variáveis são definidas segundo realizado anteriormente.

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

4. Resultados e discussões

O conjunto de países emergentes, formado por Brasil, Rússia, Índia e China (BRIC), poderá se tornar, dentro de algumas décadas, a principal força na economia global, capaz de superar os países tidos como desenvolvidos, tanto em termos de crescimento do PIB quanto em termos de movimentos comerciais e financeiros (Vieira & Veríssimo, 2009).

No entanto, se a presença do BRIC no cenário internacional se ampliou nos últimos anos, junto com o crescente poder econômico, vem aumentando 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, à degradação do solo e à perda contínua da biodiversidade. Conforme afirma Spence (2001), nos próximos anos, aproximadamente todo o aumento nas emissões de CO₂ virá dos países em desenvolvimento, em razão do tamanho desses países e do crescimento projetado para eles, superando assim os níveis seguros de poluição.

A Figura 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.

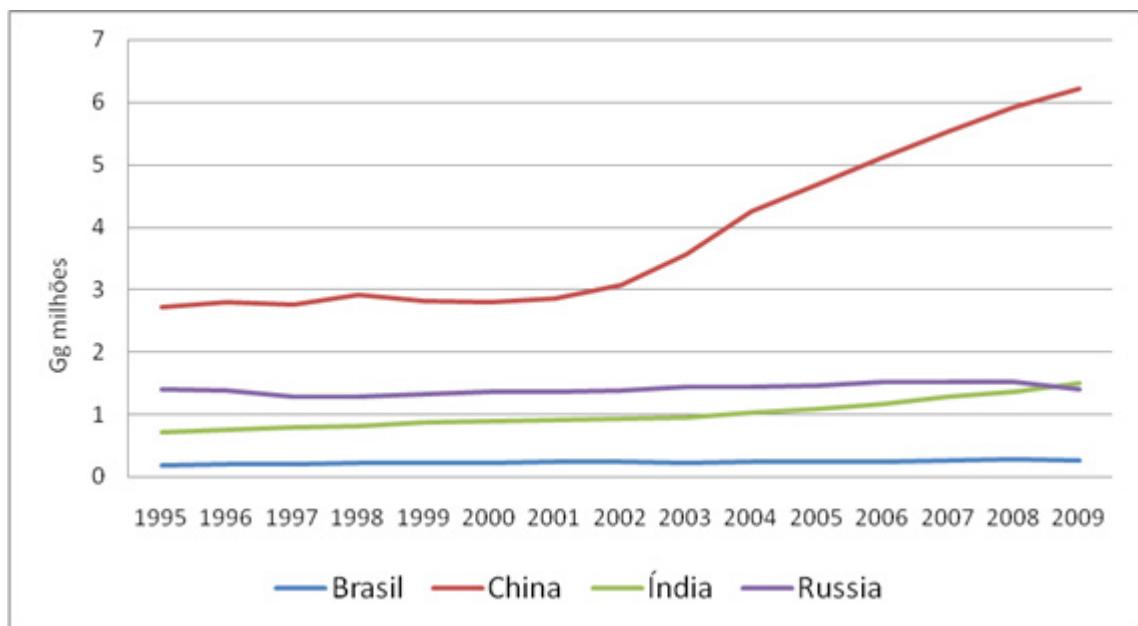


FIGURA 1 – Emissões de CO₂ dos países do BRIC, 1995-2009 (Gg milhões).

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

Segundo dados do WIOD (2014), aproximadamente 25 milhões de gigagramas de CO₂, ou seja, 25 bilhões de toneladas de CO₂, foram lançados na atmos-

fera, conforme mostra a Tabela 3, sendo essa quantidade expressivamente superior à capacidade do ecossistema em absorvê-la.

TABELA 3 – Emissões de CO₂ de 40 países e o resto do mundo, em 2009.

País	CO ₂ (Gg)	Ranking	País	CO ₂ (Gg)	Ranking
China	6.213.551,13	1º	Rep. Checa	96.800,78	22º
Resto do mundo	4.640.994,77	2º	Grécia	93.775,56	23º
EUA	4.187.714,65	3º	Bélgica	91.052,51	24º
Índia	1.501.808,50	4º	Dinamarca	78.220,04	25º
Rússia	1.410.485,78	5º	Romênia	76.810,86	26º
Japão	953.737,02	6º	Finlândia	55.187,51	27º
Alemanha	636.308,82	7º	Portugal	52.179,56	28º
Coreia do Sul	532.877,66	8º	Áustria	47.928,38	29º
Canadá	439.065,45	9º	Suécia	47.351,37	30º
Reino Unido	422.297,38	10º	Bulgária	41.686,41	31º
Austrália	364.324,88	11º	Hungria	41.606,16	32º
México	351.279,82	12º	Eslováquia	33.232,01	33º
Indonésia	331.202,46	13º	Irlanda	27.569,49	34º
Itália	329.335,98	14º	Estônia	14.245,96	35º
Taiwan	290.359,61	15º	Eslovênia	13.042,20	36º
Polônia	275.037,30	16º	Lituânia	11.527,30	37º
França	260.359,96	17º	Letônia	7.181,40	38º
Brasil	251.288,45	18º	Chipre	6.716,32	39º
Turquia	239.607,95	19º	Luxemburgo	3.039,47	40º
Espanha	230.727,98	20º	Malta	2.513,69	41º
Holanda	166.194,12	21º	TOTAL	24.870.226,63	

FONTE: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa (2014).

Cabe destacar ainda que, no caso particular de crescimento nas emissões chinesas, isso reflete diretamente a ascensão do país à condição de potência econômica, resultado de um crescimento econômico médio de aproximadamente 10% ao ano, sobretudo a partir do início do século XXI.

Segundo Lyrio (2010), o crescimento econômico chinês se baseia fundamentalmente na incorporação crescente de fatores produtivos à economia chinesa, principalmente em relação ao maciço movimento de trabalhadores, do campo para as cidades, que deixam a agricultura de subsistência a fim de trabalhar na indústria e no setor de serviços dos grandes centros urbanos. Desse modo, a combinação entre custos reduzidos, em termos da vasta mão de obra disponível e a existência de altas taxas de poupança interna e de investimentos, tem sido apontada como principal razão do acelerado crescimento chinês.

Porém, em se tratando apenas dos países do BRIC, eles se destacam no total das emissões de CO₂, uma vez que ocupam as primeiras posições no ranking dos países mais poluentes, sendo que, do total das emissões no período analisado, a China, 1º no ranking, foi responsável por 24,98%, a Índia, 4º no ranking, por 6,04%, a Rússia, 5º no ranking, por 5,67% e o Brasil, 18º no ranking, por 1,01% das emissões mundiais de CO₂, confirmando o peso desses países, sobretudo da China, na participação da degradação ambiental, conforme ilustra a Figura 2.

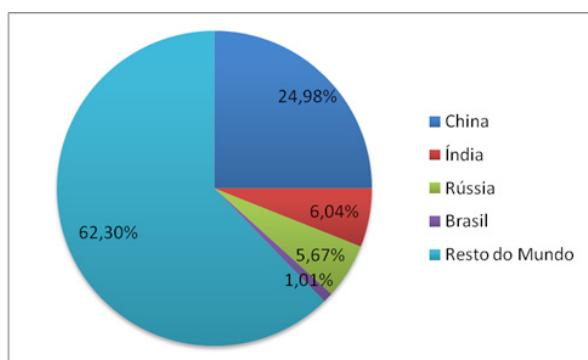


FIGURA 2 – Participações dos países do BRIC nas emissões de CO₂ no mundo, 2009.

FONTE: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa (2014).

4.1. As matrizes energéticas dos países do BRIC

As possíveis causas que fazem os países-membros do BRIC ocuparem as primeiras posições no ranking dos países mais poluentes encontram-se em suas fontes energéticas. Porém, tais países apresentam quadros energéticos completamente distintos, conforme descrito a seguir.

Menos da metade da matriz energética brasileira provém de combustíveis fósseis, sendo este um fenômeno único entre os países do BRIC. Em termos de fontes, a hidrelétrica e os biocombustíveis, ambas as energias renováveis, quando analisados conjuntamente, constituem a principal fonte de energia no país, alcançando aproximadamente 48% da matriz, embora deva-se ressaltar que com aproximadamente 36% o petróleo ocupa uma significativa posição.

Já no caso da China, diante da dimensão de sua economia e das altas taxas de crescimento, em 2009, além de ser o maior emissor de CO₂, foi também o maior consumidor mundial de energia. No entanto, grande parte de suas emissões decorre da dependência que possui de combustíveis fósseis, notadamente de carvão, sendo sua principal fonte de energia, a qual compreende aproximadamente 70% da matriz energética.

Já na Índia, embora sua matriz energética indique uma participação importante de biocombustíveis com aproximadamente 26%, a dependência que possui de combustíveis fósseis é predominante. Também em termos de fontes, ainda conforme a Figura 3, o carvão constitui a principal fonte de energia no país, alcançando aproximadamente 45% da matriz, embora se deva ressaltar que com aproximadamente 21% o petróleo ocupa uma significativa posição.

Por sua vez, a Rússia, um gigante em território e em produção de petróleo e gás natural, tem sua economia baseada na exportação de energia principalmente por essas duas fontes. Cabe destacar que, segundo Baumann *et al.* (2010), esse país possui a maior reserva de gás natural do mundo, sendo esta sua principal fonte de energia, responsável por aproximadamente 55% da matriz, conforme a Figura 3. Destacam-se também o petróleo e o carvão, com aproximadamente 19% e 16% da matriz, respectivamente.

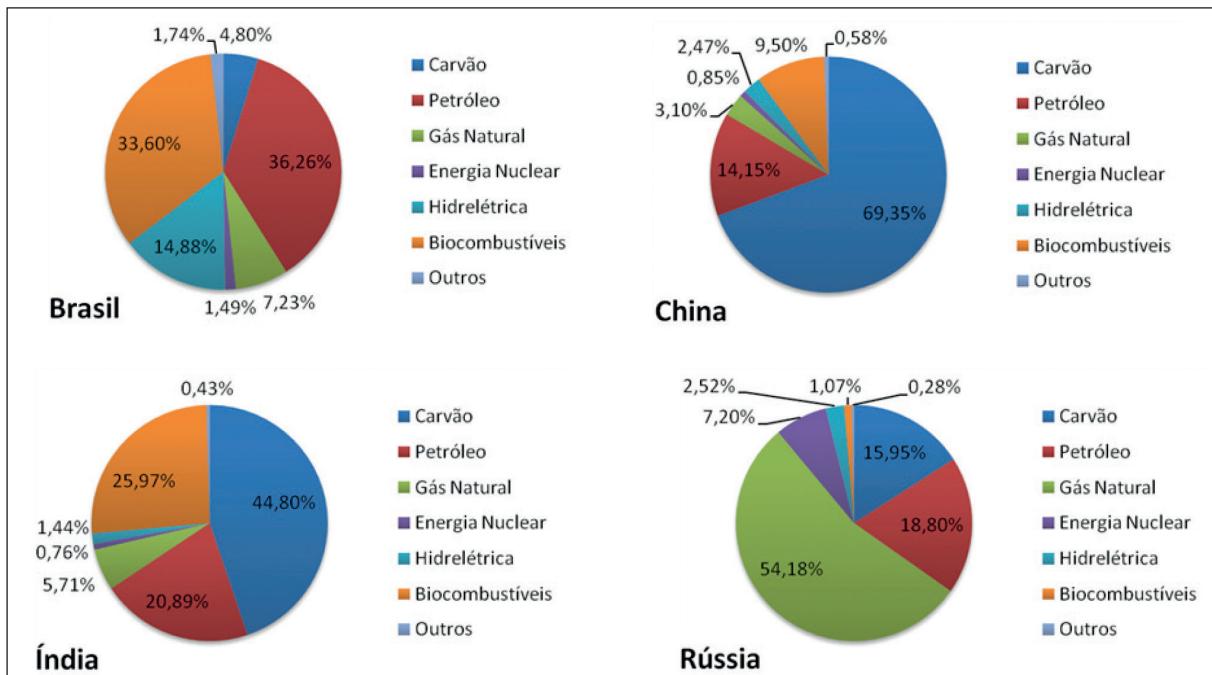


FIGURA 3 – Matrizes energéticas dos países do BRIC, em 2009.

FONTE: World Bank (2012).

Nesse contexto, a fim de identificar quais são os principais setores causadores de poluição dos países do BRIC, faz-se necessário relacionar a estrutura produtiva desses países com suas respectivas emissões de CO₂ para o ano de 2009, conforme será visto a partir do tópico a seguir.

4.2. A participação setorial e a intensidade das emissões de CO₂

A participação setorial no produto total da economia dos países-membros do BRIC faz um inventário dos setores mais poluentes e os menos poluentes, a partir do levantamento das emissões de CO₂ de cada país. A intensidade de emissões setoriais através do coeficiente direto das emissões de CO₂ é obtida por meio do quociente entre emissões setoriais e produto setorial.

A Tabela 4, referente à economia do Brasil, apresenta o valor da produção dos setores, bem como sua par-

ticipação no produto total da economia do país para o ano de 2009. Nela percebe-se que alguns setores apresentam maior participação na produção, quando comparado aos demais setores. Esse é o caso da Administração Pública (31), dos Alimentos, Bebidas e Fumo (3), dos Serviços Prestados às Empresas (30), da Intermediação Financeira (28) e da Construção (18), que juntos compreendem mais de 30% da produção total.

Além disso, ainda de acordo com a Tabela 4, é apresentado o volume de emissões de CO₂ de cada setor da economia, bem como suas participações nas emissões totais brasileiras. Percebe-se que, em 2009, alguns setores apresentaram maior participação nas emissões, sendo assim classificados como setores mais poluentes, dos quais se destacam: Transporte Terrestre (23), Metalurgia (12), Agropecuária (1), Outros Minerais não Metálicos (11) e Refino de Petróleo e Combustível Nuclear (8), os quais são responsáveis por mais de 50% do total de emissões de CO₂ no Brasil.

TABELA 4 – Participações dos setores no valor da produção e nas emissões de CO₂ no Brasil em 2009.

	Setores	Valor da Produção (US\$ milhão)	%	Emissões de CO ₂ (Gg)	%
1	Agropecuária	138.263,03	5,04%	25.358,03	10,09%
2	Extrativismo mineral	65.330,68	2,38%	17.119,45	6,81%
3	Alimentos, bebidas e fumo	185.216,45	6,76%	4.928,55	1,96%
4	Têxteis	40.968,21	1,49%	2.228,97	0,89%
5	Vestuário	12.122,97	0,44%	442,98	0,18%
6	Madeira e produtos da madeira	9.645,26	0,35%	385,81	0,15%
7	Papel, celulose e gráfica	41.873,97	1,53%	4.007,76	1,59%
8	Refino de petróleo e combust. nuclear	86.299,17	3,15%	17.782,13	7,08%
9	Indústria química	98.202,58	3,58%	15.898,69	6,33%
10	Borracha e plástico	30.106,61	1,10%	1.146,70	0,46%
11	Outros minerais não metálicos	26.135,97	0,95%	22.916,25	9,12%
12	Metalurgia	84.819,25	3,09%	27.963,65	11,13%
13	Máquinas e equipamentos	49.760,73	1,82%	1.123,28	0,45%
14	Eletrônicos e equipamentos ópticos	54.748,15	2,00%	1.705,17	0,68%
15	Equipamentos de transporte	105.034,03	3,83%	1.235,46	0,49%
16	Manufatura e reciclagem	22.202,85	0,81%	687,00	0,27%
17	Eletricidade, gás e água	85.358,90	3,11%	16.817,49	6,69%
18	Construção	142.687,29	5,21%	3.765,29	1,50%
19	Venda e manut. de veic. automotores	27.065,40	0,99%	776,69	0,31%
20	Atacado	88.106,78	3,21%	1.342,35	0,53%
21	Varejo	131.506,85	4,80%	6.028,96	2,40%
22	Hotéis e restaurantes	60.774,38	2,22%	1.855,97	0,74%
23	Transporte terrestre	80.266,20	2,93%	34.827,07	13,86%
24	Transporte aquático	4.512,58	0,16%	7.212,19	2,87%
25	Transporte aéreo	7.206,21	0,26%	3.519,52	1,40%
26	Outras atividades de suporte ao transp.	38.052,41	1,39%	3.813,67	1,52%
27	Comunicações	65.022,63	2,37%	2.365,84	0,94%
28	Intermediação financeira	155.511,46	5,67%	512,79	0,20%

	Setores	Valor da Produção (US\$ milhão)	%	Emissões de CO ₂ (Gg)	%
29	Aluguéis	126.895,28	4,63%	346,01	0,14%
30	Serviços prestados às empresas	165.345,16	6,03%	4.765,90	1,90%
31	Administração pública	220.706,60	8,05%	7.726,92	3,07%
32	Educação	98.583,19	3,60%	2.665,54	1,06%
33	Saúde	98.360,62	3,59%	1.688,51	0,67%
34	Outros serviços	94.462,37	3,45%	6.327,85	2,52%
TOTAL		2.741.154,20	100,00%	251.288,45	100,00%

FONTE: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa (2014).

Por outro lado, destacam-se os setores com menor participação na emissão de CO₂, ou seja, os setores menos poluentes do Brasil: Aluguéis (29), Madeira e Produtos da Madeira (6), Vestuário (5), Manufatura e Reciclagem (16) e, em especial, o setor de Intermediação Financeira (28), devido a sua participação expressiva no produto, conforme visto anteriormente, a qual reflete pouca participação nas emissões.

Para a economia da China, da mesma forma é apresentado o valor da produção dos setores, bem como sua participação no produto total da economia daquele país para o ano de 2009. Percebe-se que alguns setores apresentam maior participação na produção, quando comparado aos demais setores. Esse é o caso dos Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14), da Construção (18), da Metalurgia (12), da Agropecuária (1) e da Indústria Química (9), que juntos compreendem 38,75% da produção total.

Além disso, ao verificar o volume de emissões de CO₂ de cada setor da economia, bem como suas participações nas emissões totais chinesas, percebe-se que, em 2009, alguns setores apresentaram maior participação nas emissões, sendo assim classificados como os mais poluentes, dos quais se destacam: Outros Minerais não Metálicos (11), Metalurgia (12), Indústria Química (9), Extrativismo Mineral (2) e, em especial, o setor de Eletricidade, Gás e Água (17), cujas emissões de CO₂ compreendiam mais da metade do total da economia chinesa, isto é, 53,53%.

Por outro lado, destacam-se os setores com menor participação na emissão de CO₂, ou seja, os menos poluentes da China, que são: Venda e Manutenção de Veículos Automotores (19), Intermediação Financeira (28), Vestuário (5), Aluguéis (29) e Manufatura e Reciclagem (16), que juntos compreendem somente 0,27% do total das emissões.

Ao efetuar a mesma análise para a economia da Índia, além de apresentar o valor da produção dos setores, apresenta também a participação deles no produto total da economia desse país no ano de 2009. Alguns setores apresentam maior participação na produção, quando comparado aos demais setores. Esse é o caso da Construção (18), da Agropecuária (1), do Transporte Terrestre (23), da Metalurgia (12) e dos Alimentos, Bebidas e Fumo (3), que juntos compreendem mais de 40% da produção total.

Além disso, ao considerar o volume de emissões de CO₂ de cada setor da economia, bem como suas participações nas emissões totais indianas, percebe-se que em 2009 alguns setores apresentaram maior participação nas emissões, sendo assim classificados como os mais poluentes, dos quais se destacam: Metalurgia (12), Extrativismo Mineral (2), Outros Minerais não Metálicos (11), Alimentos, Bebidas e Fumo (3), e, em especial, o setor de Eletricidade, Gás e Água (17), cujas emissões de CO₂ compreendiam mais da metade do total da economia indiana, isto é, 54,18%.

Por outro lado, destacam-se os setores com menor participação na emissão de CO₂, ou seja, os menos poluentes da Índia, que são: Aluguéis (29), Vestuário (5), Venda e Manutenção de Veículos Automotores (19), Intermediação Financeira (28), e Saúde (33), que juntos compreendem somente 0,17% do total das emissões daquele país.

Na análise para a economia da Rússia, de forma semelhante é analisado o valor da produção dos setores, bem como sua participação no produto total da economia russa para o ano de 2009. Alguns setores apresentam maior participação na produção, quando comparado aos demais setores. Esse é o caso do Atacado (20), do Extrativismo Mineral (2), da Construção (18), dos Serviços prestados às empresas (30) e da Administração Pública (31), que juntos compreendem cerca de 35% da produção total daquele país.

Além disso, é verificado o volume de emissões de CO₂ de cada setor da economia, bem como sua participação nas emissões totais russas. Observa-se que, em 2009, alguns setores apresentaram maior participação nas emissões, sendo assim classificados como os mais poluentes, dos quais se destacam: Metalurgia (12), Transporte Terrestre (23), Extrativismo mineral (2), Outros Minerais não Metálicos (11) e, em especial, o setor de Eletricidade, Gás e Água (17), cujas emissões de CO₂ compreendiam mais da metade do total da economia russa, isto é, 50,6%.

Por outro lado, destacam-se os setores com menor participação na emissão de CO₂, ou seja, os menos poluentes da Rússia, que são: Vestuário (5), Manufatura e Reciclagem (16), Têxteis (4), Borracha e Plástico (10) e Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14), que juntos compreendem somente 0,18% do total das emissões russas.

Em síntese, os setores que mostraram maior participação na produção dos países do BRIC, em 2009, foram: Administração Pública no Brasil, Eletrônicos e Equipamentos Ópticos na China, Construção na Índia e Atacado na Rússia. Esses resultados confirmam que, embora os países do BRIC tenham sido unidos, suas estruturas produtivas não são semelhantes. Além disso, outro fato marcante é o peso que a Administração Pública tem para o Brasil, pois, entre os países analisados, é o que tem a maior participação do Estado na economia, isto é,

8,05%, enquanto o governo chinês, que propaga adotar um regime comunista, o governo indiano e o governo russo participam no valor total da produção com apenas 2,26%, 3,29% e 5,76%, respectivamente.

Os setores que apresentaram a maior participação nas emissões totais de CO₂ dos países do BRIC, em 2009, foram: Transporte Terrestre no Brasil e Eletricidade, Gás e Água nos outros três países. Esses resultados mostram que o principal causador da poluição da China, Índia e Rússia encontra-se na produção de energia, uma vez que suas fontes energéticas dependem notadamente de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás natural.

No que tange à intensidade de emissões setoriais é possível obter esses indicadores por meio do coeficiente direto das emissões de CO₂, o qual é obtido através do quociente entre emissões setoriais e produto setorial de cada um dos países que foram selecionados para análise, Brasil, China, Índia e Rússia. Assim, ao medir a intensidade que cada setor emite de CO₂ por unidade produzida, o coeficiente resultante possibilita classificar o setor como intensivo ou não no que se refere às emissões desse poluente.

Na análise é possível identificar o quanto é gerado de CO₂ diretamente por unidade de produto, por cada setor dos países do BRIC, para o ano de 2009. Assim, é possível quantificar alguns resultados importantes quanto aos coeficientes de emissões de CO₂ de cada um dos setores dos países selecionados, os quais serão analisados a seguir.

No caso do Brasil, os setores Transporte Aquático (24), Outros Minerais não Metálicos (11), Transporte Aéreo (25), Transporte Terrestre (23) e Metalurgia (12) são altamente intensivos na emissão de CO₂, com resultados iguais a aproximadamente 1,60, 0,88, 0,49, 0,43 e 0,33 gigagramas de CO₂ por milhão de dólares, em valores de 2009, respectivamente. Portanto, ao agregar os setores de transporte da economia brasileira, eles se destacam como os mais intensivos na emissão de CO₂, pois a cada milhão de dólares (em valores de 2009) de produto nesses setores são emitidos cerca de 2,5 gigagramas de CO₂.

Por outro lado, os menores coeficientes são observados nos seguintes setores: Aluguéis (29), Intermediação Financeira (28), Equipamentos de Transporte (15), Atacado (20) e Saúde (33), sendo estes os setores de

menor intensidade na emissão de CO₂ no Brasil, com resultados iguais a aproximadamente 0,003, 0,003, 0,012, 0,015 e 0,017 gigagramas de CO₂ por milhão de dólares, em valores de 2009, respectivamente.

No caso da China, os setores Transporte Aéreo (25), Outros Minerais não Metálicos (11), Transporte Aquático (24) e Metalurgia (12) são altamente intensivos na emissão de CO₂, com resultados iguais a aproximadamente 1,79, 1,77, 0,92 e 0,47 gigagramas de CO₂ por milhão de dólares, em valores de 2009, respectivamente. Em especial, destaca-se o setor de Eletricidade, Gás e Água (17) como o de maior intensidade na emissão de CO₂, uma vez que a cada milhão de dólares (em valores de 2009) de produto nesse setor são emitidos aproximadamente 6,90 gigagramas de CO₂.

Por outro lado, os menores coeficientes são observados nos seguintes setores: Intermediação Financeira (28), Aluguéis (29), Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14), Atacado (20) e Vestuário (5), sendo esses os de menor intensidade na emissão de CO₂ na China, com resultados iguais a aproximadamente 0,009, 0,012, 0,013, 0,014 e 0,026 gigagramas de CO₂ por milhão de dólares, em valores de 2009, respectivamente.

No caso da Índia, os setores Extrativismo Mineral (2), Outros Minerais não Metálicos (11), Transporte Aquático (24) e Madeira e Produtos da Madeira (6) são altamente intensivos na emissão de CO₂, com resultados iguais a aproximadamente 2,63, 2,46, 1,75 e 1,07 gigagramas de CO₂ por milhão de dólares, em valores de 2009, respectivamente. Em especial, destaca-se novamente o setor de Eletricidade, Gás e Água (17) como

o de maior intensidade na emissão de CO₂, uma vez que a cada milhão de dólares (em valores de 2009) de produto nesse setor são emitidos aproximadamente 12,5 gigagramas de CO₂.

Por outro lado, os menores coeficientes são observados nos seguintes setores: Aluguéis (29), Intermediação Financeira (28), Administração Pública (31), Atacado (20) e Manufatura e Reciclagem (16), sendo esses os de menor intensidade na emissão de CO₂ na Índia, com resultados iguais a aproximadamente 0,004, 0,007, 0,010, 0,013 e 0,013 gigagramas de CO₂ por milhão de dólares, em valores de 2009, respectivamente.

No caso da Rússia, os setores Outros Minerais não Metálicos (11), Metalurgia (12), Transporte Aéreo (25) e Indústria Química (9) são altamente intensivos na emissão de CO₂, com resultados iguais a aproximadamente 2,93, 1,99, 1,79 e 1,56 gigagramas de CO₂ por milhão de dólares, em valores de 2009, respectivamente. Em especial, destaca-se mais uma vez o setor de Eletricidade, Gás e Água (17) como o de maior intensidade na emissão de CO₂, uma vez que a cada milhão de dólares (em valores de 2009) de produto nesse setor são emitidos aproximadamente 6,45 gigagramas de CO₂.

Por outro lado, os menores coeficientes são observados nos seguintes setores: Serviços Prestados às Empresas (30), Intermediação Financeira (28), Atacado (20), Varejo (21) e Borracha e Plástico (10), sendo esses os setores de menor intensidade na emissão de CO₂ na Rússia, com resultados iguais a aproximadamente 0,020, 0,022, 0,029, 0,035 e 0,038 gigagramas de CO₂ por milhão de dólares, em valores de 2009, respectivamente.

TABELA 5 – Coeficientes diretos das emissões de CO₂ (Gg por US\$ milhão de 2009).

		Brasil	China	Índia	Rússia
1	Agropecuária	0,1834	0,1342	0,1845	0,2456
2	Extrativismo mineral	0,2620	0,4194	2,6325	0,6265
3	Alimentos, bebidas e fumo	0,0266	0,0909	0,5331	0,0445
4	Têxteis	0,0544	0,0764	0,1175	0,0729
5	Vestuário	0,0365	0,0261	0,0362	0,0516
6	Madeira e produtos da madeira	0,0400	0,0677	1,0710	0,1890

		Brasil	China	Índia	Rússia
7	Papel, celulose e gráfica	0,0957	0,2198	0,4344	0,0773
8	Refino de petróleo e combust. nuclear	0,2061	0,3924	0,4296	0,5353
9	Indústria química	0,1619	0,3340	0,5417	1,5584
10	Borracha e plástico	0,0381	0,0671	0,1085	0,0385
11	Outros minerais não metálicos	0,8768	1,7715	2,4621	2,9306
12	Metalurgia	0,3297	0,4757	0,7630	1,9918
13	Máquinas e equipamentos	0,0226	0,0575	0,1080	0,0600
14	Eletrônicos e equipamentos ópticos	0,0311	0,0132	0,0660	0,0401
15	Equipamentos de transporte	0,0118	0,0451	0,1528	0,0594
16	Manufatura e reciclagem	0,0309	0,0665	0,0127	0,0420
17	Eletricidade, gás e água	0,1970	6,9035	12,4926	6,4500
18	Construção	0,0264	0,0504	0,0402	0,0518
19	Venda e manut. de veíc. automotores	0,0287	-	0,0412	0,0425
20	Atacado	0,0152	0,0140	0,0126	0,0292
21	Varejo	0,0458	0,0607	0,0339	0,0353
22	Hotéis e restaurantes	0,0305	0,0783	0,4336	0,0967
23	Transporte terrestre	0,4339	0,3640	0,1705	0,9699
24	Transporte aquático	1,5982	0,9203	1,7515	1,2009
25	Transporte aéreo	0,4884	1,7907	0,8253	1,7862
26	Outras ativid. de suporte ao transp.	0,1002	0,2761	0,2884	0,1180
27	Comunicações	0,0364	0,0276	0,0811	0,0443
28	Intermediação financeira	0,0033	0,0086	0,0071	0,0217
29	Aluguéis	0,0027	0,0124	0,0041	0,0714
30	Serviços prestados às empresas	0,0288	0,0572	0,0468	0,0197
31	Administração pública	0,0350	0,0760	0,0099	0,0437
32	Educação	0,0270	0,0680	0,0252	0,0880
33	Saúde	0,0172	0,0937	0,0249	0,0522
34	Outros serviços	0,0670	0,1484	0,1183	0,4813

FONTE: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa (2014).

Em síntese, os setores mais intensivos na emissão de CO₂ dos países do BRIC, em 2009, foram os setores de transporte no Brasil e Eletricidade, Gás e Água nos outros três países. No caso do Brasil, esses resultados confirmam a necessidade desse país em obter maiores investimentos em meios de transporte alternativos, no intuito de atenuar os problemas causados pelos transportes e suas emissões de poluentes. Já em relação aos outros países do BRIC, por dependerem notadamente de combustíveis fósseis (carvão na China e Índia e gás natural na Rússia), os principais causadores de emissões de CO₂ encontram-se na produção de energia, razão pela qual suas matrizes energéticas são consideradas “sujas”.

4.3. Multiplicador de produção dos países do BRIC

Segundo Miller & Blair (2009), os multiplicadores indicam quanto é gerado, direta e indiretamente, em termos de emprego, importações, impostos ou qualquer outra variável para cada unidade diretamente gerada desses itens. Nesse sentido, o multiplicador de produção demonstra o potencial que cada setor tem para gerar mais produção de forma direta e indireta. Assim, quando há um aumento na demanda final, por exemplo, isso faz gerar um aumento de produção sobre o próprio setor que a atende (efeito direto) e também sobre todo o restante da economia, devido à necessidade de aquisição de insumos e transporte dos produtos (efeito indireto).

A Tabela 6 apresenta os resultados para o multiplicador de produção para cada setor dos países do BRIC, para o ano de 2009. Assim, é possível observar alguns resultados importantes quanto aos multiplicadores de produção de cada um dos setores dos países selecionados, os quais serão analisados a seguir.

No caso do Brasil, os setores que se destacam são: Equipamentos de Transporte (15), Refino de Petróleo e Combustível Nuclear (8), Alimentos, Bebidas e Fumo

(3), Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14) e Máquinas e Equipamentos (13), uma vez que apresentam os maiores multiplicadores de produção no período analisado. Assim, por exemplo, no setor de Equipamentos de Transporte (15), um aumento de US\$1,00 em sua produção gera US\$1,00 nesse setor (efeito direto²) e mais US\$1,60 em todos os setores da economia (efeito indireto), devido ao aumento da produção.

No caso da China, os setores que se sobressaem são: Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14), Equipamentos de Transporte (15), Borracha e Plástico (10), Têxteis (4) e Máquinas e Equipamentos (13), uma vez que apresentam os maiores multiplicadores de produção no período analisado. Assim, por exemplo, no setor de Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14), um aumento de US\$1,00 em sua produção gera US\$1,00 nesse setor (efeito direto) e mais US\$2,65 em todos os setores da economia (efeito indireto), devido ao aumento da produção.

No caso da Índia, os setores que se destacam são: Borracha e Plástico (10), Manufatura e Reciclagem (16), Metalurgia (12), Equipamentos de Transporte (15) e Máquinas e Equipamentos (13), uma vez que apresentam os maiores multiplicadores de produção no período analisado. Assim, por exemplo, no setor de Borracha e Plástico (10), um aumento de US\$1,00 na produção gera US\$1,00 nesse setor (efeito direto) e mais US\$1,88 em todos os setores da economia (efeito indireto), devido ao aumento da produção.

No caso da Rússia, os setores que se sobressaem são: Equipamentos de Transporte (15), Transporte Aéreo (25), Borracha e Plástico (10), Máquinas e Equipamentos (13) e Metalurgia (12), uma vez que apresentam os maiores multiplicadores de produção no período analisado. Assim, por exemplo, no setor de Equipamentos de Transporte (15), um aumento de US\$1,00 na produção gera US\$1,00 nesse setor (efeito direto) e mais US\$1,78 em todos os setores da economia (efeito indireto), devido ao aumento da produção.

²O impacto direto sobre a produção é igual ao montante dos investimentos nesse setor, isto é, o multiplicador direto de produção é sempre igual a 1.

TABELA 6 – Multiplicador de produção dos países do BRIC em 2009.

		Brasil	China	Índia	Rússia
1	Agropecuária	1,80	2,04	1,41	1,96
2	Extrativismo mineral	2,02	2,52	1,53	1,71
3	Alimentos, bebidas e fumo	2,43	2,81	2,53	2,41
4	Têxteis	2,09	3,44	2,60	2,29
5	Vestuário	2,18	3,38	2,49	2,30
6	Madeira e produtos da madeira	2,04	3,22	2,07	2,27
7	Papel, celulose e gráfica	2,06	3,23	2,61	2,32
8	Refino de petróleo e combust. nuclear	2,48	2,94	2,53	2,23
9	Indústria química	2,31	3,29	2,59	2,40
10	Borracha e plástico	2,27	3,55	2,88	2,61
11	Outros minerais não metálicos	2,11	3,05	2,39	2,29
12	Metalurgia	2,18	3,34	2,72	2,45
13	Máquinas e equipamentos	2,31	3,41	2,63	2,47
14	Eletrônicos e equipamentos ópticos	2,40	3,65	2,60	2,45
15	Equipamentos de transporte	2,60	3,62	2,65	2,78
16	Manufatura e reciclagem	2,05	2,86	2,87	2,45
17	Eletricidade, gás e água	1,81	3,02	2,41	2,31
18	Construção	1,90	3,29	2,38	2,23
19	Venda e manut. de veíc. automotores	1,48	1,00	1,22	1,65
20	Atacado	1,48	2,01	1,22	1,81
21	Varejo	1,48	2,01	1,22	1,61
22	Hotéis e restaurantes	2,04	2,60	2,15	1,98
23	Transporte terrestre	1,82	2,30	2,36	2,00
24	Transporte aquático	1,82	2,56	1,92	2,26
25	Transporte aéreo	1,82	3,16	2,25	2,61
26	Outras ativid. de suporte ao transp.	1,82	2,57	1,99	2,05
27	Comunicações	1,95	2,12	1,68	1,73
28	Intermediação financeira	1,54	1,72	1,43	1,52

		Brasil	China	Índia	Rússia
29	Aluguéis	1,13	1,43	1,17	1,59
30	Serviços prestados às empresas	1,69	2,72	1,57	1,74
31	Administração pública	1,56	2,21	1,00	1,92
32	Educação	1,45	2,17	1,21	1,57
33	Saúde	1,74	2,94	1,78	1,77
34	Outros serviços	1,66	2,53	1,36	1,92

FONTE: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa (2014).

Em síntese, os setores que apresentaram os maiores multiplicadores de produção dos países do BRIC, em 2009, foram Equipamentos de Transporte no Brasil e na Rússia, Eletrônicos e Equipamentos Ópticos na China e Borracha e Plástico na Índia, sendo esses, portanto, os setores-chave na produção de cada um dos países analisados.

4.4. Multiplicador de CO₂ dos países do BRIC

A fim de avaliar a relação da estrutura produtiva dos países-membros do BRIC com as emissões de CO₂, foram calculados os multiplicadores de CO₂ para cada setor de produção dos países desse grupo. Dessa forma, esse multiplicador busca mensurar as condições que cada setor tem para emitir mais CO₂, seja de forma direta ou indireta. Nesse sentido, quando houver um aumento na demanda final, por exemplo, haverá consequentemente mais emissão de CO₂ tanto sobre o próprio setor que a atende (efeito direto), como também sobre todo o restante da economia, devido à necessidade de aquisição de insumos e transporte dos produtos (efeito indireto).

No caso do Brasil, de modo geral, observa-se que o setor de Equipamentos de Transporte (15) destaca-se como o setor que apresenta o maior multiplicador de CO₂, visto que um aumento de 1Gg nas emissões de CO₂ desse setor provoca um aumento de 20,13Gg nas emissões de CO₂ em todos os setores da economia por efeito indireto, devido ao efeito em cadeia. Em seguida, destacam-se a Intermediação Financeira (28), as

Máquinas e Equipamentos (13), a Construção (18) e os Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14) como os setores que apresentam os maiores multiplicadores de CO₂ no período analisado.

No caso da China, de modo geral, nota-se que o setor de Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14) destaca-se por apresentar o maior multiplicador de CO₂, já que um aumento de 1Gg em suas emissões de CO₂ provoca um aumento de 87,24Gg nas emissões de CO₂ em todos os setores da economia por efeito indireto, devido ao efeito em cadeia. Também destacam-se o Atacado (20), a Intermediação Financeira (28), a Construção (18) e o Vestuário (5) como os setores que apresentam os maiores multiplicadores de CO₂ no período analisado.

No caso da Índia, de modo geral, constata-se que o setor de Manufatura e Reciclagem (16) destaca-se como o setor que apresenta o maior multiplicador de CO₂, dado que um aumento de 1Gg em suas emissões de CO₂ provoca um aumento de 71,72Gg nas emissões de CO₂ de todos os setores da economia por efeito indireto pelo efeito em cadeia. Também destacam-se a Intermediação Financeira (28), a Construção (18), os Aluguéis (29) e o Vestuário (5) como os setores que apresentam os maiores multiplicadores de CO₂ no período analisado.

No caso da Rússia, de modo geral, observa-se que o setor de Borracha e Plástico (10) destaca-se por apresentar o maior multiplicador de CO₂, visto que um aumento de 1Gg nas emissões de CO₂ desse setor provoca um aumento de 40,82Gg nas emissões de CO₂ em todos os setores da economia por efeito indireto pelo efeito em cadeia. Também destacam-se os Eletrônicos e Equipa-

mentos Ópticos (14), a Manufatura e Reciclagem (16), as Máquinas e Equipamentos (13) e os Serviços Prestados às Empresas (30) como os setores que apresentam os maiores multiplicadores de CO₂ no período analisado.

Em síntese, os setores que apresentaram os maiores multiplicadores de CO₂ dos países do BRIC, em 2009, foram: Equipamentos de Transporte no Brasil, Eletrônicos e Equipamentos Ópticos na China, Manufatura e Reciclagem na Índia e Borracha e Plástico na Rússia, sendo esses os setores dos países do BRIC que mais contribuíram para o aumento das emissões durante o período analisado.

Os resultados para o multiplicador de CO₂ para cada setor dos países do BRIC evidenciam as condições que cada um deles tem para emitir mais CO₂, seja de forma direta ou indireta. Deste modo, é possível observar que alguns setores da China, da Índia e da Rússia se destacam em relação aos demais setores, pelo fato de possuírem os mais altos multiplicadores, confirmando assim que as condições que esses países têm de gerar CO₂ é significativamente maior quando comparado ao caso do Brasil.

Assim, tais resultados possibilitam identificar os setores mais intensivos em poluição, dado que um aumento na produção de um deles faz essa atividade demandar uma produção adicional dos demais setores, sendo justamente esse aumento no produto dos demais setores e, por consequência, em suas emissões, que exerce impacto relativamente mais forte na economia.

4.5. Gerador de CO₂ dos países do BRIC

Por definição, um gerador indica, para cada setor da economia, o quanto é gerado direta e indiretamente de emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado ou outra variável de interesse para cada unidade monetária produzida para a demanda final (Miller & Blair, 2009). Nesse sentido, o gerador de CO₂ indica a quantidade gerada direta e indiretamente de CO₂ que corresponde a uma unidade monetária de demanda final. Dessa forma, o cálculo da geração de CO₂ para os países do BRIC foi realizado a fim de identificar os efeitos sobre as emissões de cada setor, causados por uma variação na demanda final em US\$ 1 milhão, cujos

resultados estão em gigagrama (Gg) de CO₂ por milhão de dólares de 2009.

No Brasil, de um modo geral, o setor de Transporte Aquático (24) destaca-se como o setor que causa o maior volume de emissões por aumento da demanda final. Assim, por exemplo, uma variação da demanda final desse setor em US\$ 1 milhão provoca um aumento de 1,71 Gg nas emissões de CO₂ em toda a economia, uma vez que, no intuito de atender esse aumento da demanda final, ele irá aumentar sua produção, assim como os demais setores que fornecem os insumos, causando, portanto, um efeito adicional nas emissões de CO₂. Também temos os setores de Outros Minerais não Metálicos (11), Transporte Aéreo (25), Metalurgia (12) e Transporte Terrestre (23) que mais contribuíram para o aumento total das emissões de CO₂ no período analisado.

Quanto à China, o setor de Eletricidade, Gás e Água (17) é o que causa o maior volume de emissões por aumento da demanda final. Assim, por exemplo, uma variação da demanda final deste setor em US\$ 1 milhão provoca um aumento de 10,58 Gg nas emissões de CO₂ em toda a economia, uma vez que, no intuito de atender esse aumento da demanda final, ele irá aumentar sua produção, assim como os demais setores que fornecem os insumos, causando, portanto, um efeito adicional nas emissões de CO₂. Em segundo lugar temos os setores Outros Minerais não Metálicos (11), Transporte Aéreo (25), Metalurgia (12) e Indústria Química (9) os que mais contribuíram para o aumento total das emissões de CO₂ no período analisado.

Na Índia, o setor de Eletricidade, Gás e Água (17) destaca-se como o setor que causa o maior volume de emissões por aumento da demanda final. Assim, por exemplo, uma variação da demanda final desse setor em US\$ 1 milhão provoca um aumento de 16,53 Gg nas emissões de CO₂ em toda a economia, uma vez que, no intuito de atender esse aumento da demanda final, ele irá aumentar sua produção, assim como os demais setores que fornecem os insumos, causando, portanto, um efeito adicional nas emissões de CO₂. Em segundo lugar temos os setores de Outros Minerais não Metálicos (11), Extrativismo Mineral (2), Metalurgia (12) e Transporte Aquático (24) os que mais contribuíram para o aumento total das emissões de CO₂ no período analisado.

Finalmente, no caso da Rússia, de modo geral, o setor de Eletricidade, Gás e Água (17) destaca-se com o maior volume de emissões por aumento da demanda final. Assim, por exemplo, uma variação da demanda final em US\$ 1 milhão provoca um aumento de 7,79 Gg nas emissões de CO₂ em toda a economia, uma vez que, no intuito de atender esse aumento da demanda final, ele irá aumentar sua produção, assim como os demais setores que fornecem os insumos, causando, portanto, um efeito adicional nas emissões de CO₂. Seguidamente, temos os setores Outros Minerais não Metálicos (11), Metalurgia (12), Transporte Aéreo (25) e Indústria Química (9) os que mais contribuíram para o aumento total das emissões de CO₂ no período analisado.

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.

5. Considerações finais

O presente trabalho teve como objetivo analisar as estruturas produtivas dos países do BRIC e sua relação com as emissões de CO₂, no ano de 2009. Para tanto, foram realizados cálculos no intuito de mensurar a intensidade das emissões, bem como os impactos diretos e indiretos causados pela poluição de cada setor. Por meio da metodologia insumo-produto foram calculados os multiplicadores e geradores de CO₂.

Os resultados mostraram que no caso do Brasil, os setores Transporte Terrestre, Metalurgia, Agropecuária, Outros Minerais não Metálicos e Refino de Petróleo e Combustível Nuclear foram os que apresentaram a maior participação nas emissões, sendo assim classificados como os mais poluentes, por serem responsáveis, conjuntamente, por mais de 50% do total de emissões de CO₂ do país. Já nos casos da China, Índia e Rússia, o setor de Eletricidade, Gás e Água foi classificado como o mais poluente, pois apresentou a maior participação nas emissões, sendo responsável, exclusivamente, por mais de 50% do total de emissões de CO₂ em cada um dos três países analisados.

No que diz respeito à intensidade de emissões setoriais, no caso do Brasil, os setores Transporte Aquático, Outros Minerais não Metálicos, Transporte Aéreo, Transporte Terrestre e Metalurgia são altamente intensivos na emissão de CO₂, sendo que ao agregar os setores de transporte dessa economia, eles se destacam como os mais intensivos na emissão desse poluente, pois a cada milhão de dólares (em valores de 2009) de produto nesses setores, são emitidos cerca de 2,5 gigagramas de CO₂. Nos casos da China, Índia e Rússia, o setor de Eletricidade, Gás e Água destaca-se como o de maior intensidade na emissão de CO₂, pois a cada milhão de dólares (em valores de 2009) de produto nesse setor, são emitidos, respectivamente, 6,90, 12,5 e 6,45 gigagramas de CO₂, em cada um dos países analisados.

Quanto aos multiplicadores de produção dos países do BRIC, em 2009, destacaram-se no Brasil e na Rússia o setor de Equipamentos de Transporte, na China o setor de Eletrônicos e Equipamentos Ópticos e na Índia o setor de Borracha e Plástico, sendo esses, portanto, os setores-chave na produção de cada um dos países analisados. Porém, a partir dos resultados, constatou-se a ausência de similaridade em relação aos principais setores entre os países do BRIC, confirmando que, embora tenham sido unidos, suas estruturas produtivas não são semelhantes, sendo ligados fundamentalmente pelo grande potencial de crescimento que possuem.

No que se refere ao multiplicador de CO₂, no caso do Brasil, o setor de Equipamentos de Transporte destaca-se como a atividade que apresenta o mais alto índice, visto que um aumento de 1Gg nas emissões desse setor irá provocar um aumento de 20,13 Gg em todos os setores da economia por efeito indireto, em razão do efeito em cadeia. Já no caso da China é o setor de Eletrônicos e Equipamentos Ópticos que apresenta o mais alto índice, visto que um aumento de 1Gg nas emissões de CO₂ desse setor provoca um aumento de 87,24 Gg nas emissões em todos os setores da economia. No caso da Índia, o maior índice é observado no setor de Manufatura e Reciclagem, com um acréscimo de 71,72 Gg nas emissões de CO₂ para cada aumento nas emissões desse setor. E na Rússia o responsável é o setor de Borracha e Plástico, com um acréscimo de 40,82 Gg nas emissões de CO₂ para cada aumento nas emissões desse setor.

Quanto ao gerador de CO₂, no caso do Brasil, observa-se que os setores de Transporte Aquático, Outros Minerais não Metálicos, Transporte Aéreo, Metalurgia e Transporte Terrestre destacam-se como os que causam o maior volume de emissões por aumento da demanda final nesse país. Em contrapartida, na China, Índia e Rússia é o setor de Eletricidade, Gás e Água que mais causa esse efeito.

Cabe, ainda, destacar que a partir da análise dos resultados, este estudo pôde identificar a presença de um

trade-off que os países-membros do BRIC enfrentam entre o aumento da produção e o controle das emissões de poluentes. Sugere-se, portanto, como uma possível discussão para trabalhos futuros, analisar a cadeia produtiva dos países-membros do BRIC, bem como seus impactos ambientais, utilizando determinadas ferramentas que forneçam, por exemplo, evidências empíricas que confirmem a curva de Kuznet ambiental, a qual aborda a controvérsia existente entre crescimento econômico, desenvolvimento sustentável e proteção ambiental.

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.
- Daly, H. E.; Farley, J. *Ecological Economics: Principles and applications*. Washington D.C.: Island Press, 2003.
- Delmont, L. G. *Análise dos Impactos Econômicos Oriundos da Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos para a Economia Brasileira no ano de 2004: uma abordagem insumo-produto*. Salvador, Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Bahia, 2007.
- Georgescu-Roegen, N. *The Entropy Law and the Economic Process*. New York: Pergamon Press, 1971. 457 p.
- Isard, W. Interregional and regional input-output analysis: a model of a space-economy. *Review of Economics and Statistics*, n.33, p. 319-328, 1951.
- Leontief, W. *The Structure of the American Economy*. New York: Oxford University Press, 1951. 264 p.
- Leontief, W. *Input-Output Economics*. 2 ed. New York: Oxford University Press, p. 241-260, 1986.
- Lyrio, M. C. *A ascensão da China como potência: fundamentos políticos internos*. Brasília: FUNAG, 2010.
- Marques, J. F.; Comune, A. E. A Teoria Neoclássica e a Valoração Ambiental. 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.
- May, P. H. Economia Ecológica e o Desenvolvimento Equitativo no Brasil. In: Cavalcanti, C. (Org.). *Desenvolvimento e Natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. São Paulo: Cortez, 2009.
- Natureza: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez, 2009.
- 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.
- Moretto, A. C. *Relações intersetoriais e inter-regionais na economia paranaense em 1995*. Piracicaba, Tese (Doutorado em Economia) – ESALQ, 2000.
- Mueller, C. C. *Os Economistas e as Relações entre o Sistema Econômico e o Meio Ambiente*. Brasília: Universidade de Brasília – Finatec, 2007.
- O'Neill, J. Building better global economic BRICs. *Global Economics Paper*, 66, 1-16, 2001.
- Romeiro, A. R. Economia ou Economia Política da Sustentabilidade. In: May, P. H.; Lustosa, M. C.; Vinha, V. (Org.). *Economia do Meio Ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- Spence, M. *Os Desafios do Futuro da Economia: o crescimento econômico mundial nos países emergentes e desenvolvidos*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001.
- Timmer, M. *The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods*. World Input-Output Database (WIOD), WIOD working paper n. 10, 2012.
- Tolmasquim, M. T. *Economia do Meio Ambiente: forças e fraquezas*. In: Cavalcanti, C. (Org.). *Desenvolvimento e Natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. São Paulo: Cortez, 2009.

Vieira, F. V.; Veríssimo, M. P. Crescimento Econômico em Economias Emergentes Selecionadas: Brasil, Rússia, Índia, China (BRIC) e África do Sul. *Economia e Sociedade*, 18, 3(37), 513-546, 2009.

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

World Bank. *World Development Indicators* 2012. World Bank, 2012. Disponível em: www.worldbank.org/pt/country/brazil. Acesso em: 15 jan. 2014.