



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

ADRIANO MARTINS DE SOUZA

**ESTRUTURA PRODUTIVA DOS PAÍSES DO BRIC
E SEUS IMPACTOS NAS EMISSÕES DE CO₂:
UMA ANÁLISE INSUMO-PRODUTO**

Londrina
2014

ADRIANO MARTINS DE SOUZA

**ESTRUTURA PRODUTIVA DOS PAÍSES DO BRIC
E SEUS IMPACTOS NAS EMISSÕES DE CO₂:
UMA ANÁLISE INSUMO-PRODUTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Regional (PPE), Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientadora: Prof^a Dr^a Irene Domenes Zapparoli

Londrina
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca
Central da Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S729E Souza, Adriano Martins de.
Estrutura produtiva dos países do BRIC e seus impactos nas emissões de CO₂ : uma análise insumo-produto / Adriano Martins de Souza. – Londrina, 2014.
72 f. : il.

Orientador: Irene Domenes Zapparoli.
Dissertação (Mestrado em Economia Regional) Universidade Estadual de Londrina, Centro de Estudos Sociais Aplicados, Programa de Pós-Graduação em Economia Regional, 2014.
Inclui bibliografia.

1. BRIC – Teses. 2. Dióxido de carbono – Emissão – Teses. 3. Relações intersetoriais – Teses. 4. Economia regional – Teses. I. Zapparoli, Irene Domenes. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Estudos Sociais Aplicados. Programa de Pós-Graduação em Economia Regional. III. Título.

CDU 330.35

ADRIANO MARTINS DE SOUZA

**ESTRUTURA PRODUTIVA DOS PAÍSES DO BRIC
E SEUS IMPACTOS NAS EMISSÕES DE CO₂:
UMA ANÁLISE INSUMO-PRODUTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Regional (PPE), Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof^a Dr^a Irene Domenes Zapparoli.
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Umberto Antonio Sesso Filho.
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Paulo Rogério Alves Brene.
Universidade Estadual do Norte do Paraná -
UENP

Londrina, 01 de agosto de 2014.

*Dedico à minha esposa Karin
e ao meu filho Davi*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por estar sempre presente em minha vida.

À minha amada esposa Karin pela paciência e apoio durante a elaboração deste trabalho. Obrigado por me motivar a cada dia para seguir em frente, e me mostrar o quanto sou amado, fazendo-me entender o significado do amor.

Ao meu filho Davi, que chegou em nossas vidas durante esse mestrado, trazendo alegria, motivação e esperança aos meus dias, me fazendo acreditar em todos os meus sonhos...te amo filho!

Aos meus pais, Edir e Elza, pelo apoio, força, incentivo e amor e por sempre terem acreditado em mim, me ajudando principalmente com suas orações para que eu pudesse atingir este objetivo.

Ao meu irmão Fábio e aos meus tios Marcelo e Elaine, por todo apoio, com os quais eu sempre pude contar.

À minha orientadora Irene Domenes Zapparoli, pelos seus ensinamentos e dedicação, e aos professores Umberto Antônio Sesso Filho e Paulo Rogério Alves Brene, pelas contribuições em relação ao desenvolvimento deste trabalho.

A todos os demais professores do Mestrado, pelos valiosos ensinamentos concedidos e aos meus colegas e amigos de curso, Vinícius, João, Daniel, José, Ovídio, Edson, Élcio, Nadja, Rogélio, Luiz e Renato, pela convivência e os bons momentos compartilhados enquanto estivemos juntos.

E ao amigo Emerson Esteves, que contribuiu diretamente no desenvolvimento deste trabalho. Obrigado por toda sua ajuda.

Por fim, agradeço a todos os amigos e familiares que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação e para a construção deste trabalho.

SOUZA, A. M. **Estrutura produtiva dos países do BRIC e seus impactos nas emissões de CO₂**: uma análise insumo-produto. 72 f. Dissertação (Pós-Graduação, Mestrado em Economia Regional). Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual de Londrina, Londrina/PR, 2014.

RESUMO

Estudos recentes indicam que o conjunto dos países emergentes, ou seja, o BRIC (formado por Brasil, Rússia, Índia e China), poderá se tornar, dentro de algumas décadas, a principal força na economia global. Porém, 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. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é identificar quais são os principais setores causadores de poluição dos países do BRIC, no ano de 2009, relacionando a estrutura produtiva desses países com as suas respectivas emissões de CO₂. Para tanto, utilizou-se como metodologia a matriz insumo-produto, sendo que a base de dados foi extraída do *World Input-Output Database* - WIOD. 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. Já a maior parte das emissões de CO₂ dos demais países do BRIC acaba ficando em seus próprios territórios, confirmando assim que embora esses países tenham um grande potencial de crescimento possuem em contrapartida uma ampla capacidade em gerar poluição.

Palavras-chave: BRIC. Emissão de CO₂. Matriz Insumo-Produto.

SOUZA, A. M. **Productive structure of the BRIC countries and their impacts on CO₂ emissions**: input-output analysis. 72 p. Dissertation (Post-Graduation, Masters in Regional Economics). Centre of Applied Social Studies, State University of Londrina, Londrina/PR, 2014.

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 has also increased the negative impact of these countries on the environment, 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 of the BRIC countries, in 2009, linking the productive structure of these countries with their corresponding CO₂ emissions. For this, we used the methodology as input-output matrix, and the database was extracted from the World Input-Output Database - WIOD. The results showed that, in Brazil's case, activities involving the transportation sectors were those that had the highest participation in emissions, which 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 had the highest participation in emissions over the analyzed period. Other important results indicate that a large part of Brazil's emissions from an increase of its production, is overflowed to other countries, which is an indicator of Brazil's dependence on imported inputs. However, most of the CO₂ emissions from other BRIC countries ends up in their own territories, thus confirming that while they have a great growth potential, there is also an ample capacity to generate pollution.

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

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Participação dos gases de efeito estufa nas emissões mundiais em 2009.....	17
Tabela 2 -	Setores produtivos para a matriz insumo-produto	24
Tabela 3 -	Emissões de CO2 de 40 países e o resto do mundo, em 2009	34
Tabela 4 -	Participações dos setores no valor da produção e nas emissões de CO2 na economia do Brasil em 2009	39
Tabela 5 -	Participações dos setores no valor da produção e nas emissões de CO2 na economia da China em 2009.....	41
Tabela 6 -	Participações dos setores no valor da produção e nas emissões de CO2 na economia da Índia em 2009	43
Tabela 7 -	Participações dos setores no valor da produção e nas emissões de CO2 na economia da Rússia em 2009	45
Tabela 8 -	Coeficientes diretos das emissões de CO2 (Gg por US\$ milhão de 2009)	49
Tabela 9 -	Multiplicador de produção dos países do BRIC em 2009	52
Tabela 10 -	Multiplicador de CO2 dos países do BRIC em 2009.....	56
Tabela 11 -	Gerador de CO2 dos países do BRIC em 2009.....	60
Tabela 12 -	Transbordamento da emissão de CO2 dos países do BRIC em 2009	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Emissões de CO2 dos países do BRIC, 1995-2009 (Gg milhões)	33
Gráfico 2 -	Participações dos países do BRIC nas emissões de CO2 no mundo, 2009	35
Gráfico 3 -	Matrizes Energéticas dos países do BRIC em 2009	37
Gráfico 4 -	Multiplicador de produção dos países do BRIC em 2009	53
Gráfico 5 -	Decomposição das emissões de CO2 dos países do BRIC em 2009	66

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	7	
LISTA DE GRÁFICOS	8	
1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	PANORAMA AMBIENTAL GERAL	12
2.1.1	A inclusão das Questões Ambientais nas Decisões Econômicas	12
2.1.2	O Debate entre Economia Ambiental e Economia Ecológica	14
2.1.3	As Emissões de CO ₂ e o Aquecimento Global.....	16
2.2	EVIDÊNCIAS NA LITERATURA DA UTILIZAÇÃO DE MODELOS DE INSUMO-PRODUTO NAS QUESTÕES AMBIENTAIS	18
3	METODOLOGIA	23
3.1	FONTES DOS DADOS.....	23
3.2	A MATRIZ DE INSUMO-PRODUTO.....	25
3.2.1	Matriz de Insumo-Produto Inter-Regional	25
3.2.2	Análise de Impacto	28
3.2.3	Geradores	29
3.2.4	Multiplicadores	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1	A CAPACIDADE PRODUTIVA DOS PAÍSES DO BRIC E A EMISSÃO DE CO ₂	31
4.1.1	As Matrizes Energéticas dos Países do BRIC	35
4.1.2	A Participação Setorial e a Intensidade das Emissões de CO ₂	38
4.1.3	Multiplicador de Produção dos Países do BRIC	50
4.1.4	Multiplicador de CO ₂ dos Países do BRIC	54
4.1.5	Gerador de CO ₂ dos Países do BRIC	57
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
	REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

Por apresentarem algumas peculiaridades, seja pelo tamanho ou dinamismo, ao grupo de países em desenvolvimento, formado por Brasil, Rússia, Índia e China, foi cunhado pelo economista Jim O'Neill, 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, p. 10).

No entanto, junto com o crescente poder econômico, aumenta-se também o impacto negativo desses países sobre o meio ambiente, sendo que as principais preocupações se referem às emissões de gases causadores de efeito estufa (GEE), sobretudo referentes às emissões de dióxido de carbono (CO₂).

É importante mencionar que a intensificação da concentração dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, em especial do dióxido de carbono (CO₂), tem interferido no sistema climático de modo que poderá desencadear, nos próximos anos, um aumento da temperatura média do planeta, impulsionando o processo de aquecimento global. Assim, a crescente importância da problemática ambiental, decorrente da poluição, tem acelerado os esforços sobretudo dos planejadores de políticas em 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 com as 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 dos países do BRIC, mensurando o impacto que cada setor produtivo causa nas emissões de CO₂. A partir disso, buscam-se levantar quais são os maiores poluidores entre os setores desses países, quanto à emissão de CO₂. Para tanto, é usado o método quantitativo, o qual demonstra a

intensidade das emissões por setor, como também os impactos causados pela poluição de cada um deles, direta e indiretamente.

Além disso, a presente pesquisa utiliza como ferramenta a matriz insumo-produto, da qual obtêm-se 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 países membros do BRIC, ou seja, Brasil, China, Índia e Rússia, dada a crescente preocupação com os impactos do aumento das emissões de CO₂ na atmosfera em razão das perspectivas de crescimento econômico desses países.

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos, incluindo essa introdução. O segundo capítulo oferece um panorama acerca das questões ambientais, incorporando assuntos pertinentes ao meio ambiente e seus impactos econômicos; além disso, apresenta evidências na literatura de trabalhos, nacionais e internacionais, que utilizaram modelos de insumo-produto nas questões ambientais. O terceiro capítulo abrange os aspectos metodológicos da pesquisa. No quarto capítulo são apresentados os resultados apurados e a interpretação dos mesmos. Finalmente, no último capítulo, as considerações finais apresentam as principais conclusões e contribuições da pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo busca oferecer um panorama acerca das questões ambientais incorporando assuntos pertinentes ao meio ambiente e seus impactos econômicos. Para tanto, o mesmo está dividido em duas seções. Inicialmente é abordado o panorama ambiental geral, mostrando a inclusão das questões ambientais nas decisões econômicas ao longo do tempo. Além disso, apresenta o debate entre economia ambiental e economia ecológica e expõe o problema gerado pelo aumento das emissões de gases na atmosfera, principalmente o CO₂. Já a segunda seção mostra algumas aplicações encontradas na literatura referentes à utilização de modelos de insumo-produto nas questões ambientais.

2.1 PANORAMA AMBIENTAL GERAL

2.1.1 A inclusão das Questões Ambientais nas Decisões Econômicas

Durante muito tempo, a teoria econômica descartava as relações existentes entre o sistema econômico e o 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. Entretanto, no final da década de 1960 e início da década de 1970, essa situação amplamente predominante, começou a perder força, devido, principalmente, ao aparecimento de correntes de pensamento da economia do meio ambiente. A partir dessa década, se desenvolveram associações de economistas ambientais que, por sua vez, começaram a desenvolver análises do impacto de restrições ambientais sobre o crescimento econômico e da escala da economia sobre a exploração dos recursos naturais (MUELLER, 2007, p. 562).

Logo, a inclusão das questões ambientais nas decisões econômicas acarretou no reconhecimento de que o modelo de desenvolvimento dos países está associado ao modo como a população utiliza os recursos naturais e sua relação intertemporal. 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 um debate a respeito da qualidade de vida das pessoas e de sua sobrevivência.

Conforme ressalta Mueller (2007, p. 130), esse processo de incorporação das dimensões ambiental e ecológica à análise econômica está associado a três eventos:

- 1) **A intensificação da poluição nas economias industrializadas**, em razão da expansão industrial da Europa, Estados Unidos, Japão e União Soviética, após a II Guerra Mundial;
- 2) **Os choques do petróleo da década de 1970**, que marcaram profundamente a opinião pública em quase todo o mundo quanto ao esgotamento iminente do petróleo, aumentando as dúvidas sobre a viabilidade da continuação do uso de energia e recursos naturais; e
- 3) **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 se confrontaria, dentro de poucas décadas, com os limites do seu crescimento, devido ao esgotamento dos recursos naturais.

Conseqüentemente, durante este período, foram desenvolvidos os primeiros modelos neoclássicos de equilíbrio geral, os quais atribuíam ao meio ambiente os papéis de fornecer recursos naturais ao sistema econômico e assimilar os resíduos e os rejeitos dos processos de produção e de consumo (MUELLER, 2007. p. 562).

Já na década de 1990, a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – Rio 92¹ - e mais recentemente na Rio + 10², em 2002, e na Rio + 20, em 2012, mudaram significativamente os paradigmas nos debates acerca dos problemas ambientais, repercutindo mundialmente por meio do Protocolo de Kyoto, de âmbito global e da

¹ Também chamada de Cúpula da Terra ou Eco 92.

² Realizada em Johannesburgo, África do Sul.

Agenda 21, de âmbito regional (DELMONT, 2007, p. 114).

Cabe destacar ainda que no meio acadêmico a gênese desta temática é atribuída à publicação de Rachel Carson (*Silent Spring: fawcet crest*, 1962), da qual surgiram trabalhos como o de Paul Ehrlich (*The Population Bomb*, 1966) e o de Garret Hardin (*Tragedy of the Commons*, 1968), os quais reforçaram a teoria malthusiana³, que relaciona a degradação ambiental dos recursos naturais ao crescimento populacional.

A crescente importância da problemática ambiental decorrente da poluição, da criação de resíduos e da deterioração dos recursos ambientais tem impulsionado os esforços, sobretudo dos planejadores de políticas públicas, em conteúdos que incorporem a dimensão ambiental nas propostas de desenvolvimento social e econômico.

2.1.2 O debate entre Economia Ambiental e Economia Ecológica

Dentre as correntes do pensamento econômico, algumas delas têm buscado desenvolver certos conceitos e métodos no 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 & COMUNE, 1996, p. 384).

De acordo com Sekiguchi & Pires (2009), a economia ambiental se desenvolveu a partir das décadas de 1960 e 1970, principalmente nos Estados Unidos da América (EUA) e em certos centros de pesquisa europeus, no intuito de avaliar as questões ligadas às economias da poluição ou dos recursos naturais, a partir da utilização de técnicas de análises de custos/benefícios e insumo/produto.

Fundamentada na teoria neoclássica tradicional, esta corrente considera que os recursos naturais não representam um limite à expansão econômica, mesmo no longo prazo. Ao contrário, cabe destacar que inicialmente esses recursos sequer apareciam em suas reproduções sintéticas da realidade econômica, apontando que a economia poderia se desenvolver sem se preocupar

³ Essa problemática, que se faz constantemente presente na atualidade, foi abordada inicialmente na teoria econômica por T. R. Malthus, em 1798, na sua obra *An Essay on the Principle of Population*.

com os recursos naturais, ou seja, que a economia cresce de forma autônoma (ROMEIRO, 2010, p. 318).

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, havendo escassez dos recursos naturais, essa 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 esse processo de substituição não limite o crescimento econômico a longo prazo.

Neste contexto, conforme Tolmasquim (2009, p. 325), a economia ambiental se desenvolveu principalmente em quatro direções:

- 1) A elaboração da técnica de valoração em termos monetários dos problemas do meio ambiente e a aplicação da análise custo-benefício;
- 2) A concepção e implantação de instrumentos de políticas ambientais: abordagem por taxas e mercados de direito a poluir;
- 3) As pesquisas sobre a dimensão internacional dos fenômenos políticos e ambientais; e
- 4) A reflexão sobre a implantação de um processo de desenvolvimento sustentável para a proteção dos recursos do planeta e a difícil conciliação da ajuda ao desenvolvimento e a proteção ao meio ambiente.

Cabe destacar que 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, ao ponto de se tornar hoje um importante ramo das ciências econômicas (TOLMASQUIM, 2009, p. 429).

Todavia, conforme Sekiguchi & Pires (2009), a segunda corrente de interpretação, isto é, 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 de *The Entropy Law and the Economic Process*.

De acordo com Stahel (2009), a contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen traz uma 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 de recursos naturais disponíveis (baixa entropia) em lixo e poluição (alta entropia).

Segundo esta corrente, o sistema econômico é um subsistema de um todo maior que o contém, o que estabelece um limite total à sua expansão. Assim, para os economistas ecológicos, o desenvolvimento econômico não será possível sem que haja uma estabilização dos níveis de consumo de acordo com a capacidade de carga do planeta (ROMEIRO, 2010, p. 318).

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 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.

Deste modo, se a economia ambiental constrói seus argumentos fundamentada 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 conflito entre essas duas correntes do pensamento econômico, sendo que o presente trabalho, devido ao método escolhido, isto é, a matriz insumo-produto, terá por base a economia ambiental em todo o processo da análise dos resultados. Tal escolha se fez, sobretudo, por esta abordagem permitir avaliar monetariamente os danos ambientais, determinando assim, entre os diversos componentes dos custos e benefícios, uma solução economicamente eficaz.

2.1.3 As Emissões de CO₂ e o Aquecimento Global

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).

Além disso, segundo Jannuzzi (1996), esse 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.

Conforme o *World Input-Output Database* (WIOD), 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 conforme Tabela 1. Assim, 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
NO _x	100.675,22	0,39
SO _x	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).

Nesse sentido, como já mencionado, 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 grandemente 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.

Os impactos decorrentes do aquecimento global poderão trazer consequências irreversíveis para os ecossistemas e sua biodiversidade, atingindo diretamente as sociedades humanas. Ainda de acordo com Pereira & May (2010, p. 222), 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.

2.2 EVIDÊNCIAS NA LITERATURA DA UTILIZAÇÃO DE MODELOS DE INSUMO-PRODUTO NAS QUESTÕES AMBIENTAIS

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, uma vez que sua 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 manufacturado). 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 Manufacturado, 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 Moraes *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 Moraes *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.

Portanto, no intuito de avançar nessa discussão, esta dissertação 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.

3 METODOLOGIA

Nesta pesquisa inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico e documental quanto às emissões atmosféricas de CO₂ e seus impactos no meio ambiente, a fim de se buscar um maior entendimento sobre o assunto. Além disso, buscou-se interligar tais emissões às atividades econômicas, no intuito de analisar o impacto das estruturas produtivas nas emissões de CO₂, acreditando-se que um maior controle sobre seus danos pode ser feito através de melhores previsões.

Este capítulo tem por objetivo apresentar a metodologia do modelo insumo-produto empregada nos cálculos realizados, 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. Para tanto, o capítulo está dividido em duas seções. A primeira apresenta a fonte de dados e a segunda o método utilizado na pesquisa.

3.1 FONTES DOS DADOS

A estrutura dos dados utilizada nesta dissertação 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 através 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 desta dissertação fundamenta-se nas tabelas de insumo-produto de 40 países⁴ (27 países da União Europeia e outros 13 países selecionados) mais o restante do

⁴ 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.

mundo, no ano de 2009. Cabe salientar que tais tabelas apresentam 35 setores produtivos, conforme a Tabela 2. 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.

Tabela 2 - 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. Portanto, no que se refere aos resultados e discussões, esta dissertação 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 divulgado 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 em 35 setores para cada região. Cabe destacar, ainda, que esta matriz possui também dados referentes à demanda final e ao valor adicionado.

3.2.1 Matriz de Insumo-Produto Inter-Regional

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

O Quadro 1 apresenta de uma forma esquemática as relações dentro de um sistema de insumo-produto 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.

Quadro 1- Relações de Insumo-Produto num sistema inter-regional

	Setores - Região L	Setores - Região M	L	M	
Setores - Região L	Insumos Intermediários LL	Insumos Intermediários LM	DF LL	DF LM	Produção Total L
Setores - Região M	Insumos Intermediários ML	Insumos Intermediários MM	DF ML	DF MM	Produção Total M
	Importação Resto Mundo (M)	Importação Resto Mundo (M)	M	M	M
	Impostos Ind. Liq. (IIL)	Impostos Ind. Liq. (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 inter-setoriais e inter-regionais de bens para as regiões L e M, com 2 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:

$$Z = \begin{bmatrix} Z^{LL} & Z^{LM} \\ Z^{ML} & Z^{MM} \end{bmatrix} \quad (1)$$

em que

Z^{LL} e Z^{MM} , representam matrizes dos fluxos monetários intra-regionais, e

Z^{LM} e Z^{ML} , representam matrizes dos fluxos monetários inter-regionais.

Considerando a equação de Leontief (1951 e 1986)

$$X_i = z_{i1} + z_{i2} + \dots + z_{in} + Y_i \quad (2)$$

em que, X_i indica o total da produção do setor i , z_{in} o fluxo monetário do setor i para o setor n e Y_i a demanda final por produtos do setor i , é possível aplicá-la conforme,

$$X_1^L = z_{11}^{LL} + z_{12}^{LL} + \dots + z_{11}^{LM} + z_{12}^{LM} + \dots + Y_1^L \quad (3)$$

em que X_1^L é o total do bem 1 produzido na região L.

Considerando os coeficientes de insumo regional para L e M, obtêm-se os coeficientes intra-regionais:

$$a_{ij}^{LL} = \frac{z_{ij}^{LL}}{X_j^L} \Rightarrow z_{ij}^{LL} = a_{ij}^{LL} \cdot X_j^L \quad (4)$$

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

$$a_{ij}^{MM} = \frac{z_{ij}^{MM}}{X_j^M} \Rightarrow z_{ij}^{MM} = a_{ij}^{MM} \cdot X_j^M \quad (5)$$

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:

$$a_{ij}^{ML} = \frac{z_{ij}^{ML}}{X_j^L} \Rightarrow z_{ij}^{ML} = a_{ij}^{ML} \cdot X_j^L \quad (6)$$

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

$$a_{ij}^{LM} = \frac{z_{ij}^{LM}}{X_j^M} \Rightarrow z_{ij}^{LM} = a_{ij}^{LM} \cdot X_j^M \quad (7)$$

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:

$$X_1^L = a_{11}^{LL} X_1^L + a_{12}^{LL} X_2^L + a_{11}^{LM} X_1^M + a_{12}^{LM} X_2^M + Y_1^L \quad (8)$$

As produções para os demais setores são obtidas de forma similar.

Isolando, Y_1^L e colocando em evidência X_1^L , tem-se:

$$(1 - a_{11}^{LL}) X_1^L - a_{12}^{LL} X_2^L - a_{11}^{LM} X_1^M - a_{12}^{LM} X_2^M = Y_1^L \quad (9)$$

As demais demandas finais podem ser obtidas similarmente.

Portanto, de acordo com $A^{LL} = Z^{LL} (\bar{X}^L)^{-1}$, constrói-se a matriz A^{LL} , para os 2 setores, em que A^{LL} representa a matriz de coeficientes técnicos intra-regionais de produção. Saliente-se que esta mesma formulação valeria para A^{LM} , A^{MM} , A^{ML} .

Definem-se agora as seguintes matrizes:

$$A = \begin{bmatrix} A^{LL} & M & A^{LM} \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ A^{ML} & M & A^{MM} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$X = \begin{bmatrix} X^L \\ \Lambda \\ X^M \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$Y = \begin{bmatrix} Y^L \\ \Lambda \\ Y^M \end{bmatrix} \quad (12)$$

O sistema inter-regional completo de insumo-produto é representado por:

$$(I - A)X = Y, \quad (13)$$

e as matrizes podem ser dispostas da seguinte forma:

$$\left\{ \begin{bmatrix} I & M & 0 \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ 0 & M & I \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} A^{LL} & M & A^{LM} \\ K & K & K \\ A^{ML} & M & A^{MM} \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} X^L \\ \Lambda \\ X^M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^L \\ \Lambda \\ Y^M \end{bmatrix} \quad (14)$$

Efetuada estas operações, obtêm-se os modelos básicos necessários à análise inter-regional proposta por Isard, resultando no sistema de Leontief inter-regional da forma:

$$X = (I - A)^{-1} Y \quad (15)$$

3.2.2 Análise de Impacto

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

$$X = (I - A)^{-1} Y \quad (16)$$

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:

$$\Delta X = (I - A)^{-1} \Delta Y \quad (17)$$

$$\Delta V = \hat{v} \Delta X \quad (18)$$

Em que ΔY e ΔX são vetores ($n \times 1$) que mostram, respectivamente, a

estratégia setorial e os impactos sobre o volume da produção, enquanto que ΔV é um vetor ($n \times 1$) 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 ($n \times n$) 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:

$$v_i = \frac{V_i}{X_i} \quad (19)$$

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 .

3.2.3 Geradores

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

$$GV_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} v_i \quad (20)$$

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.

3.2.4 Multiplicadores

Segundo Miller e Blair (2009), a divisão dos geradores pelo respectivo coeficiente direto gera os multiplicadores, que indicam quanto é gerado,

direta e indiretamente, em termos de emprego, importações, impostos ou qualquer outra variável para cada unidade diretamente gerada desses itens. Por exemplo, o multiplicador de emprego indica a quantidade de empregos criados, direta e indiretamente, para cada emprego direto criado. O multiplicador do *i*-ésimo setor seria dado então por:

$$MV_i = \frac{GV_i}{v_i} \quad (21)$$

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:

$$MP_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad (22)$$

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 DISCUSSÕES

No intuito de analisar a estrutura produtiva dos países membros do BRIC (Brasil, China, Índia e Rússia) e seus impactos nas emissões de CO₂, o presente capítulo trata da apresentação dos resultados obtidos por meio da aplicação da metodologia descrita no capítulo anterior, a partir da base de dados disponibilizada pelo *World Input-Output Database* (WIOD). Para tanto, o capítulo está dividido conforme descrito a seguir.

Primeiramente, procura-se contextualizar a situação econômica dos países que são foco desta pesquisa, destacando suas participações nas emissões de CO₂ e apresentando as suas matrizes energéticas. Na sequência, apresentam-se os resultados a partir dos dados básicos, dos quais calculam-se as participações dos setores no valor da produção e nas emissões de CO₂, identificando a partir disso, a intensidade das emissões de cada setor dos países do BRIC. Logo em seguida, são apresentados os resultados do multiplicador de produção dos países selecionados, sendo que, na seção consecutiva, são apresentados os multiplicadores de CO₂ destas economias. E finalmente, na seção seguinte, são descritos os resultados dos geradores de CO₂, de modo que, no intuito de complementar esta análise, são apresentados na sequência, os efeitos diretos e indiretos, bem como os seus transbordamentos.

4.1 A CAPACIDADE PRODUTIVA DOS PAÍSES DO BRIC E A EMISSÃO DE CO₂

Estudos recentes indicam que o conjunto de países emergentes, formado por Brasil, Rússia, Índia e China, 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, p. 513-546).

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 Sachsum, em seu artigo *Building Better Global Economic BRICs*, publicado em 2001, o acrônimo "BRIC", o qual tem se tornado alvo de

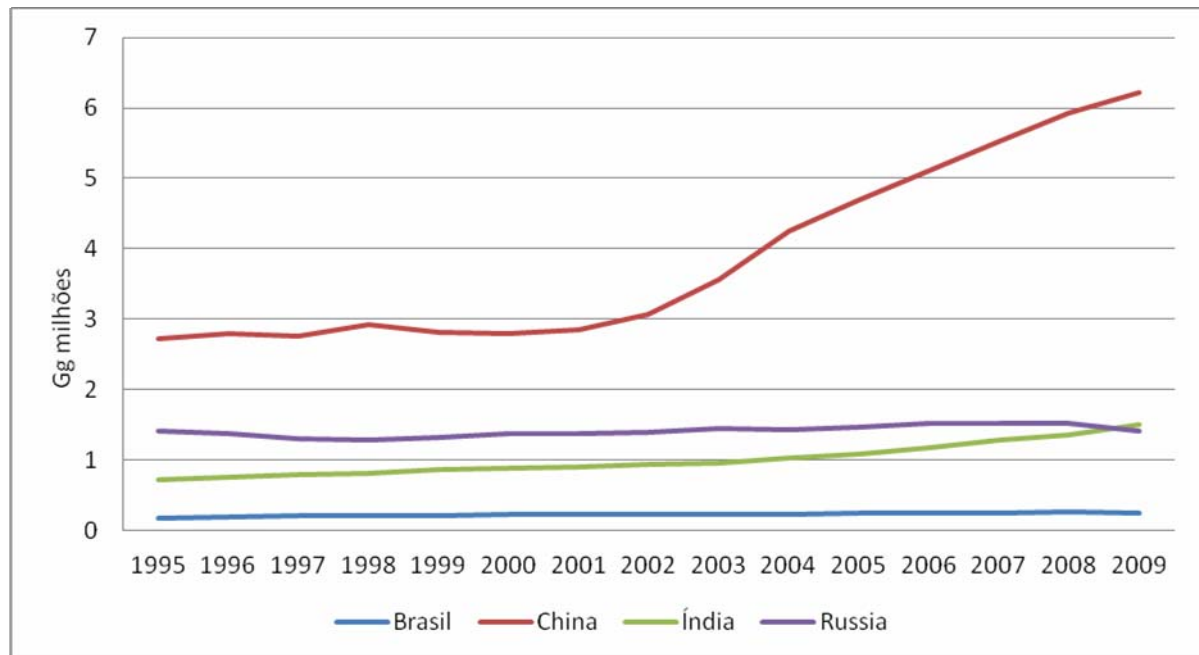
crecente interesse no cenário internacional⁵. É importante ressaltar que a origem do nome reproduz a idéia de novos fundamentos da futura economia mundial, pois o acrônimo trata-se de um trocadilho com a palavra inglesa *brick*, que significa tijolo.

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%.

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 (GEE), à degradação do solo e à perda contínua da biodiversidade. Conforme afirma Spence (2011), 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 os mesmos, superando assim os níveis seguros de poluição.

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

⁵ 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 nesta dissertação.

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

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados do WIOD (2014).

Cabe destacar que no caso particular de crescimento nas emissões chinesas, este 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), tal crescimento econômico baseia-se 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 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.

Cabe destacar ainda que, de acordo com o *World Input-Output Database* (WIOD), em 2009, aproximadamente 25 milhões de gigagramas de CO₂ (ou seja, 25 bilhões de toneladas de CO₂) foram lançados na atmosfera, conforme a Tabela 3, sendo esta quantidade expressivamente superior à capacidade do ecossistema em absorvê-la.

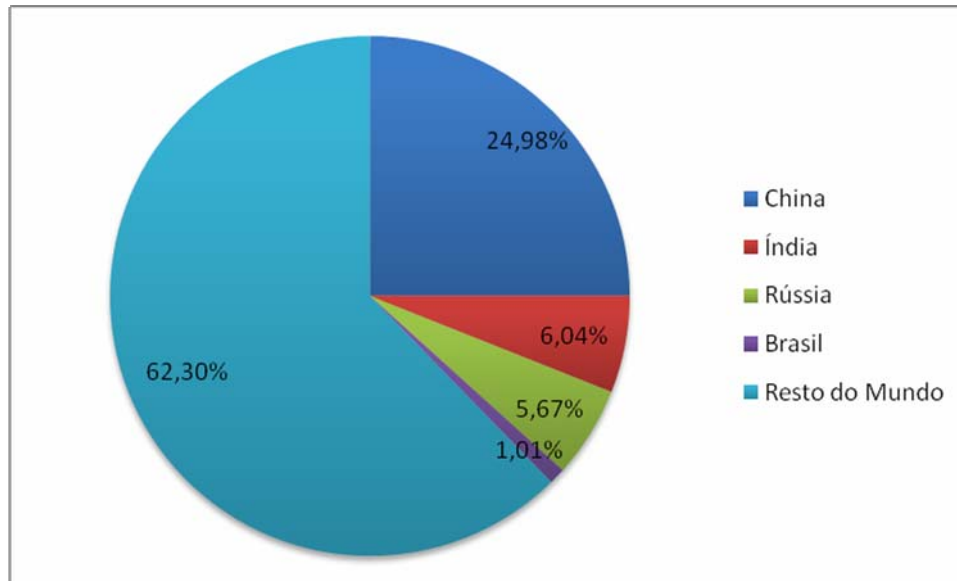
Tabela 3 - Emissões de CO₂ de 40 países e o resto do mundo, em 2009

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
Coréia 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 pelo autor, a partir de dados da pesquisa (2014).

Porém, em se tratando apenas dos países do BRIC, estes 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 o Gráfico 2.

Gráfico 2 - Participações dos países do BRIC nas emissões de CO₂ no mundo, 2009.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da pesquisa (2014).

4.1.1 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 nas suas fontes energéticas. Porém, tais países apresentam quadros energéticos completamente distintos, conforme descrito a seguir.

Como aponta o Gráfico 3, 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.

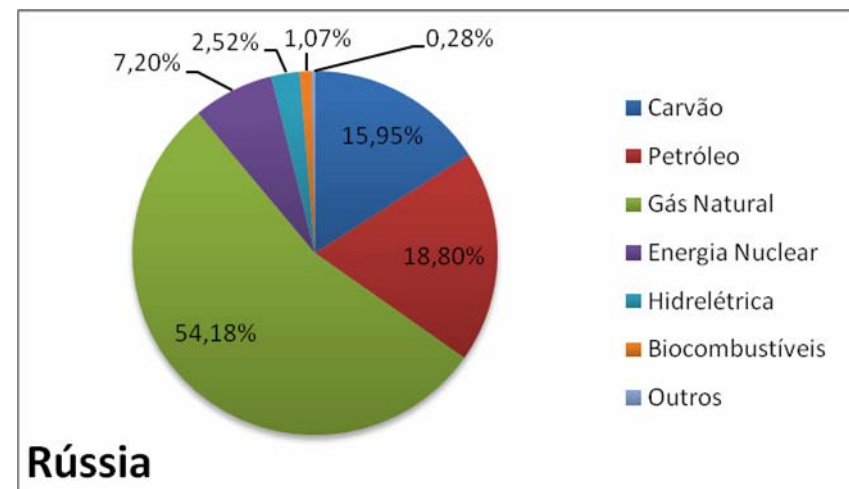
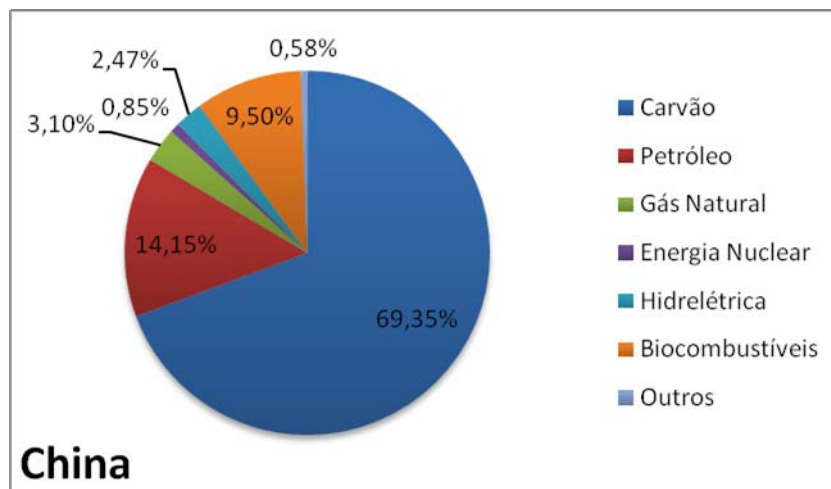
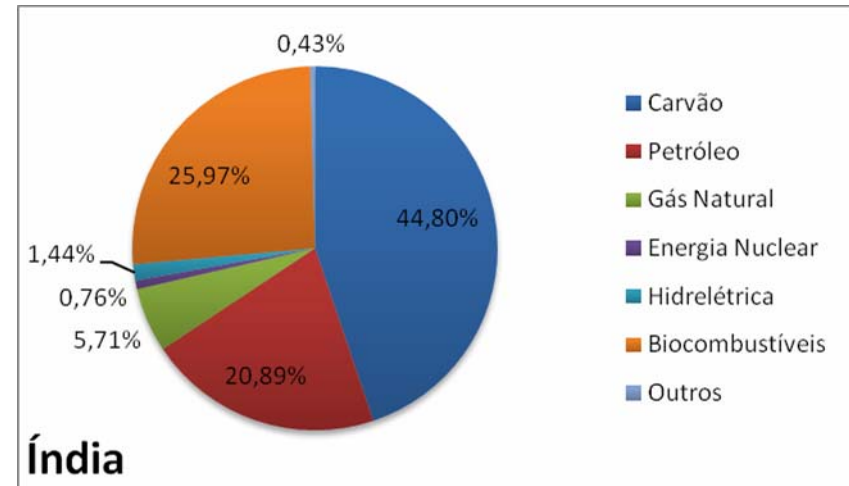
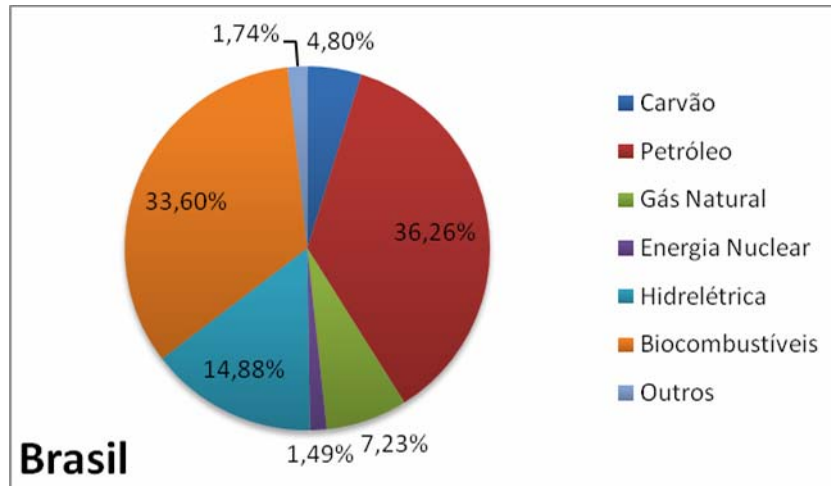
Já no caso da China, diante da dimensão de sua economia e das altas taxas de crescimento, o país, em 2009, além de ser o maior emissor de CO₂, foi também o maior consumidor mundial de energia. No entanto, conforme o Gráfico 3, grande parte de suas emissões decorre da dependência que possui de combustíveis fósseis, notadamente de carvão, sendo esta a principal fonte de energia desse país, a qual compreende aproximadamente 70% da matriz energética.

Já a Índia, embora a sua matriz energética indique uma participação importante de biocombustíveis, aproximadamente 26%, a dependência que possui de combustíveis fósseis é predominante. Também em termos de fontes, ainda conforme o Gráfico 3, o carvão constitui a principal fonte de energia no país, alcançando aproximadamente 45% da matriz, embora deva-se 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 a 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 a sua principal fonte de energia, responsável por aproximadamente 55% da matriz, conforme o gráfico 3. Destacam-se também o petróleo e o carvão, com aproximadamente 19% e 16% da matriz, respectivamente.

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 as suas respectivas emissões de CO₂ para o ano de 2009, conforme será visto a partir do tópico a seguir.

Gráfico 3 - Matrizes Energéticas dos países do BRIC em 2009



Fonte: Banco Mundial (2014).

4.1.2 A Participação Setorial e a Intensidade das Emissões de CO₂

A presente seção objetiva gerar elementos que promovam a compreensão dos resultados. Logo, para tanto, serão priorizadas análises como: a participação setorial no produto total da economia dos países membros do BRIC, os setores mais poluentes e os menos poluentes, a partir do levantamento das emissões de dióxido de carbono (CO₂) de cada país e a intensidade de emissões setoriais por meio do coeficiente direto das emissões de CO₂, obtido através 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 a participação dos mesmos no produto total da economia do país para o ano de 2009. Por meio dela, percebe-se que alguns setores apresentam maior participação na produção, quando comparado aos demais setores. Este 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 as suas participações nas emissões totais brasileiras. Percebe-se que, em 2009, alguns setores apresentaram maior participação nas emissões, sendo assim classificados como os 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.

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.

Tabela 4 - Participações dos setores no valor da produção e nas emissões de CO₂ na economia do 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 veíc. 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%
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 pelo autor, a partir de dados da pesquisa (2014).

A Tabela 5 transfere a análise anterior para a economia da China. Da mesma forma, esta tabela apresenta o valor da produção dos setores, bem como a participação dos mesmos no produto total da economia daquele país para o ano de 2009. Por meio dela, percebe-se que alguns setores apresentam maior

participação na produção, quando comparado aos demais setores. Este 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, nesta mesma tabela, é apresentado o volume de emissões de CO₂ de cada setor da economia, bem como as suas participações nas emissões totais chinesas. Percebe-se que, em 2009, alguns setores apresentaram maior participação nas emissões, sendo assim classificados como os setores 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 setores menos poluentes da China 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.

Tabela 5 - Participações dos setores no valor da produção e nas emissões de CO₂ na economia da China em 2009

Setores	Valor da Produção (US\$ milhão)	%	Emissões de CO ₂ (Gg)	%
1 Agropecuária	880.438,50	5,81%	118.136,24	1,90%
2 Extrativismo mineral	466.033,05	3,08%	195.471,68	3,15%
3 Alimentos, bebidas e fumo	779.046,46	5,14%	70.816,29	1,14%
4 Têxteis	651.060,14	4,30%	49.718,06	0,80%
5 Vestuário	136.094,45	0,90%	3.547,54	0,06%
6 Madeira e produtos da madeira	177.400,37	1,17%	12.007,24	0,19%
7 Papel, celulose e gráfica	236.615,42	1,56%	52.004,00	0,84%
8 Refino de petróleo e combust. nuclear	257.052,30	1,70%	100.868,25	1,62%
9 Indústria química	806.028,65	5,32%	269.227,54	4,33%
10 Borracha e plástico	349.189,15	2,30%	23.431,86	0,38%
11 Outros minerais não metálicos	402.188,80	2,65%	712.485,02	11,47%
12 Metalurgia	1.320.739,76	8,72%	628.253,68	10,11%
13 Máquinas e equipamentos	680.182,31	4,49%	39.112,34	0,63%
14 Eletrônicos e equipamentos ópticos	1.445.932,95	9,54%	19.034,40	0,31%
15 Equipamentos de transporte	562.802,46	3,71%	25.382,48	0,41%
16 Manufatura e reciclagem	84.651,20	0,56%	5.626,01	0,09%
17 Eletricidade, gás e água	481.828,29	3,18%	3.326.278,95	53,53%
18 Construção	1.416.978,53	9,35%	71.418,19	1,15%
19 Venda e manut. de veíc. automotores	-	-	166,39	0,00%
20 Atacado	584.812,68	3,86%	8.158,97	0,13%
21 Varejo	120.983,40	0,80%	7.342,39	0,12%
22 Hotéis e restaurantes	277.315,28	1,83%	21.702,03	0,35%
23 Transporte terrestre	269.862,72	1,78%	98.229,12	1,58%
24 Transporte aquático	108.660,22	0,72%	99.999,46	1,61%
25 Transporte aéreo	43.654,97	0,29%	78.173,74	1,26%
26 Outras atividades de suporte ao Transp.	111.004,96	0,73%	30.648,73	0,49%
27 Comunicações	210.486,11	1,39%	5.815,38	0,09%
28 Intermediação financeira	376.386,78	2,48%	3.233,38	0,05%
29 Aluguéis	327.500,28	2,16%	4.067,53	0,07%
30 Serviços prestados às empresas	453.522,61	2,99%	25.961,27	0,42%
31 Administração pública	342.074,13	2,26%	25.980,95	0,42%
32 Educação	282.896,08	1,87%	19.245,71	0,31%
33 Saúde	240.819,20	1,59%	22.572,18	0,36%
34 Outros serviços	265.722,62	1,75%	39.434,15	0,63%
TOTAL	15.149.964,84	100,00%	6.213.551,13	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da pesquisa (2014).

A Tabela 6 transfere a mesma análise para a economia da Índia. Conforme visto anteriormente, esta tabela além de apresentar o valor da produção

dos setores, apresenta também a participação dos mesmos no produto total da economia desse país no ano de 2009. Por meio dela, percebe-se que alguns setores apresentam maior participação na produção, quando comparado aos demais setores. Este 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, nesta mesma tabela, é apresentado o volume de emissões de CO₂ de cada setor da economia, bem como as suas participações nas emissões totais indianas. Percebe-se que em 2009 alguns setores apresentaram maior participação nas emissões, sendo assim classificados como os setores 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 setores menos poluentes da Índia 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.

Tabela 6 - Participações dos setores no valor da produção e nas emissões de CO₂ na economia da Índia em 2009

Setores	Valor da Produção (US\$ milhão)	%	Emissões de CO ₂ (Gg)	%
1 Agropecuária	273.495,30	10,57%	50.453,81	3,36%
2 Extrativismo mineral	41.325,79	1,60%	108.791,21	7,24%
3 Alimentos, bebidas e fumo	127.107,27	4,91%	67.766,54	4,51%
4 Têxteis	89.685,94	3,47%	10.542,23	0,70%
5 Vestuário	9.488,57	0,37%	343,21	0,02%
6 Madeira e produtos da madeira	11.056,98	0,43%	11.841,61	0,79%
7 Papel, celulose e gráfica	20.229,65	0,78%	8.788,67	0,59%
8 Refino de petróleo e combust. nuclear	111.261,80	4,30%	47.798,32	3,18%
9 Indústria química	86.902,93	3,36%	47.075,77	3,13%
10 Borracha e plástico	30.004,53	1,16%	3.256,27	0,22%
11 Outros minerais não metálicos	36.181,12	1,40%	89.080,43	5,93%
12 Metalurgia	160.500,97	6,20%	122.464,80	8,15%
13 Máquinas e equipamentos	53.256,71	2,06%	5.753,43	0,38%
14 Eletrônicos e equipamentos ópticos	61.438,99	2,37%	4.053,84	0,27%
15 Equipamentos de transporte	72.613,58	2,81%	11.093,80	0,74%
16 Manufatura e reciclagem	73.792,65	2,85%	938,62	0,06%
17 Eletricidade, gás e água	65.127,46	2,52%	813.609,95	54,18%
18 Construção	297.853,62	11,51%	11.970,71	0,80%
19 Venda e manut. de veíc. automotores	9.936,29	0,38%	409,22	0,03%
20 Atacado	77.198,66	2,98%	969,49	0,06%
21 Varejo	126.060,00	4,87%	4.267,31	0,28%
22 Hotéis e restaurantes	46.796,69	1,81%	20.289,48	1,35%
23 Transporte terrestre	196.249,31	7,58%	33.463,19	2,23%
24 Transporte aquático	3.414,39	0,13%	5.980,35	0,40%
25 Transporte aéreo	3.584,78	0,14%	2.958,49	0,20%
26 Outra atividade de suporte ao Transp.	11.658,69	0,45%	3.362,54	0,22%
27 Comunicações	27.573,12	1,07%	2.237,47	0,15%
28 Intermediação financeira	89.527,77	3,46%	632,35	0,04%
29 Aluguéis	74.611,38	2,88%	305,69	0,02%
30 Serviços prestados às empresas	90.301,16	3,49%	4.228,79	0,28%
31 Administração pública	85.225,19	3,29%	843,63	0,06%
32 Educação	58.772,88	2,27%	1.483,08	0,10%
33 Saúde	32.351,78	1,25%	804,48	0,05%
34 Outros serviços	33.383,15	1,29%	3.949,72	0,26%
TOTAL	2.587.969,08	100,00%	1.501.808,50	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da pesquisa (2014).

A Tabela 7 transfere a mesma análise para a economia da Rússia. De forma semelhante, esta tabela busca apresentar o valor da produção dos setores, bem como a participação dos mesmos no produto total da economia russa

para o ano de 2009. Por meio dela, percebe-se que alguns setores apresentam maior participação na produção, quando comparado aos demais setores. Este 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, nesta mesma tabela, é apresentado o volume de emissões de CO₂ de cada setor da economia, bem como a sua participação nas emissões totais russas. Percebe-se que, em 2009, alguns setores apresentaram maior participação nas emissões, sendo assim classificados como os setores 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 setores menos poluentes da Rússia 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.

Tabela 7 - Participações dos setores no valor da produção e nas emissões de CO₂ na economia da Rússia em 2009

Setores	Valor da Produção (US\$ milhão)	%	Emissões de CO ₂ (Gg)	%
1 Agropecuária	99.268,76	4,54%	24.380,47	1,73%
2 Extrativismo mineral	152.332,84	6,97%	95.439,46	6,77%
3 Alimentos, bebidas e fumo	108.723,64	4,97%	4.839,93	0,34%
4 Têxteis	6.668,39	0,31%	486,19	0,03%
5 Vestuário	1.598,39	0,07%	82,51	0,01%
6 Madeira e produtos da madeira	9.269,46	0,42%	1.751,64	0,12%
7 Papel, celulose e gráfica	19.735,52	0,90%	1.524,90	0,11%
8 Refino de petróleo e combust. nuclear	120.035,38	5,49%	64.257,41	4,56%
9 Indústria química	37.337,68	1,71%	58.186,55	4,13%
10 Borracha e plástico	14.572,31	0,67%	561,45	0,04%
11 Outros minerais não metálicos	23.924,81	1,09%	70.114,38	4,97%
12 Metalurgia	88.920,57	4,07%	177.108,49	12,56%
13 Máquinas e equipamentos	39.393,47	1,80%	2.361,86	0,17%
14 Eletrônicos e equipamentos ópticos	25.385,19	1,16%	1.018,05	0,07%
15 Equipamentos de transporte	40.320,89	1,84%	2.394,47	0,17%
16 Manufatura e reciclagem	10.965,87	0,50%	460,84	0,03%
17 Eletricidade, gás e água	110.650,28	5,06%	713.693,05	50,60%
18 Construção	144.903,47	6,63%	7.510,15	0,53%
19 Venda e manut. de veíc. automotores	25.277,90	1,16%	1.073,65	0,08%
20 Atacado	205.974,38	9,42%	6.022,80	0,43%
21 Varejo	111.370,06	5,09%	3.936,49	0,28%
22 Hotéis e restaurantes	21.476,60	0,98%	2.076,57	0,15%
23 Transporte terrestre	99.494,59	4,55%	96.500,19	6,84%
24 Transporte aquático	3.056,44	0,14%	3.670,34	0,26%
25 Transporte aéreo	13.731,54	0,63%	24.527,88	1,74%
26 Outra atividade de suporte ao Transp.	42.551,76	1,95%	5.023,22	0,36%
27 Comunicações	45.323,72	2,07%	2.009,22	0,14%
28 Intermediação financeira	74.840,99	3,42%	1.626,51	0,12%
29 Aluguéis	79.680,61	3,65%	5.690,23	0,40%
30 Serviços prestados às empresas	132.996,21	6,08%	2.621,10	0,19%
31 Administração pública	125.886,95	5,76%	5.507,03	0,39%
32 Educação	47.753,07	2,18%	4.201,13	0,30%
33 Saúde	68.817,67	3,15%	3.593,11	0,25%
34 Outros serviços	33.731,01	1,54%	16.234,52	1,15%
TOTAL	2.185.970,43	100,00%	1.410.485,78	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da pesquisa (2014).

Em síntese, os setores que apresentaram a 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, o qual propaga adotar um regime comunista, o governo indiano e o governo russo, ex-URSS, 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. Com esses resultados torna-se evidente 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, conforme visto na seção anterior.

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.

A Tabela 8 apresenta 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 observar 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, estes se destacam como os mais intensivos na emissão de CO₂, pois a cada um milhão de dólares (em valores de 2009) de produto nestes 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 setor de maior intensidade na emissão de CO₂ daquele país, uma vez que a cada milhão de dólares (em valores de 2009) de produto neste 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 estes os setores 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 setor de maior intensidade na emissão de CO₂ daquele país, uma vez que a cada milhão de dólares (em valores de 2009) de produto neste 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 estes os setores 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.

E 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 setor de maior intensidade na emissão de CO₂ daquele país, uma vez que a cada milhão de dólares (em valores de 2009) de produto neste 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 estes 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 8 - 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
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 pelo autor, 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".

4.1.3 Multiplicador de Produção dos Países do BRIC

Segundo Miller e 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 9 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 na produção desse setor, gera diretamente US\$1,00 nesse setor (efeito direto⁶) 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 destacam 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

⁶ O impacto direto sobre a produção é igual ao montante dos investimentos neste setor, isto é, o multiplicador direto de produção é sempre igual a 1.

setor de Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14), um aumento de US\$1,00 na produção desse setor, gera diretamente 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 desse setor, gera diretamente 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.

E no caso da Rússia, os setores que se destacam 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 desse setor, gera diretamente 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.

Tabela 9 - Multiplicador de produção dos países do BRIC em 2009

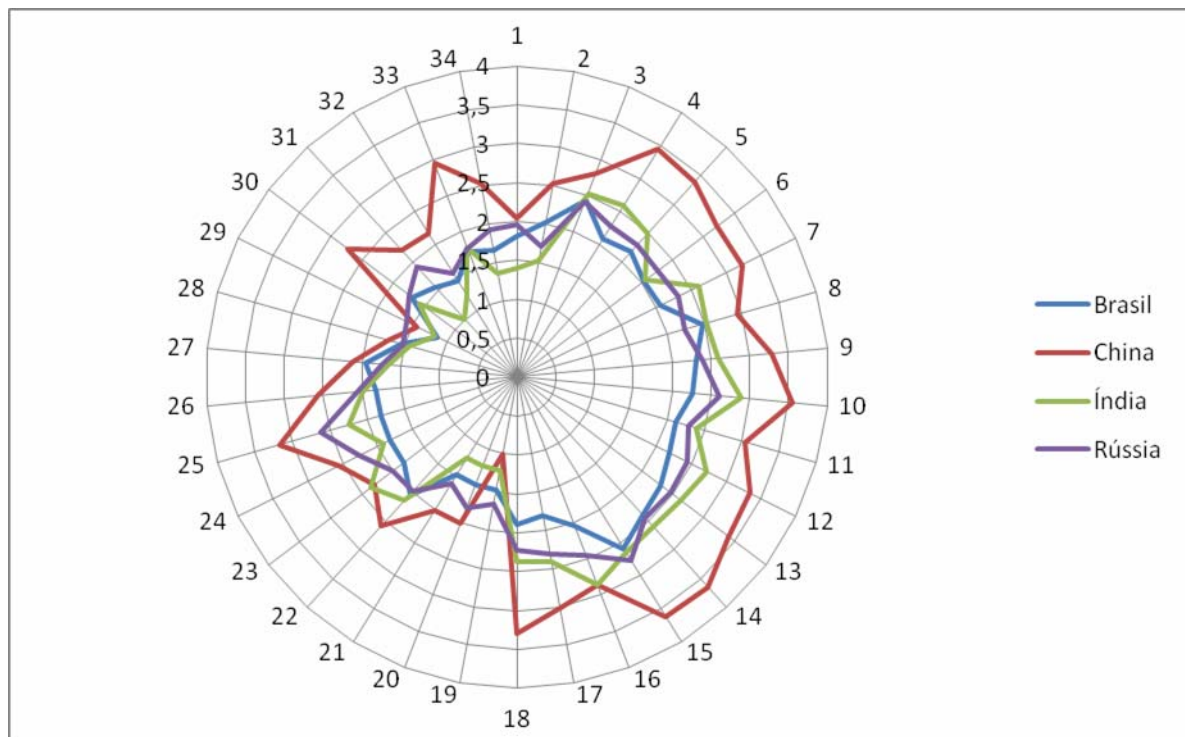
	Brasil	China	Índia	Rússia
1 Agropecuária	1,80	2,04	1,41	1,96
2 Extrativismo mineral	2,02	2,52	1,53	1,71
3 Alimentos, bebidas e fumo	2,43	2,81	2,53	2,41
4 Têxteis	2,09	3,44	2,60	2,29
5 Vestuário	2,18	3,38	2,49	2,30
6 Madeira e produtos da madeira	2,04	3,22	2,07	2,27
7 Papel, celulose e gráfica	2,06	3,23	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
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 pelo autor, 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.

O Gráfico 4 ilustra os resultados para o multiplicador de produção para cada setor dos países do BRIC, para o ano de 2009, comprovando assim a importância que alguns deles têm para as suas economias, em razão do potencial em gerar mais produção, seja de forma direta ou indireta. Por meio dele, é possível verificar que os setores chineses se destacam em relação aos demais setores dos outros países selecionados, uma vez que, conforme ilustrado no gráfico, dos 34 setores analisados, os chineses são superiores em 30 deles, confirmando assim o potencial que esse país tem em gerar crescimento, que é significativamente maior quando comparado aos demais países do BRIC.

Gráfico 4 - Multiplicador de produção dos países do BRIC em 2009



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da pesquisa (2014).

Além disso, outro fato marcante em relação ao multiplicador de produção, é a ausência de similaridade quanto aos principais setores de cada um dos países do BRIC, o que é facilmente observado através do Gráfico 4. Esses resultados confirmam que, embora os países do BRIC tenham sido unidos, suas estruturas produtivas não são semelhantes, isto é, são países totalmente diferentes, ligados fundamentalmente pelo grande potencial de crescimento que possuem.

4.1.4 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 deste grupo. Dessa forma, este 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, conseqüentemente, 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).

A Tabela 10 apresenta os resultados para o multiplicador de CO₂ para cada setor dos países do BRIC, para o ano de 2009. Assim, é possível observar alguns resultados importantes quanto aos multiplicadores de CO₂ de cada um dos setores dos países selecionados, os quais serão analisados a seguir.

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 neste país, 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 o efeito em cadeia. Seguidamente, 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 Brasil no período analisado.

No caso da China, de modo geral, observa-se que o setor de Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14) destaca-se como o setor que apresenta o maior multiplicador de CO₂ neste país, visto que um aumento de 1Gg nas emissões de CO₂ desse setor, provoca um aumento de 87,24Gg nas emissões de CO₂ em todos os setores da economia por efeito indireto, devido o efeito em cadeia. Seguidamente, 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 na China no período analisado.

No caso da Índia, de modo geral, observa-se que o setor de Manufatura e Reciclagem (16) destaca-se como o setor que apresenta o maior

multiplicador de CO₂ neste país, visto que um aumento de 1Gg nas emissões de CO₂ desse setor, provoca um aumento de 71,72Gg nas emissões de CO₂ em todos os setores da economia por efeito indireto, devido o efeito em cadeia. Seguidamente, 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 na Índia no período analisado.

E no caso da Rússia, de modo geral, observa-se que o setor de Borracha e Plástico (10) destaca-se como o setor que apresenta o maior multiplicador de CO₂ neste país, 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, devido o efeito em cadeia. Seguidamente, destacam-se os Eletrônicos e Equipamentos 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 na Rússia no período analisado.

Tabela 10 - Multiplicador de CO₂ dos países do BRIC em 2009

	Brasil	China	Índia	Rússia
1 Agropecuária	1,77	4,20	2,82	3,53
2 Extrativismo mineral	1,63	4,37	1,24	2,50
3 Alimentos, bebidas e fumo	8,70	7,93	2,48	17,49
4 Têxteis	3,78	13,13	11,54	12,85
5 Vestuário	5,23	28,58	21,21	18,98
6 Madeira e produtos da madeira	4,52	15,54	1,76	6,28
7 Papel, celulose e gráfica	2,70	6,27	4,39	14,35
8 Refino de petróleo e combust. nuclear	2,50	4,41	4,08	3,64
9 Indústria química	2,53	5,92	3,45	2,17
10 Borracha e plástico	7,35	22,33	14,81	41,82
11 Outros minerais não metálicos	1,31	2,06	1,91	1,57
12 Metalurgia	1,78	4,73	3,96	1,85
13 Máquinas e equipamentos	12,53	24,39	13,31	26,82
14 Eletrônicos e equipamentos ópticos	9,17	88,24	19,22	38,15
15 Equipamentos de transporte	21,13	25,97	10,09	20,30
16 Manufatura e reciclagem	7,09	14,19	72,72	34,58
17 Eletricidade, gás e água	1,75	1,53	1,32	1,21
18 Construção	10,60	33,01	37,12	25,93
19 Venda e manut. de veíc. automotores	3,13	1,00	3,98	13,07
20 Atacado	5,01	33,45	10,76	22,72
21 Varejo	2,33	8,46	4,62	14,55
22 Hotéis e restaurantes	4,62	9,46	2,58	11,73
23 Transporte terrestre	1,26	2,94	6,85	2,09
24 Transporte aquático	1,07	1,83	1,43	2,10
25 Transporte aéreo	1,23	1,56	1,85	1,95
26 Outras ativid. de suporte ao Transp.	2,14	3,34	5,51	10,34
27 Comunicações	4,64	19,98	10,51	13,26
28 Intermediação financeira	16,67	33,22	38,09	20,83
29 Aluguéis	7,35	15,66	26,88	12,91
30 Serviços prestados às empresas	4,31	13,49	7,62	26,13
31 Administração pública	2,90	8,42	1,00	18,35
32 Educação	3,26	10,74	5,37	7,02
33 Saúde	8,08	12,35	19,93	13,67
34 Outros serviços	2,37	5,44	2,41	3,75

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da pesquisa (2014).

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, uma vez que, quando há um aumento na produção de um deles, isso faz com que essa atividade demande 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.

4.1.5 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 e 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.

A Tabela 11 apresenta os resultados do gerador de CO₂ para cada setor dos países do BRIC, para o ano de 2009. Assim, é possível observar alguns resultados importantes quanto aos geradores de CO₂ de cada um dos setores dos países selecionados, os quais serão analisados a seguir.

No Brasil, de um modo geral, observa-se que o setor de Transporte Aquático (24) destaca-se como o setor que causa o maior volume de emissões por aumento da demanda final neste país. Assim, por exemplo, uma variação da demanda final deste 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 este aumento da demanda final, o setor de Transporte Aquático (24) irá aumentar sua produção, assim como os demais setores que fornecem os insumos, causando, portanto, um efeito adicional nas emissões de CO₂. Seguidamente, temos que os setores de Outros Minerais não Metálicos (11), Transporte Aéreo (25), Metalurgia (12) e Transporte Terrestre (23) são os setores localizados no Brasil que mais contribuíram para o aumento total das emissões de CO₂ no período analisado.

Quanto à China, de um modo geral, observa-se que 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 neste país. 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 este aumento da demanda final, o setor de Eletricidade, Gás e Água (17) irá aumentar sua produção, assim como os demais setores que fornecem os insumos, causando, portanto, um efeito adicional nas emissões de CO₂. Seguidamente, temos que os setores de Outros Minerais não Metálicos (11), Transporte Aéreo (25), Metalurgia (12) e Indústria Química (9) são os setores localizados na China que mais contribuíram para o aumento total das emissões de CO₂ no período analisado.

Na Índia, de um modo geral, observa-se que 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 neste país. Assim, por exemplo, uma variação da demanda final deste 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 este aumento da demanda final, o setor de Eletricidade, Gás e Água (17) irá aumentar sua produção, assim como os demais setores que fornecem os insumos, causando, portanto, um efeito adicional nas emissões de CO₂. Seguidamente, temos que os setores de Outros Minerais não Metálicos (11), Extrativismo Mineral (2), Metalurgia (12) e Transporte Aquático (24) são os setores localizados na Índia que mais contribuíram para o aumento total das emissões de CO₂ no período analisado.

Finalmente, no caso da Rússia, de modo geral, observa-se que 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 neste país. Assim, por exemplo, uma variação da demanda final deste setor 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 este aumento da demanda final, o setor de Eletricidade, Gás e Água (17) irá aumentar sua produção, assim como os demais setores que fornecem os insumos, causando, portanto, um efeito adicional nas emissões de CO₂. Seguidamente, temos que os setores de Outros Minerais não Metálicos (11), Metalurgia (12), Transporte Aéreo (25) e Indústria Química (9) são os setores localizados na Rússia que mais contribuíram para o aumento total das emissões de CO₂ no período analisado.

Tabela 11 - Gerador de 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 ⁷	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 pelo autor, a partir de dados da pesquisa (2014).

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

⁷ 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.

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. A Tabela 12 apresenta os resultados do transbordamento da emissão de CO₂ para cada setor dos países do BRIC, para o ano de 2009, em valores percentuais. 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 transbordado para fora do país, impactando, portanto, a economia do restante dos países do mundo. Assim, por exemplo, no setor de Eletrônicos e Equipamentos Ópticos (14) observa-se que aproximadamente 48% das emissões de CO₂ foram geradas fora do Brasil, isto é, no resto do mundo, o que significa que quando a produção deste setor aumenta, cerca da metade das emissões de CO₂ geradas são de setores instalados fora desse país.

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 transbordado 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.

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 transbordado 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.

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 transbordado 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.

Tabela 12 - 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 pelo autor, a partir de dados da pesquisa (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, devido, 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, fica evidente os motivos desses 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.

O Gráfico 5 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.

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.

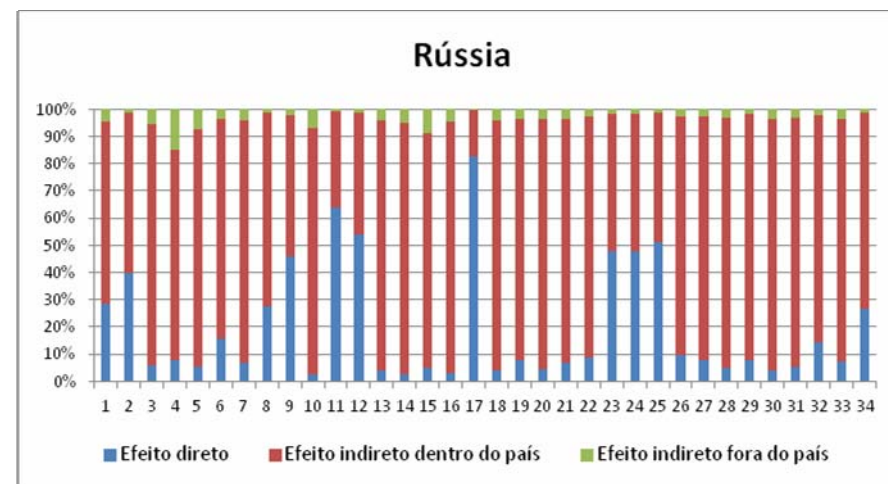
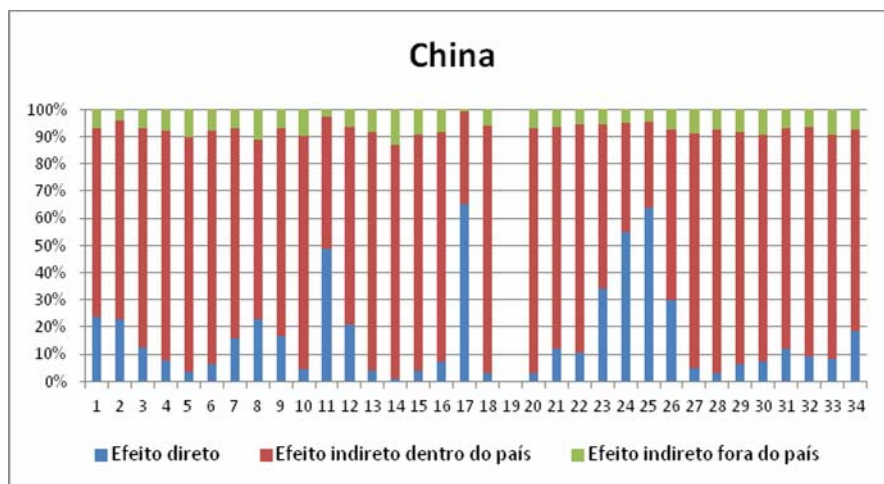
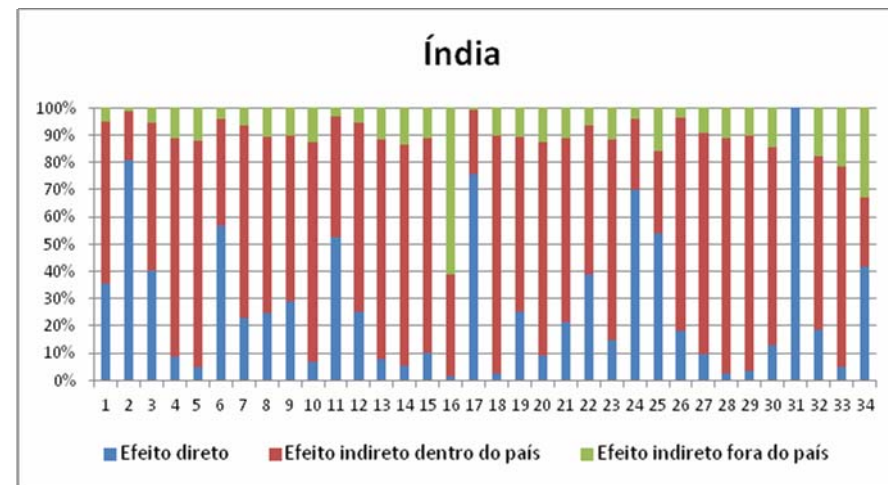
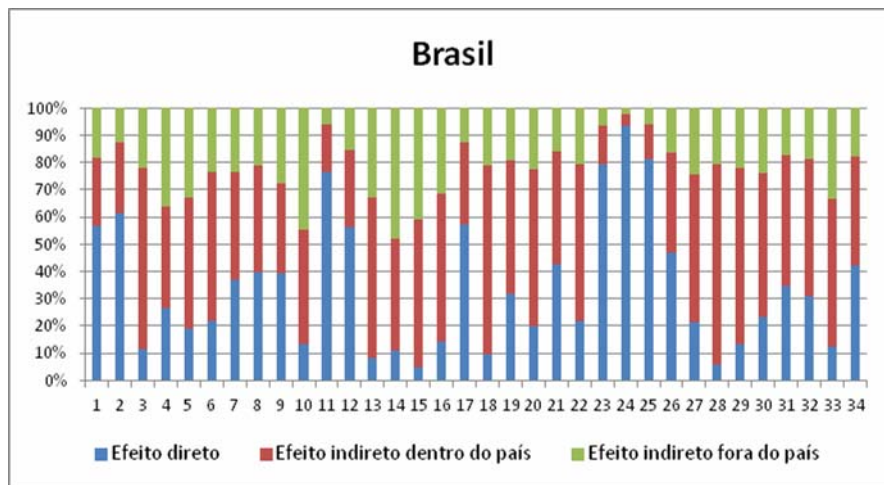
Já na China nota-se que grande parte das emissões de CO₂ também ocorre por efeito indireto. Porém, diferente do Brasil, há pouquíssimo transbordamento para fora do país, sendo que a maior parte de suas emissões ocorre indiretamente dentro do país. As exceções são os setores de Eletricidade, Gás e Água (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.

No caso da Índia verifica-se que não há um padrão em relação aos efeitos diretos e indiretos quando observa-se 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.

Gráfico 5 - Decomposição das emissões de CO₂ dos países do BRIC em 2009



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da pesquisa (2014).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar as estruturas produtivas dos países do BRIC (Brasil, China, Índia e Rússia) 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, além do transbordamento das emissões referente a cada setor produtivo dos países selecionados.

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 setores 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 setor 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 desta economia, estes se destacam como os mais intensivos na emissão deste poluente, pois a cada um milhão de dólares (em valores de 2009) de produto nestes 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 setor de maior intensidade na emissão de CO₂, pois a cada um milhão de dólares (em valores de 2009) de produto neste 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 tais países 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, observa-se que 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 de CO₂ desse setor, irá provocar um aumento de 20,13 Gg nas emissões de CO₂ 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 de CO₂ 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. 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 setores que causam o maior volume de emissões por aumento da demanda final neste país. Na China, Índia e Rússia é o setor de Eletricidade, Gás e Água que mais causa esse efeito.

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 tenham um grande 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 às matrizes dos outros três países, pois constitui-se, 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.

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 os 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

- BANCO MUNDIAL. World Data Bank. Disponível: <<http://databank.worldbank.org>>. Acessado em 10 de junho de 2014.
- 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.
- CARSON, Rachel. **Silent Spring: Fawcet Crest**. Boston: Houghton Mifflin, 1962.
- 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. 65-94p.
- DALY, H. E. **On Economics as a Life Science**. Journal of Political Economy 76, n.1, 1969. 392-406 p.
- DELMONT, Luís Gustavo. **Análise dos Impactos Econômicos Oriundos da Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos para a Economia Brasileira no ano de 2004: uma abordagem insumo-produto**. (Dissertação de Mestrado). Salvador, BA: Universidade Federal da Bahia, 2007. 114 p.
- EHRlich, Paul R. **The Population Bomb**. San Francisco: Sierra Club Books, 1966.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. **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, Garret. **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.
- ISARD, W.; *et al.* **Ecological-Economic Analysis for Regional Development**. Nova York: Free Press, 1972.
- 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.

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.** 2^a ed. New York: Oxford University Press, p. 241-260, 1986.

_____. **The Structure of the American Economy.** Segunda Edição Ampliada. New York: Oxford University Press, 1951. 264 p.

_____. **Environmental Repercussion and the Economic Structure: an Input-Output Approach.** *The Review of Economics and Statistics* 52, n.3, 1970.

LEONTIEF, W., FORD, D. **Air Pollution and Economic Structure: Empirical Results of Input-Output Computations,** In: Brody, A., Carter, A. *Input-Output-Techniques,* North Holland, Amsterdam, The Netherlands, 1972.

LYRIO, M. C. **A ascensão da China como potência: fundamentos políticos internos.** Brasília: FUNAG, 2010. 252 p.

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.

MALTHUS, T. R. **An essay on the principle of population.** Londres, 1798.

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, 384 p.

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, 429 p.

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.

MORETTO, A.C. **Relações intersetoriais e inter-regionais na economia paranaense em 1995**. Piracicaba, 2000. 161p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

MUELLER, Charles C. **Os Economistas e as Relações entre o Sistema Econômico e o Meio Ambiente**. Brasília: Editora Universidade de Brasília – Finatec, 2007. 562 p.

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

PEREIRA, A. S.; MAY, P. H. **Economia do Aquecimento Global**. In: MAY, Peter H.; LUSTOSA, Maria C.; VINHA, Valéria. (Org.) *Economia do Meio Ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, 318 p.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. **Economia ou Economia Política da Sustentabilidade**. In: MAY, Peter H.; LUSTOSA, Maria C.; VINHA, Valéria. (Org.) *Economia do Meio Ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, 318 p.

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.

SPENCE, M. **Os Desafios do Futuro da Economia**: o crescimento econômico mundial nos países emergentes e desenvolvidos. RJ: Elsevier, 2001, 250 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.

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, 429 p.

VIEIRA, F. V.; VERÍSSIMO, M. P. **Crescimento Econômico em Economias Emergentes Selecionadas**: 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 de abril de 2014.