

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA  
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

MANUELA MACEDO OLIVEIRA

**DOIS ENSAIOS SOBRE AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO BRIC:  
UMA ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO**

São Cristóvão  
2019

MANUELA MACEDO OLIVEIRA

**DOIS ENSAIOS SOBRE AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO BRIC:  
UMA ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO**

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Economia (NUPEC) do Departamento de Economia da Universidade Federal de Sergipe (UFS), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos de Santana Ribeiro

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Terciane Sabadini Carvalho

São Cristóvão  
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA  
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

MANUELA MACEDO OLIVEIRA

**DOIS ENSAIOS SOBRE AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO BRIC:  
UMA ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO**

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-graduação  
em Economia da Universidade  
Federal de Sergipe.

São Cristóvão, 22 de abril de 2019.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Luiz Carlos de Santana Ribeiro (Orientador)  
Universidade Federal de Sergipe

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Terciane Sabadini Carvalho (Coorientadora)  
Universidade Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Luiz Rogério de Camargos  
Universidade Federal de Sergipe

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Kênia Barreiro de Souza  
Universidade Federal do Paraná

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, minha irmã e minha família Macedo, pelo exemplo, apoio, incentivo e amor de sempre. Obrigada por tudo!

Ao meu namorado e parceiro de mestrado, Samuel. Obrigada por ter lido minha dissertação inúmeras vezes e me ajudado tanto. Obrigada por me fortalecer sempre.

Ao meu orientador, professor Luiz Carlos, por estar sempre presente, por toda ajuda, crítica e sugestão. Obrigada também pelo apoio e paciência num momento delicado.

À minha coorientadora, professora Terciane, por todos os comentários, críticas e sugestões, que foram fundamentais para o desenvolvimento da minha dissertação.

Ao professor Rogério, pela ajuda com o Matlab, pelas contribuições feitas na qualificação e por aceitar o convite de participar da banca de defesa.

À professora Kênia, por me disponibilizar documentos que deram apoio ao meu trabalho, e por aceitar o convite de participar da banca de defesa. Desde já, agradeço pelas contribuições.

À coordenadora, professora Fernanda Esperidião, e demais professores do NUPEC. Estendo meus agradecimentos à professora Heliana Quintino e aos colegas e amigos de mestrado.

À Fapitec pelo apoio financeiro.

## RESUMO

A crescente preocupação com o meio ambiente desperta questionamentos acerca dos efeitos do crescimento econômico sobre a degradação ambiental. Um dos problemas ambientais contemporâneos de maior destaque é o aquecimento global, que tem como principal causa a intensificação das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera. Historicamente, os países desenvolvidos são os principais responsáveis pelo aquecimento global, mas nas últimas décadas os países em desenvolvimento têm aumentado continuamente suas emissões, dentre eles estão os países do BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China). Diante disso, a dissertação consta de dois ensaios e objetiva estudar as emissões de GEE dos países do BRIC a partir das matrizes de insumo-produto e emissões setoriais de GEE da World Input-Output Database (WIOD). No primeiro ensaio utiliza-se o método de análise de decomposição estrutural para decompor os fatores responsáveis pela evolução das emissões do BRIC de 1995 a 2009. Os principais resultados indicam que não houve mudança significativa no perfil de emissão dos países. No Brasil, a exportação agropecuária mostrou ser o fator que mais contribuiu para o aumento das emissões no período. Na Rússia destacou-se a demanda intermediária do setor industrial, sobretudo eletricidade e fornecimento de gás e água. Na Índia e na China, a demanda final por setores industriais foi o que apresentou maior participação no aumento das emissões dos países. Observa-se que o aumento das emissões dos países emergentes tem ocorrido concomitante a estabilização em países desenvolvidos, fomentando a hipótese de fuga da poluição a partir das relações de comércio internacional. Nesse sentido, o segundo ensaio objetiva analisar estruturalmente o comércio internacional a partir do método de insumo-produto, e identificar as emissões incorporadas nas exportações e importações dos países do BRIC em 1995, 2000, 2005 e 2009. Os principais resultados indicam que os quatro países do BRIC foram exportadores líquidos de emissão de GEE no período analisado, com destaque para a Rússia.

**Palavras-chave:** Gases de Efeito Estufa. BRIC. Insumo-Produto. Análise de Decomposição Estrutural. Comércio Internacional.

## ABSTRACT

The growing concern about the environment raises questions about the effects of economic growth on environmental degradation. One of the most relevant contemporary environmental problems is global warming, whose main cause is the intensification of greenhouse gases (GHG) emissions in the atmosphere. Historically, developed countries are primarily responsible for global warming, but in recent decades developing countries, among them the BRIC countries (Brazil, Russia, India and China), have continuously increased their emissions. Therefore, the dissertation consists of two essays and aims to study the GHG emissions of the BRIC countries from the input-output matrices and GHG emissions from the World Input-Output Database (WIOD). In the first test, the structural decomposition analysis method is used to decompose the factors responsible for the evolution of the BRIC emissions from 1995 to 2009. The main results indicate that there was no significant change in the emission profile of the countries. In Brazil, agricultural exports was the factor that contributed most to the increase of emissions in the period. In Russia, the intermediate demand of the industrial sector, mainly electricity and gas and water supply, stood out. In India and China, the final demand for industrial sectors had the greatest participation in increasing both countries' emissions. It is observed that the increase of the emissions of the emerging countries has occurred concomitant to the stabilization in developed countries, fomenting the hypothesis of pollution escape from the relations of international trade. In this sense, the second essay aims at structurally analyzing international trade from the input-output method, and identifying the emissions embodied in the BRIC countries' exports and imports in 1995, 2000, 2005 and 2009. The main results indicate that the four BRIC countries were net exporters of GHG emissions in the analyzed period, with particular emphasis on Russia.

**Keywords:** Greenhouse Gas. BRIC. Input-Output. Structural Decomposition Analysis. International Trade.

## SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	7
2	DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DAS EMISSÕES DE GEE DOS PAÍSES DO BRIC	11
2.1	INTRODUÇÃO	11
2.2	PERFIL DAS EMISSÕES DE GEE DOS PAÍSES DO BRIC	13
2.2.1	Brasil	13
2.2.2	Rússia	15
2.2.3	Índia	17
2.2.4	China	18
2.3	METODOLOGIA	21
2.3.1	Análise de decomposição estrutural	23
2.4	BASE DE DADOS	26
2.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
2.5.1	Evidências iniciais	28
2.5.2	Análise de decomposição estrutural	31
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
3	RELAÇÃO ENTRE COMÉRCIO INTERNACIONAL E EMISSÕES DE GEE DOS PAÍSES DO BRIC	42
3.1	INTRODUÇÃO	42
3.2	COMÉRCIO INTERNACIONAL E EMISSÕES DE GEE	43
3.3	METODOLOGIA	46
3.3.1	Coefficiente de intensidade de emissão	46
3.3.2	Multiplicadores de emissão	47
3.4	BASE DE DADOS	48
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
3.5.1	Evidências iniciais	50
3.5.2	Coefficientes de Intensidade de Emissões	51
3.5.3	Multiplicadores de emissões	54
3.5.4	Saldos Comerciais Globais de Emissões de GEE	56
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS	61

## 1. APRESENTAÇÃO

O debate sobre as questões ambientais parte de um cenário de forte ampliação e intensificação da produtividade econômica mundial. Todas as atividades que geram crescimento econômico tendem a implicar interferência nos ecossistemas naturais. Consumo e produção estão diretamente relacionados aos problemas ambientais, pois utilizam recursos naturais e geram resíduos.

Em escala global, um dos danos da atividade econômica mundial sobre o meio ambiente é a mudança climática observada e intensificada nas últimas décadas. O clima é um componente primordial do ambiente natural, que tem o poder de afetar diversos fenômenos e elementos da natureza, como solo, precipitações, fauna e flora.

O termo mudança climática refere-se a uma grande alteração prolongada no clima, afetando o meio ambiente e diversas espécies de animais e plantas de muitas maneiras diferentes, principalmente por meio de tempestades, inundações, secas, aumento do nível do mar etc. (LOPES, 2008). O aquecimento global, por sua vez, é a elevação da temperatura média do ar e das águas, ocasionada principalmente pelo aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera.

A temperatura mundial está aumentando, e a controvérsia sobre o aquecimento global opõe duas teses: a que defende que o aquecimento global seria causado principalmente pela ação humana; e a que acredita que as mudanças climáticas são determinadas muito mais pela radiação solar e, portanto, é um ciclo de aquecimento e esfriamento natural do planeta (VIEIRA e BAZZO, 2007; VEIGA, 2011).

A primeira tese é majoritária na comunidade científica. Algumas das principais conclusões do Quarto Relatório de Avaliação (AR4) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) são que o aquecimento global é inequívoco e que a ação humana é a maior responsável pelo aquecimento global registrado no século XX (IPCC, 2007).

As emissões de GEE geram externalidades negativas e geram consequências globais e potencialmente catastróficas no futuro. Independentemente do local de origem, os gases se acumulam na atmosfera e seus efeitos são sentidos coletivamente, embora não de maneira uniforme em todos os cantos do planeta. Para Stern (2008), as emissões de GEE representam a maior falha de mercado que o mundo já viu.

As emissões aumentaram consideravelmente ao longo do tempo, cerca de 70% entre 1970 e 2004, enquanto a emissão de CO<sub>2</sub>, principal gás do efeito estufa, aumentou cerca de 80% no mesmo período (THOMAS e CALLAN, 2016).

Até a década de 1970, grande parte dos problemas ambientais eram atribuídos ao crescimento populacional, principalmente dos países em desenvolvimento. Porém, a partir da Conferência de Estocolmo, intitulada como Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano (CNUMAH), realizada em 1972, o modelo produtivo das nações mais desenvolvidas e industrializadas começou a ganhar destaque como importante responsável pelos desastres ambientais (PORTILHO, 2005). Tal conferência foi a primeira das grandes conferências da ONU a discutir a relação entre desenvolvimento econômico e meio ambiente (CAMARGO, 2003).

A queima de combustíveis fósseis, incêndios florestais e práticas agropecuárias são as maiores fontes de emissão antropogênica dos gases poluentes na atmosfera. De acordo com o IPCC (2007), historicamente as queimas de combustíveis fósseis são responsáveis por cerca de 90% das emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub>, enquanto a agropecuária é reconhecidamente o principal setor emissor de CH<sub>4</sub> e de N<sub>2</sub>O.

A produção de eletricidade (via combustíveis fósseis) e o uso de energia são apontados como as principais razões de queima de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, excessivas emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Nesse sentido, a China destaca-se como o maior produtor e maior consumidor de eletricidade do mundo e, conseqüentemente, maior emissor mundial de GEE (BANCO MUNDIAL, 2014).

O padrão de emissão de GEE é historicamente diferente em países desenvolvidos e países em desenvolvimento. Os países desenvolvidos são os principais responsáveis pelas mudanças climáticas observadas no mundo, pois são países altamente industrializados e que mais emitiram gases poluentes por muitas décadas. Porém, os países em desenvolvimento têm cada vez mais contribuído com emissão de GEE na atmosfera, alcançando, em conjunto, o posto de maiores emissores da atualidade (BANCO MUNDIAL, 2014).

Outro fato que chama atenção é que a elevação da poluição em países emergentes ocorreu concomitante a estabilização das emissões dos países desenvolvidos (VALE, PEROBELLI e CHIMELI, 2017), corroborando com a hipótese de refúgio da poluição. De acordo com esta hipótese, pode estar acontecendo uma fuga de poluição a partir das relações de comércio internacional, pois parece ter aumentado a exportação de bens intensivos em poluição dos países com menos regulamentação ambiental para os países

com maiores regulamentações (COPELAND e TAYLOR, 2004; CARVALHO, SANTIAGO e PEROBELLI, 2011).

Nesse sentido, chama-se atenção para os países pertencentes ao acrônimo BRIC – Brasil, Rússia, Índia e China – devido ao crescente papel desempenhado por essas economias emergentes no cenário internacional, inclusive na diplomacia climática. Ademais, são detentores de grande extensão territorial, vasta população, diversidade em recursos naturais e energéticos e ascendente participação no comércio internacional.

No que tange às emissões de GEE, a China assume o posto de maior emissora do mundo desde 2004 (WIOD, 2013). Em 2009, os cinco países que mais emitiram Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Gás Metano (CH<sub>4</sub>) e Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), conjuntamente, foram China, Estados Unidos, Índia, Rússia e Brasil, nessa ordem. No mesmo ano, os países do BRIC foram responsáveis por cerca de 66,7% das emissões, sendo pouco mais de 41% da China (WIOD, 2013).

É importante destacar que os países do BRIC não formam um grupo homogêneo. Há diversas especificidades em cada país, garantindo diferentes trajetórias de crescimento e diferentes perfis enquanto economias poluidoras. A China, a Índia e a Rússia possuem uma matriz energética baseada nos combustíveis fósseis, destacando-se as emissões via produção e uso de energia. Em contraponto, o Brasil possui uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, com a produção de energia majoritariamente via biocombustíveis e hidrelétrica, ambas fontes renováveis (FERNANDES et al., 2012; GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012; ZANDONAI, 2015). No Brasil, o setor historicamente mais poluidor de GEE é o de mudança do uso da terra e florestas (MCTIC, 2016).

Os países do BRIC têm apresentado forte intensificação das emissões de GEE nas últimas décadas, além de acelerado crescimento econômico. Com isso, surge o interesse em analisar a relação entre o desenvolvendo desses países e a poluição ambiental, mais necessariamente as emissões de GEE.

A presente dissertação está dividida em dois ensaios. O primeiro tem como objetivo decompor os fatores responsáveis pela evolução das emissões de GEE dos países do BRIC no período 1995-2009, buscando verificar se houve mudança estrutural no padrão de emissões desses países. O segundo ensaio objetiva analisar o comércio internacional de emissões, a fim de identificar as emissões incorporadas nas exportações e nas importações dos países do BRIC em 1995, 2000, 2005 e 2009, buscando indícios de que a hipótese do refúgio da poluição esteja acontecendo em tais países.

Para a realização de ambos os ensaios, foram utilizadas diferentes técnicas de insumo-produto e dados da World Input-Output Database (WIOD), que disponibiliza matrizes anuais de insumo-produto para 40 países<sup>1</sup>, bem como dados de emissões setoriais de GEE por tipo de gás, para os anos entre 1995 e 2009, compatíveis com as matrizes.

No primeiro ensaio, utilizou-se a metodologia de análise de decomposição estrutural (*Structural Decomposition Analysis* – SDA). No segundo ensaio foram calculados os multiplicadores de emissão intra e inter-países do Brasil, Rússia, Índia e China, bem como os saldos comerciais globais de emissão em 1995, 2000, 2005 e 2009.

Em termos de contribuição a trabalhos semelhantes (como Perdigão et al., 2018, para o primeiro ensaio; e Vale, Perobelli e Chimeli, 2017, para o segundo), utiliza-se dados de emissão de três importantes GEE conjuntamente (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O). Os trabalhos citados fazem análises apenas com a emissão de CO<sub>2</sub>. Essa diferenciação faz-se importante visto que o setor de agropecuária é intensivo em emissão de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O em todos os países, e este setor possui contribuição relevante nas emissões gerais dos países do BRIC, sobretudo no Brasil.

O CO<sub>2</sub> é o principal GEE, enquanto os outros dois gases representam parcela significativa da emissão total atribuída à agropecuária nos grandes centros produtores. É interessante notar que dados das emissões de CO<sub>2</sub> dos países do BRIC apontam que o principal setor emissor do Brasil é o de transportes, enquanto na China, Índia e Rússia é o de eletricidade, fornecimento de gás e água (WIOD, 2013). Porém, quando se inclui CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O na análise, o setor de maior importância nas emissões da China, Índia e Rússia permanece o mesmo, enquanto no Brasil a agropecuária ganha grande evidência, passando a ser o setor que mais emite GEE.

O Brasil tem destaque mundial na produção e exportação de produtos agropecuários, com destaque para soja e carne, por exemplo. Assim, vê-se a importância de incluir os gases CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O na análise, sobretudo para uma melhor compreensão dos resultados do Brasil.

Feita essa contextualização, propõe-se o aprofundamento de tais discussões por meio dos dois ensaios apresentados a seguir.

---

1 Na WIOD não possui tais dados para a África do Sul, que pertence ao grupo do BRICS desde o final de 2010. Ademais, o país não fazia parte do bloco durante o período de análise deste trabalho.

## 2 DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DOS PAÍSES DO BRIC

### 2.1 INTRODUÇÃO

O acrônimo BRIC surgiu em 2001 com o economista Jim O'Neill, para designar uma coalizão de forças entre quatro países emergentes: Brasil, Rússia, Índia e China. Tais países têm desempenhado importantes papéis no cenário internacional, sobretudo a China e a Índia, que se destacam como economias de alto crescimento. Atualmente, a China é a segunda maior economia do mundo, e segue no sentido de se tornar a primeira, enquanto os demais países do grupo estão entre as dez maiores.

Os países do BRIC se destacam não apenas pelo crescimento econômico acelerado, mas também por serem detentores de grande extensão territorial, ampla população, diversidade em recursos naturais e energéticos e ascendente participação no comércio internacional. Outro ponto relevante sobre esses países é o aumento do volume de gases de efeito estufa (GEE) emitidos nas últimas décadas, fazendo surgir interesse e preocupação em relação à poluição ambiental.

Há de se evidenciar que existem diferenças consideráveis entre tais países, em termos de características históricas, sociais, políticas, culturais e econômicas. Assim, o desempenho econômico dos países do BRIC não é explicado pelos mesmos fatores. Há diversas especificidades em cada país, garantindo uma dinâmica própria de crescimento.

Existem diferenças também no perfil de emissões de GEE, visto que a China, a Índia e a Rússia possuem uma matriz energética baseada nos combustíveis fósseis, destacando-se as emissões via produção e uso de energia. Em contraponto, o Brasil possui uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo. No Brasil, o setor historicamente mais poluidor de GEE é o de mudança do uso da terra e florestas, embora esteja perdendo participação nos últimos anos (MCTIC, 2016).

Nesse contexto, o objetivo do presente ensaio é identificar os principais fatores responsáveis pela evolução das emissões de GEE dos países do BRIC de 1995 para 2009, bem como observar a participação dos setores produtivos de cada país em tais emissões, buscando verificar se houve mudança estrutural no padrão de emissões desses países, seja provocada por mudanças tecnológicas e/ou por mudanças nos componentes da demanda final. Para tanto, foi utilizada a metodologia de análise de decomposição estrutural (*Structural Decomposition Analysis* – SDA), com base nas

matrizes de insumo-produto e emissões setoriais de GEE da *World Input-Output Database* (WIOD).

Além desta introdução, o ensaio consta de mais cinco seções. A seção 2 traz uma breve revisão de literatura sobre os padrões históricos de emissão de GEE dos países do BRIC. Nas seções 3 e 4 são apresentadas a metodologia utilizada e a base de dados, respectivamente. Na seção 5 têm-se os resultados e discussões. Na seção 6, as considerações finais.

## 2.2 PERFIL DAS EMISSÕES DE GEE DOS PAÍSES DO BRIC

A partir da existência de diversas heterogeneidades entre os países do BRIC, vê-se a necessidade de fazer uma breve contextualização da economia de cada país individualmente, analisando alguns dos principais elementos socioeconômicos e ambientais.

### 2.2.1 Brasil

O Brasil possui as menores taxas de crescimento do PIB em comparação aos demais países do BRIC. O crescimento econômico do país se manteve baixo e oscilante na década de 1990, com o PIB crescendo em média 2,0% ao ano (FERRARI FILHO e PAULA, 2006). Entre 2000 e 2013 houve uma melhora nas taxas de crescimento do PIB brasileiro, subindo para aproximadamente 3,5% (CASTRO, ALVES e ANDRADE, 2018). Parte desse crescimento foi decorrente do aumento das exportações, principalmente de *commodities*, visto que importantes reformas liberalizantes ocorreram no Brasil em meados da década de 1990, com destaque à abertura comercial e financeira, desregulamentação dos mercados e privatizações (FERRARI FILHO e PAULA, 2006).

O Brasil é rico em recursos naturais e se destaca na exportação de *commodities*. A pauta exportadora brasileira é constituída principalmente pelo setor primário, mas há também indústrias de automóveis, aço, petroquímica, informática, aeronaves e bens de consumo duráveis. Dentre os principais produtos exportados pelo Brasil estão o minério de ferro, café, soja, açúcar, carnes e produtos manufaturados, como aeronaves, automóveis e equipamentos elétricos (CASTRO, ALVES e ANDRADE, 2018).

Ainda que o Brasil tenha características urbano-industriais, o país possui destaque mundial no setor agropecuário, que é reconhecidamente grande emissor de CH<sub>4</sub> e de N<sub>2</sub>O (ANGONESE, CAMPOS e WELTER, 2007; ALMEIDA et al., 2018). Historicamente, mudanças do uso da terra e desmatamento são os principais responsáveis pelas emissões do país (CERRI e CERRI, 2007; FERNANDES et al., 2012; ZANDONAI, 2015; SILVA e SANGUETTA, 2017; ALMEIDA et al., 2018), o que coloca o Brasil entre os dez países que mais emitem atualmente, e as emissões do país tem aumentado continuamente.

Castro, Alves e Andrade (2018) chamam atenção ao fato de que a área florestal brasileira é extensa e com grandes problemas de desmatamento, na qual observou-se uma diminuição de quase 30.000 km<sup>2</sup> de 2012 a 2015. Silva e Sanguetta (2017) salientam

que houve significativa redução nas taxas de desmatamento na última década, além do aumento do consumo de energia no Brasil.

O Brasil é um dos maiores consumidores de energia no mundo, embora seu consumo *per capita* seja ainda abaixo da média mundial. Há de se destacar que a matriz energética brasileira é sensivelmente diferente em relação aos demais países do grupo, nos quais a energia é majoritariamente via combustíveis fósseis, enquanto no Brasil essa fonte de energia representa menos da metade (FERNANDES et al., 2012; GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012; ZANDONAI, 2015).

Os biocombustíveis<sup>2</sup> e a energia hidrelétrica possuem grande participação na matriz energética brasileira, fontes em que o país ocupa posições de destaque na produção mundial, em 2<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> lugar, respectivamente (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012). A opção brasileira pelo uso de fontes de energia renováveis se dá principalmente pelos baixos custos, pois o país possui grande disponibilidade de recursos hídricos e alta produção de matéria-prima para biocombustíveis (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012). Isso faz com que as emissões provenientes do setor energético brasileiro sejam relativamente baixas em comparação aos demais países do BRIC.

Com relação às hidrelétricas, os surtos de secas característicos do Brasil causam vulnerabilidade à segurança energética do país (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012). A escassez de chuva tem colocado o Brasil em uma difícil situação, com sérias consequências econômicas e sociais. A crise hídrica afeta o Brasil de diversas maneiras, como na geração de energia elétrica, no abastecimento das cidades, na agricultura etc. (CERQUEIRA et al., 2015). O IPCC alerta que as mudanças climáticas influenciam a seca e a crise hídrica de vários países, porém Cerqueira et al. (2015) salientam que não há consenso científico sobre o assunto.

Silva e Sanguetta (2017) afirmam que tem crescido o uso de fontes renováveis de energia no país, porém o uso de fontes não-renováveis tem crescido ainda mais rapidamente, resultando em contínuo crescimento das emissões. Uma das explicações para isso é que, em condições de escassez de água nos reservatórios das hidrelétricas, uma das saídas é aumentar a produção de energia de outras fontes, como aconteceu em 2012, por exemplo. O Governo determinou que entrasse em operação todas as usinas térmicas<sup>3</sup> disponíveis, com o intuito de economizar água nos reservatórios das

2 Os biocombustíveis são divididos em etanol e biodiesel e sua posição de relevância no Brasil é consequência de políticas públicas de incentivo iniciadas ainda na década de 1970 (FERNANDES et al., 2012).

3 Usinas térmicas são movidas a derivados de petróleo. Produzem energia a partir da queima de carvão, óleo combustível, gás natural.

hidrelétricas (CERQUEIRA et al., 2015). Os autores advertem que usinas térmicas geram energia a preços, no mínimo, mais de duas vezes mais caros do que as hidrelétricas. Ademais, é uma fonte de energia não renovável e propulsora de altas emissões de GEE, de forma que as emissões via uso de energia estão ganhando cada vez mais espaço. Assim, observa-se uma tendência recente de alteração no padrão de emissões brasileiras de GEE (MCTIC, 2016; SILVA e SANGUETTA, 2017), ainda que bastante moderada.

Outra fonte alternativa às hidrelétricas é a energia nuclear<sup>4</sup>, que conta com duas usinas existentes, uma em construção e outras quatro planejadas. O Brasil conta ainda com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), lançado em 2002, com o objetivo de agregar a maior diversificação energética possível, investindo em energia eólica, fotovoltaica, biomassa e pequenas hidrelétricas (SIMIONI, 2006; GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012). O uso dessas energias tem crescido no país, porém a transição para o uso dessas fontes de energia sofre de altos custos em comparação ao baixo custo das hidrelétricas, o que continua garantindo às hidrelétricas uma posição central na matriz energética brasileira.

### **2.2.2 Rússia**

Após o fim da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), no final de 1991, a Rússia se tornou a economia de mercado mais aberta ao mundo. Até 1998, o PIB russo apresentou crescimento médio anual negativo, principalmente devido à transição de uma economia centralizada e planejada para uma economia de mercado (FERRARI FILHO e PAULA, 2006). Porém, desde 1999 – pós-crise cambial de 1998 – a economia russa entrou numa fase de rápida expansão econômica, com significativas taxas de crescimento do PIB, queda na taxa de inflação e aumento do volume de reservas internacionais (FERRARI FILHO e PAULA, 2006; VIEIRA e VERÍSSIMO, 2009; CASTRO, ALVES e ANDRADE, 2018). Entre 1999 e 2008, o PIB cresceu em média 7% ao ano, atraindo investidores estrangeiros (MUNIZ, 2011).

Um dos fatores do crescimento econômico russo foi o grande aumento do preço do barril do petróleo no mercado internacional, principal item na pauta de exportações da Rússia (VIEIRA e VERÍSSIMO, 2009, FERRARI FILHO e PAULA, 2006; CASTRO, ALVES e ANDRADE, 2018). Os principais produtos exportados pelo país são petróleo e gás natural, que causam forte dependência do seu desempenho econômico em relação aos

---

<sup>4</sup> Usinas nucleares funcionam a partir da fissão de materiais radioativos. É uma fonte de energia limpa, em relação a emissões de GEE.

preços desses produtos no mercado internacional (MUNIZ, 2011; ZANDONAI, 2015; CASTRO, ALVES e ANDRADE, 2018).

Ademais, a Rússia destaca-se como o quarto país que mais produz e consome eletricidade (ZANDONAI, 2015). O consumo de energia da Rússia é majoritariamente oriundo de combustíveis fósseis, obtendo o maior consumo *per capita* de energia entre os países do BRIC e está acima da média mundial (FERNANDES et al., 2012). Sua matriz energética é composta por 66% de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão), seguido pela hidrelétrica com 18% e energia nuclear com 16% (SILVA e SANGUETTA, 2017). A predominância dos combustíveis fósseis na geração de eletricidade na Rússia, sobretudo via gás natural, se dá devido à disponibilidade de recursos, pois o país possui a maior reserva de gás natural do mundo, a segunda maior de carvão e a oitava maior de petróleo (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012).

A produção de petróleo da Rússia alterna com a Arábia Saudita a primeira posição no *ranking* mundial (FERNANDES et al., 2012; SILVA e SANGUETTA, 2017). A Rússia ocupa a segunda posição em produção de gás natural e quinta posição em produção de carvão (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012). Dessa maneira, o aumento do consumo interno de energia foi suprido por um aprofundamento do modelo energético fóssil. A forte demanda externa, por outro lado, coloca a Rússia como maior exportadora de gás natural e segunda maior exportadora de petróleo (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012; FERNANDES et al., 2012). É importante ressaltar que a posição de destaque na exportação de combustíveis, especialmente para os países europeus, coloca a Rússia como um dos mais importantes atores geopolíticos, aliado à sua posição histórica de potência mundial. Ademais, percebe-se que a necessidade global da oferta russa de combustíveis fósseis dificulta a viabilidade política de programas de transição para fontes alternativas de energia.

Os recursos energéticos da Rússia e seus preços nos mercados internacionais impulsionam o orçamento do país por meio da receita proveniente de *commodities*. Embora o país possua investimentos em fontes renováveis de energia, estes constituem uma pequena fração do montante destinado às fontes tradicionais (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012).

A segunda fonte de energia de maior investimento na Rússia é a de origem nuclear, que representa cerca de 10% da matriz energética do país, com 33 usinas nucleares em operação e outras dez em construção (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012). Em síntese, a estratégia política do governo russo tem sido de maiores investimentos em fontes não

renováveis e não sustentáveis de energia, contando inclusive com uma aproximação do mercado consumidor asiático, mais notavelmente a China.

Com isso, a Rússia está entre os cinco países que mais emitem GEE do mundo (BANCO MUNDIAL, 2014), sobretudo por ser um grande produtor, consumidor e exportador de energia, visto que a matriz energética da Rússia é abundante em recursos naturais e baseada em combustíveis fósseis.

Faz-se importante frisar que a crise econômica internacional de 2008 afetou fortemente a economia russa, gerando desaceleração em virtude da redução nos preços e na demanda global de seus principais produtos exportados – petróleo e gás natural –, além de queda também na demanda doméstica (MUNIZ, 2011). Com isso, houve redução nas emissões de GEE do país. Segundo Muniz (2011), a tendência de decréscimo da economia russa durou até outubro de 2009.

Mesmo com redução nas emissões, a Rússia segue tendo papel de destaque na questão climática e sendo um dos cinco países mais poluidores do mundo. O país continua excessivamente dependente da exportação de produtos primários, além de grande produtor e exportador de energia baseada em combustíveis fósseis.

### **2.2.3 Índia**

Após muitos anos de baixo crescimento, a economia indiana passou a crescer a partir de 1990, com uma taxa média de 5,7% ao ano entre 1990 e 2004 (FERRARI FILHO e PAULA, 2006). Na última década, a Índia obteve um desempenho econômico marcado por altas taxas de crescimento do PIB, baixa inflação e crescimento considerável das exportações de bens e serviços, com destaque para serviços relacionados à tecnologia da informação e comunicação (FERRARI FILHO e PAULA, 2006; VIEIRA e VERÍSSIMO, 2009; RESENDE et al., 2009; BRANCO, 2015; CASTRO, ALVES e ANDRADE, 2018). Bosworth, Collins e Virmani (2007) salientam que a expansão deste setor contribuiu para uma política industrial que incentivou liberalização das importações de equipamentos.

A melhora nos indicadores de crescimento econômico da Índia ocorreu concomitante ao processo de liberalização econômica iniciado na década de 1990. Algumas das importantes reformas estruturais adotadas na Índia nesta década, e que contribuíram para as taxas de crescimento do país, foram a liberalização comercial, a abertura ao investimento direto estrangeiro, a modernização do sistema financeiro e a redução dos monopólios do setor público (FERRARI FILHO e PAULA, 2006; VIEIRA e VERÍSSIMO, 2009; CASTRO, ALVES e ANDRADE, 2018).

Outros fatores importantes para o desempenho da Índia nas últimas décadas foram o grande mercado consumidor interno do país, o segmento da mão de obra qualificada e a introdução de reformas econômicas (FERRARI FILHO e PAULA, 2006). Grande parte da mão de obra indiana ainda está empregada na agricultura<sup>5</sup>. Na indústria, os setores têxtil e de tecnologia da informação se destacam, sendo este último responsável pelos ganhos de produtividade no país (CASTRO, ALVES e ANDRADE, 2018).

No quesito emissões de GEE, atualmente a Índia está entre os cinco países que mais emitem (BANCO MUNDIAL, 2014). As emissões indianas aumentaram consideravelmente nas últimas décadas, sobretudo impulsionadas pelo aumento crescente da população e do consumo de energia. A matriz energética indiana, embora indique participação importante de biocombustíveis e biomassa, revela a predominância de insumos fósseis e aponta, ainda, uma elevação do uso dessas fontes (SILVA e SANGUETTA, 2017). Outra consequência da expansão da demanda indiana é a necessidade de importação de insumos energéticos (FERNANDES et al., 2012), de maneira que o país importa cerca de 25% da energia que consome (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012).

O governo indiano desenvolve políticas para enfrentar os problemas de sustentabilidade e segurança energética. Desde a década de 1980, o país pratica políticas de renovação da matriz energética, que sofre de baixa eficiência. O governo da Índia tem como foco investimentos em energia nuclear como parte do projeto estatal de baixa intensidade em carbono. O país conta com 30 usinas nucleares e mais cinco em construção e deve construir ainda mais para atingir os objetivos do projeto (GOMEZ, CHAMON E LIMA, 2012). Dentre as energias renováveis, nos últimos anos houve um considerável desenvolvimento da energia eólica, mas ainda assim, essa fonte de energia representa menos de 2% (FERNANDES et al., 2012). Fernandes et al. (2012) salientam que houve redução das energias renováveis entre 1990 e 2009 na Índia.

#### **2.2.4 China**

A economia chinesa destaca-se pelas elevadas taxas de crescimento, sobretudo quando comparada a outras economias em desenvolvimento, despontando como a economia mais promissora do grupo dos emergentes. O PIB chinês representa cerca de metade do PIB agregado do BRIC (BRANCO, 2015). O país apresentou crescimento

---

<sup>5</sup> Alguns dos principais produtos agrícolas do país são arroz, trigo, algodão, chá, açúcar, batata e especiarias.

médio do PIB de 9,9% ao ano entre 1990 e 2013 (CASTRO, ALVES e ANDRADE, 2018), ocupando posição de destaque dentre as principais economias do mundo.

Algumas das principais causas do desempenho econômico da China são as altas taxas de poupança e investimento, uma maior abertura comercial, estímulos às exportações e à atração de investimentos externos, investimentos em capital humano e crescimento constante da formação bruta de capital fixo desde 1990 (RODRIGUES, 2013).

Juntamente ao crescimento do PIB, a participação da China no comércio internacional tem tido notável expansão (FERRARI FILHO e PAULA, 2006; RESENDE et al. 2009), fruto de mudanças no ambiente econômico do país, como o aumento da abertura da economia e a adoção de política comercial e política cambial que favorecem o comércio, além do baixo custo da mão de obra chinesa, gerando vantagens expressivas em relação a outros países. Desde 2000, observa-se uma mudança no perfil das exportações chinesas, passando a predominar as de produtos manufaturados, com destaque para o setor têxtil e de eletrônicos (RODRIGUES, 2006; VIEIRA e VERÍSSIMO, 2009, CASTRO, ALVES e ANDRADE, 2018). Para Rodrik (2006), esse redirecionamento das exportações chinesas contribuiu significativamente para explicar o rápido crescimento chinês.

Dada a dimensão da economia chinesa e seu alto potencial de crescimento, pode-se acreditar na capacidade da China de continuar crescendo pelos próximos anos. O crescimento da China foi acompanhado de progressivo aumento das emissões de GEE. Nesse aspecto, há de se destacar que atualmente a economia chinesa é considerada a mais poluidora do mundo (BANCO MUNDIAL, 2014).

A produção e uso de energia representam a maior parte das emissões chinesas, pois sua matriz energética é composta majoritariamente por combustíveis fósseis, sobretudo, carvão (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012; ZANDONAI, 2015; SILVA e SANGUETTA, 2017; PERDIGÃO et al., 2017). A rápida expansão da economia chinesa impulsionou a elevação da demanda por energia, levando o país a intensificar sua produção e até mesmo a importar energia (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012; FERNANDES et al., 2012).

A dependência chinesa de combustíveis fósseis é responsável pelas altas emissões de GEE do país. Nesse sentido, a China possui a terceira maior reserva de carvão do mundo e desponta como o maior consumidor e produtor de carvão. O país é o segundo maior consumidor de petróleo e o quarto maior no consumo de gás natural. Ademais,

destaca-se como maior consumidor de energia e o maior emissor de GEE em valores absolutos (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012; ZANDONAI, 2015).

Segundo Zandonai (2015), a posição da China quanto às questões climáticas foi tradicionalmente negligente, mas isso tem mudado desde 2007, após a aprovação do Plano Nacional de Mudanças Climáticas. Nesse sentido, salienta-se que a China foi o maior investidor em energias renováveis entre 2007 e 2010, tornando-se o maior mercado de energia solar, o maior produtor de energia hidrelétrica, o terceiro maior produtor de biocombustíveis e o quinto maior produtor de energia eólica (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012). Ainda assim, os biocombustíveis ocupam uma posição modesta na matriz energética chinesa, mas dá indícios de que caminha no sentido de diminuir a dependência de combustíveis fósseis e a importação de energia.

Ademais, a China tem aumentado seus investimentos em energia nuclear, a fim de aumentar sua competitividade no mercado internacional, com 14 usinas em funcionamento e outras 28 em construção (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012).

Os reflexos da transição para uma economia menos intensiva em carbono já se fazem presentes na economia chinesa, que teve sua intensidade energética<sup>6</sup> reduzida em 19% entre 2006 e 2010 (VIALLI, 2015), demonstrando a capacidade da China na transição para uma economia de baixo carbono.

---

6 “O índice de intensidade energética (IIE) é representado pela razão entre o consumo total de energia de um país, em unidade de energia, e o PIB da economia, expresso em unidades monetárias. O IIE evidencia o grau de eficiência da utilização energética em relação à riqueza do país, desta forma quanto menor o uso de energia por unidades monetárias, maior a eficiência da economia.” (BARTOLO, 2008, p. 26).

## 2.3 METODOLOGIA

A análise de insumo-produto, desenvolvida por Wassily Leontief no final da década de 1930, tem como objetivo principal analisar as interdependências entre as atividades produtivas da economia (MILLER e BLAIR, 2009). O uso de modelos de insumo-produto em questões ambientais tem crescido nos últimos anos e, segundo Guilhoto (2004), isso se deve ao fato do método de insumo-produto ser um dos mais indicados para mensurar impactos indiretos da poluição.

Na Figura 1 são representadas as relações fundamentais de insumo-produto. Observa-se que os setores compram e vendem uns para os outros, de forma que todos os setores estão, direta ou indiretamente, relacionados.

Figura 1 - Relações fundamentais de Insumo-Produto

	Setores compradores		
Setores vendedores	Insumos intermediários		Demanda final
	Impostos indiretos líquidos (IIL)		IIL
	Importações (M)		M
	Valor adicionado		
	Produção total		Produção total

Fonte: elaboração própria com base em Guilhoto (2004)

Os setores compradores e os setores vendedores representados na Figura 1 são os mesmos. As linhas da tabela (insumos intermediários e demanda final) mostram que as produções dos setores podem ser utilizadas como insumos pelos setores compradores da economia ou podem ser consumidas pela demanda final. Os componentes da demanda final são famílias, governo, investimento e exportações. As colunas da Figura 1 representam as compras dos setores, de forma que, para os setores produzirem, é necessário comprar insumos (domésticos e importados), pagar impostos e gerar valor adicionado. Alguns dos componentes do valor adicionado são pagamentos de salários e remuneração do capital, por exemplo.

Em termos matriciais, a equação básica do modelo de insumo-produto pode ser representada como:

$$x = Ax + y \quad (1)$$

na qual  $x$  representa o vetor de produção total;  $y$  é o vetor de demanda final;  $A$  é a matriz tecnológica,  $A = [a_{ij}]$  que representa a quantidade total do produto  $i$  utilizado como insumo produtivo na produção de uma unidade do produto  $j$ , para todo  $j = 1, \dots, n$ . Assim, o coeficiente  $a_{ij}$  mede uma relação fixa entre a produção de um setor e os seus insumos. A solução do modelo básico de Leontief é representada como:

$$x = (I - A)^{-1} y \quad (2)$$

Em que  $(I - A)^{-1}$  corresponde à matriz Inversa de Leontief que captura os efeitos diretos e indiretos de uma variação da demanda final.

O primeiro passo para incorporar as emissões no modelo de insumo-produto é definir os coeficientes de intensidade de emissão, os quais correspondem à razão entre a emissão de GEE do setor  $i$  e o valor bruto da produção ( $X$ ) deste setor, como representado na equação 3.

$$e = \frac{GEE}{X} \quad (3)$$

Em que:

$e$  = coeficiente de intensidade de emissão

$GEE$  = emissões de GEE do setor em determinado ano

A partir desse coeficiente incorpora-se as emissões de GEE ao modelo de insumo-produto pré-multiplicando a equação 2 por um vetor de coeficiente de emissões (equação 3), como é mostrado na equação 4.

$$m = \hat{e}(I - A)^{-1} \quad (4)$$

Em que  $m$  indica as emissões liberadas durante o processo de produção de bens finais e  $\hat{e}$  representa uma matriz diagonal, em que os elementos da diagonal principal são os coeficientes de intensidade de emissão de GEE. Portanto, na equação 4 está

representada a matriz inversa de Leontief ponderada pelos coeficientes de intensidade de emissão de GEE, conforme o interesse neste estudo.

O modelo de insumo-produto permite inúmeros instrumentos de estudo, dentre eles está o método de análise de decomposição estrutural, que será utilizado no presente ensaio e, portanto, visto com mais detalhamento na sequência.

### **2.3.1 Análise de decomposição estrutural**

O objetivo desta análise é decompor as causas das variações das emissões de GEE dos países do BRIC em um determinado intervalo de tempo. Há duas técnicas que permitem a decomposição do efeito do crescimento econômico e das mudanças tecnológicas, a nível setorial, sobre diversos indicadores socioeconômicos e ambientais: a análise de decomposição de índice (*Index Decomposition Analysis* - IDA) e a análise de decomposição estrutural (*Structural Decomposition Analysis* – SDA) (WACHSMANN, 2005; YMAI, 2010; ESTEVES, ALVES e SESSO FILHO, 2017).

Tanto a IDA quanto a SDA são métodos estáticos comparativos que utilizam dados históricos de dois ou mais períodos para decompor as variáveis de interesse. Uma das diferenças entre as duas técnicas é que os dados utilizados pela SDA são provenientes das matrizes de insumo-produto, enquanto a IDA utiliza dados agregados da economia (WACHSMANN, 2005, YMAI, 2010; ESTEVES, ALVES e SESSO FILHO, 2017).

Outra diferença entre as técnicas é que a IDA capta apenas os efeitos diretos da demanda final, enquanto a SDA consegue captar os efeitos diretos e indiretos (WACHSMANN, 2005). Nesse sentido, entende-se como efeitos diretos o impacto que uma mudança na demanda final por determinado bem causa na produção deste bem. Porém, os setores da economia estão relacionados entre si, de forma que uma alteração na demanda de um bem não influencia apenas a produção deste bem, mas também de outros bens e setores, mesmo que relacionados indiretamente, e esse é o chamado efeito indireto.

Em razão disso, a técnica de SDA foi escolhida como a mais adequada para este estudo. A partir da SDA é possível decompor as relações de insumo-produto entre dois, ou mais, pontos do tempo (consecutivos, ou não). Para isso, são necessárias ao menos duas matrizes de insumo-produto, que retratem períodos diferentes de uma determinada economia (CASLER E ROSE, 1998, WACHSMANN, 2005; MILLER e BLAIR, 2009, NOVAIS e PEROBELLI, 2009; SESSO FILHO et al., 2010; AMAY, 2010; CABRAL e PEROBELLI, 2012, MOREIRA E RIBEIRO, 2013, SOUZA, BASTOS e PEROBELLI,

2011). Portanto, no presente estudo foram utilizadas matrizes de insumo-produto dos anos 1995 e 2009 para cada um dos países do BRIC.

Uma alteração nas emissões de GEE de um ano para o outro pode ser associada a mudanças nos coeficientes técnicos de produção (mudança estrutural) e/ou nos padrões de demanda final (MILLER e BLAIR, 2009). A demanda final é composta por quatro elementos: consumo das famílias, investimento, gastos do governo e exportações.

É importante salientar que não existe apenas uma forma de se calcular a decomposição estrutural, mas sim várias formas diferentes<sup>7</sup>. No presente estudo, tal método foi calculado conforme especificado por Souza, Bastos e Perobelli (2011). A equação 1 apresenta a decomposição estrutural que será aplicada para cada país do BRIC entre 1995 e 2009:

$$\Delta x = \underbrace{\left(\frac{1}{2}\right)}_{(i)} \Delta B (f_{t-k} + f_t) + \underbrace{\left(\frac{1}{2}\right)}_{(ii)} B_t + B_{t-k} \underbrace{(\Delta C + \Delta I + \Delta G + \Delta X)}_{(iii) \quad (iv) \quad (v)} \quad (1)$$

Em que:

$x$  é o vetor de valor bruto na produção;

$B$  é a matriz inversa de Leontief poderada pelas emissões de GEE;

$f_t$  é a demanda final total no período  $t$ ;

$C$  é o vetor de consumo das famílias;

$I$  é o vetor de investimentos;

$G$  é o vetor do consumo do governo;

$X$  é o vetor das exportações.

Os subscritos  $t$  e  $t-k$  representam os dois anos de análise, isto é, 2009 e 1995, respectivamente.

Adaptando para o problema das emissões de GEE, na equação (1) tem-se que a variação das emissões incorporadas à produção entre  $t$  e  $t-k$  pode ser dividida em:

(i) Mudanças na Demanda Intermediária ou Mudança na Função de Produção Leontief: mede a alteração nas emissões provocada pela mudança nos coeficientes técnicos de produção.

(ii) Mudanças no Consumo das Famílias: mostra as alterações decorrentes da variação do consumo final das famílias entre os anos analisados.

<sup>7</sup> Outras formas de aplicação da SDA podem ser vistas em Miller e Blair (2009, p. 593-621).

(iii) Mudanças no nível de Investimento: capta as alterações decorrentes da variação na formação bruta de capital fixo entre os anos analisados.

(iv) Mudanças no Consumo do Governo: mostra o impacto das variações nos gastos do governo para cada um dos setores.

(v) Mudanças na Demanda Externa: representa as alterações na demanda total decorrentes da variação das exportações.

## 2.4 BASE DE DADOS

Para alcançar o objetivo proposto, foram utilizadas matrizes de insumo-produto e de emissões setoriais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gás metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) dos países do BRIC. Os dados foram coletados junto ao banco de dados mundial de insumo-produto, a World Input-Output Database (WIOD).

Na WIOD são disponibilizadas matrizes de insumo-produto para 40 países, sendo 27 da União Europeia e outros 13 países selecionados, dentre eles Brasil, China, Índia e Rússia, bem como dados de emissões setoriais de GEE por tipo de gás para os anos entre 1995 e 2009, compatíveis com as matrizes.

Neste ensaio, os três tipos de gás são usados em conjunto e representam o total de gases de efeito estufa e, por isso, foram aqui compatibilizados em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (t/CO<sub>2</sub>e). O cálculo para esta contabilização, conforme estabelecido pelo IPCC, é feito de maneira que 1 CO<sub>2</sub> equivale a 21 CH<sub>4</sub> e 310 N<sub>2</sub>O.

Além das tabelas de fluxos monetários dos insumos intermediários, as matrizes de insumo-produto da WIOD também trazem informações da demanda final, decomposta em consumo das famílias, consumo final das organizações sem fins lucrativos a serviço das famílias, consumo do governo, formação bruta de capital fixo, variações nos estoques e exportações. Aqui, esses seis elementos da demanda final serão agregados em quatro: consumo das famílias (proveniente da soma do consumo das famílias e do consumo das organizações sem fins lucrativos a serviço das famílias); consumo do governo; investimento (soma da formação bruta de capital fixo e das variações nos estoques); e exportações.

A base de dados compreende os anos entre 1995 e 2009. Para a análise de mudanças estruturais no período, serão utilizadas tabelas de 1995 e 2009. Os dados de emissão de GEE possuem a mesma dimensão temporal e desagregação setorial das tabelas de insumo-produto. Os setores são exibidos no Quadro 1.

Como apresentado na seção de metodologia, a análise de decomposição estrutural permite a comparação de valores monetários de dois períodos e as matrizes de insumo-produto da WIOD são disponibilizadas anualmente a preços correntes. Para evitar distorções causadas pela inflação, faz-se necessário que os valores estejam a preços constantes. Com isso, os dados de 1995 estão a preços correntes, enquanto os dados de 2009 estão deflacionados a preços de 1995. O deflacionamento foi feito para cada um dos países a partir de índices de preços setoriais disponibilizados pela própria WIOD. Mais

especificamente, utilizaram-se deflatores setoriais construídos para o consumo intermediário e para o valor bruto da produção.

#### Quadro 1 – Setores da Economia

1	Agricultura, caça, silvicultura e pesca
2	Indústria extrativa
3	Alimentos, bebidas e tabaco
4	Têxtil e produtos têxteis
5	Couro e calçados
6	Madeira e produtos de madeira
7	Celulose, papel, impressão e publicação
8	Coque, petróleo refinado e combustível nuclear
9	Químicos e produtos químicos
10	Borracha e plásticos
11	Outro Minerais não-metálicos
12	Metais básicos e metais fabricados
13	Máquinas
14	Equipamento elétrico e ótico
15	Equipamento de transporte
16	Indústrias diversas e reciclagem
17	Eletricidade, fornecimento de gás e água
18	Construção
19	Venda e manutenção de veículos; Venda a varejo de combustível
20	Comércio atacadista e de comissões, exceto veículos motorizados
21	Comércio varejista; Reparação de bens domésticos
22	Hotéis e restaurantes
23	Transporte terrestre
24	Transporte aquático
25	Transporte aéreo
26	Outras atividades de transporte; Atividades de agências de viagens
27	Correios e Telecomunicações
28	Intermediação financeira
29	Atividades imobiliárias
30	Aluguel de máquinas e equipamentos e outras atividades comerciais
31	Administração e defesa pública
32	Educação
33	Saúde e trabalho social
34	Outros serviços comunitários, sociais e pessoais

Fonte: Elaboração própria com base na WIOD.

Nota: Grandes setores: Agropecuária (1); Indústria (2 – 18); Serviços (19 – 34).

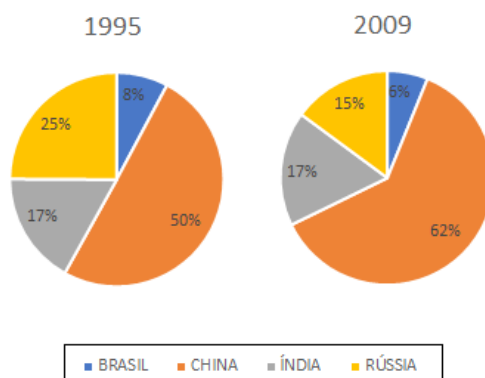
## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção está dividida em duas partes. Na subseção 2.5.1 são apresentadas as participações percentuais dos países do BRIC nas emissões de GEE do bloco em 1995 e 2009, e as emissões setoriais de cada país entre o período, bem como suas evoluções, para que sejam observadas as diferenças nos padrões de emissão. Na subseção 2.5.2 têm-se os resultados da análise de decomposição estrutural.

### 2.5.1 Evidências iniciais

A diferença entre a contribuição de cada país nas emissões totais do grupo em 1995 e 2009 pode ser observada na Figura 2. A China é responsável por metade, ou mais, das emissões de GEE do BRIC, e continua aumentando sua participação. A Rússia e o Brasil apresentaram redução em suas participações, mas apenas de forma relativa ao grupo, pois as emissões de GEE de ambos os países aumentaram de 1995 a 2009.

Figura 2 - Participação do Brasil, China, Índia e Rússia nas emissões do BRIC



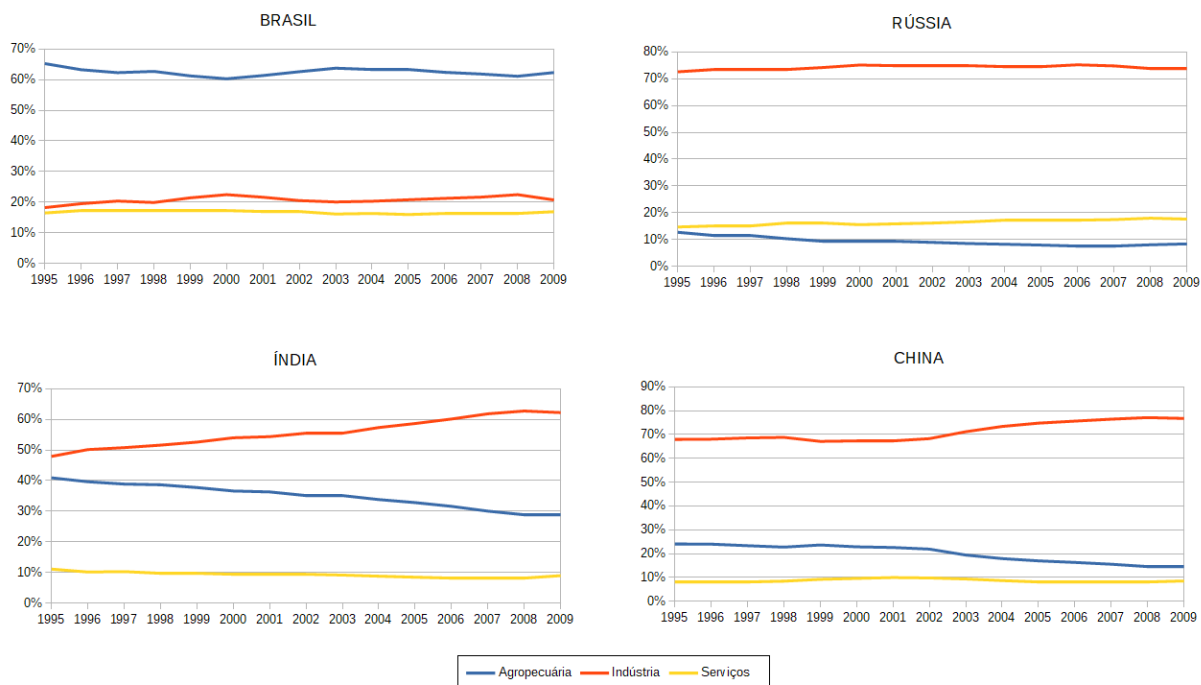
Fonte: Elaboração própria com dados da WIOD (2013).

Há distinções significativas no perfil de emissão setorial de GEE entre os países do BRIC, que são evidenciadas na Figura 3. Foram usados dados de emissão dos grandes setores – agropecuária, indústria e serviços – para os anos entre 1995 e 2009.

Observa-se um claro padrão de emissão setorial para cada um dos países do BRIC, em que o setor agropecuário se destaca em emissões de GEE no Brasil, enquanto o setor industrial se destaca nos demais países. É importante ressaltar que, embora a agropecuária se destaque em termos relativos no Brasil, em termos absolutos a Índia e a

China emitiram mais GEE pela agropecuária do que o Brasil em todos os anos analisados.

Figura 3 – Porcentagem de emissões setoriais de GEE dos países do BRIC



Fonte: Elaboração própria com dados da WIOD.

No Brasil, a agropecuária se destaca com mais de 60% das emissões do país em todos os anos analisados. Ainda assim, observa-se que houve redução da participação da agropecuária e aumento da participação do setor industrial nas emissões brasileiras. Vale salientar que, em termos absolutos, houve aumento das emissões do país nos três setores entre 1995 e 2009.

Na Rússia, a participação das emissões da indústria tem caído desde 2000, mas ainda assim o setor representa mais de 72% da emissão de GEE do país em todos os anos analisados. Observa-se também que houve redução na participação da agropecuária e aumento do setor de serviços nas emissões. Diferentemente dos demais países, na Rússia o setor de serviços emite mais do que a agropecuária, o que representa uma característica bastante peculiar. Em termos absolutos, houve significativa redução das emissões da agropecuária no país, aumento moderado das emissões industriais e aumento um pouco mais considerável do setor de serviços.

A Índia aumentou consideravelmente a participação da indústria na emissão de GEE, chegando a mais de 62% em 2009. Houve também significativa redução da

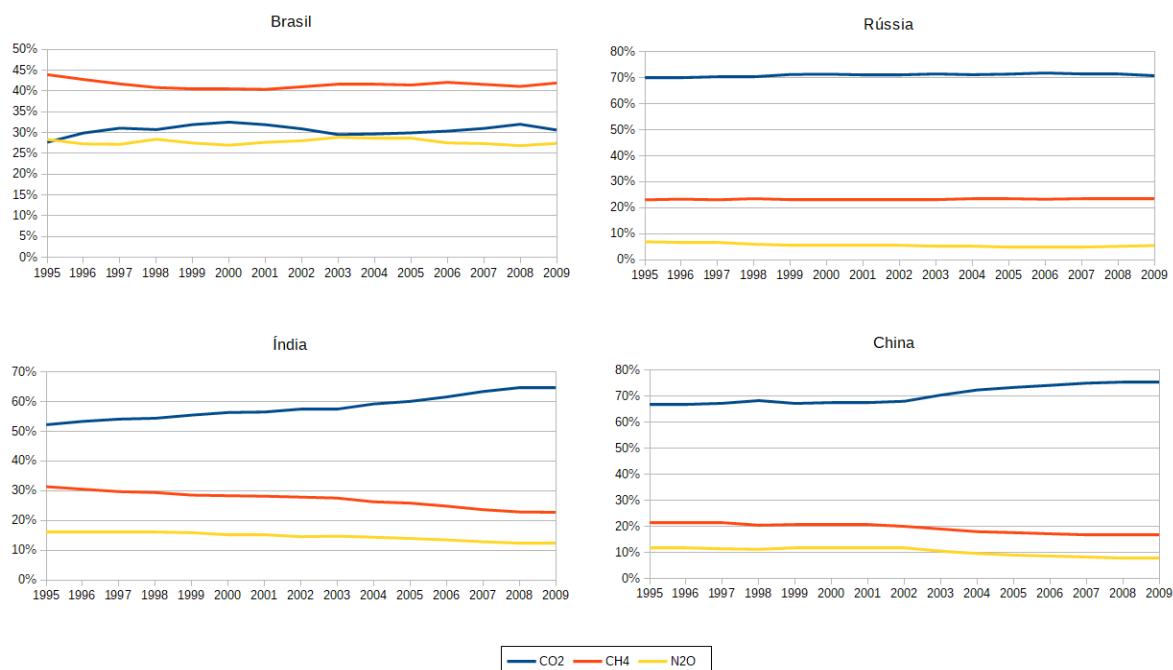
participação da agropecuária nas emissões indianas. Tais mudanças estão atreladas a participação desses setores na produção total do país, pois a indústria ganhou espaço na produção, enquanto a agropecuária reduziu sua participação, refletindo nas emissões. Em termos absolutos, houve aumento da emissão dos três setores, com importante destaque para a indústria que mais que dobrou de 1995 a 2009.

A China apresentou aumento da participação do setor industrial em suas emissões, alcançando mais de 76% em 2009, e reduziu a participação da agropecuária. Em termos absolutos, houve aumento das emissões nos três setores, com destaque para indústria e serviços, com emissões em 2009 mais de duas vezes maiores do que as de 1995.

Os dados apresentados na Figura 3 indicam que os setores que mais emitiram em 1995 em cada um dos países continuam tendo as maiores participações em todos os anos analisados. A Rússia foi o único país que obteve redução nas emissões brutas em algum setor (agropecuária), além de ter apresentado os menores aumentos nas emissões totais de GEE de 1995 para 2009, com redução nos últimos anos da análise. Os demais países do BRIC aumentaram suas emissões no período, com destaque à China, que mais que dobrou seus números.

A diferente no padrão de emissão setorial dos países do BRIC se reflete no tipo de gás mais emitido em cada um dos países, o que pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Porcentagem de emissões por tipo de GEE dos países do BRIC



Fonte: Elaboração própria com dados da WIOD (2013).

Na Rússia, Índia e China destacam-se as emissões via indústria e, conseqüentemente, o gás de maior participação nas emissões desses países é o CO<sub>2</sub>, ao passo que no Brasil as emissões via agropecuária colocam o CH<sub>4</sub> em evidência.

É interessante notar que em todos os países houve aumento da participação das emissões de CO<sub>2</sub> no período, e redução dos outros dois gases. Em termos absolutos, houve aumento das emissões dos três gases no Brasil, Índia e China. Na Rússia houve redução das emissões de N<sub>2</sub>O, como reflexo da redução nas emissões brutas da agropecuária.

### **2.5.2 Análise de decomposição estrutural**

Na Tabela 1 são resumidos os resultados da decomposição estrutural da variação de emissão de GEE para os países do BRIC para 1995 e 2009. Os fatores de decomposição são consumo das famílias (CF), consumo do governo (CG), investimento (INV), exportação (EXP) e padrão técnico (PT), sendo os quatro primeiros elementos da demanda final.

O padrão técnico mostra o impacto das mudanças estruturais decorrentes de alterações nos coeficientes técnicos de emissão de GEE. Valores positivos na decomposição do padrão técnico indicam que houve um rearranjo nas relações setoriais, aumentando a dependência por setores com elevados níveis de emissão de GEE (PERDIGÃO et al., 2018).

No mesmo sentido, valores positivos na decomposição dos elementos da demanda final indicam uma alteração favorecendo setores mais intensivos em emissões de GEE. Conseqüentemente, valores negativos indicam o oposto, em todos os casos.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 1, houve mudança no padrão técnico do Brasil e da Rússia a favor de setores mais intensivos em emissões, enquanto na Índia apenas a indústria apresentou variação técnica positiva, indicando que tal setor passou a ser mais utilizado enquanto insumos de produção, aumentando sua participação nas emissões do país. O resultado para a China foi negativo, sugerindo ter havido redução na demanda intermediária de setores intensivos em emissão e/ou melhoras nas técnicas produtivas a favor de uma produção mais limpa. Mais detalhes podem ser observados nas Tabelas 2, 3, 4 e 5, com a decomposição para o Brasil, Rússia, Índia e China, respectivamente.

Tabela 1 – Decomposição estrutural da variação de emissão de GEE entre 1995 e 2009

Países	Setores	$\Delta$ CF	$\Delta$ GG	$\Delta$ INV	$\Delta$ EXP	$\Delta$ PT
Brasil	Agropecuária	-89631,3	76,5	-79479,6	45963,0	9,1
	Indústria	-30203,2	635,4	-297311,6	-4502,2	11,7
	Serviços	-40128,5	-1825,3	3285,6	463,7	10,4
	<b>TOTAL</b>	<b>-159963,0</b>	<b>-1113,5</b>	<b>-373505,6</b>	<b>41924,6</b>	<b>31,1</b>
Rússia	Agropecuária	-1091322,6	-36116,1	-162165,6	-102688,6	106,2
	Indústria	-3034460,0	-375589,2	-825960,6	-5224640,6	2322,7
	Serviços	-1542946,6	-185227,4	-254940,3	-757671,2	498,3
	<b>TOTAL</b>	<b>-5668729,2</b>	<b>-596932,7</b>	<b>-1243066,5</b>	<b>-6085000,4</b>	<b>2927,3</b>
Índia	Agropecuária	1103,0	11403,5	-80129,3	-6925,5	-30,7
	Indústria	241385,6	100520,4	118107,3	54624,7	26,9
	Serviços	21122,2	38027,1	44271,3	14083,6	-1,9
	<b>TOTAL</b>	<b>263610,9</b>	<b>149950,9</b>	<b>82249,2</b>	<b>61782,8</b>	<b>-5,6</b>
China	Agropecuária	429697,5	35955,6	177857,0	3104,3	-7,4
	Indústria	797365,3	-2582,5	51700,6	1220578,1	-104,6
	Serviços	428790,5	71047,6	112264,4	105943,1	-9,9
	<b>TOTAL</b>	<b>1655853,3</b>	<b>104420,6</b>	<b>341822,0</b>	<b>1329625,5</b>	<b>-121,9</b>

Fonte: Elaboração própria com dados da WIOD (2013).

Em t/CO<sub>2</sub>e.

$\Delta$  = variação

No Brasil, a exportação agropecuária se destaca como grande responsável pelo aumento das emissões de GEE no período analisado, sendo que este componente da demanda final também ajuda a explicar a evolução das emissões do setor de serviços. Este resultado faz-se importante visto que a agropecuária é o setor brasileiro que mais emite GEE, colocando as exportações em evidência quanto ao assunto.

Embora o resultado da  $\Delta$  EXP tenha sido negativo para a indústria no Brasil, a Tabela 2 traz os setores mais desagregados, o que possibilita observar valores positivos para as exportações em três setores industriais, com destaque, pela magnitude, para indústria extrativa (2), indicando que a exportação do setor possuiu influência positiva sobre a evolução das emissões de GEE do país entre 1995 e 2009. Entre o período, houve aumento da participação da indústria extrativa nas exportações brasileiras (em termos monetários), que representou 4,65% em 1995 e 13,22% em 2009 (WIOD, 2013).

Tabela 2 – Decomposição estrutural da variação de emissão de GEE no Brasil

<b>Setores</b>	<b>Δ CF</b>	<b>Δ CG</b>	<b>Δ INV</b>	<b>Δ EXP</b>	<b>Δ PT</b>
1	-89.631,3	76,5	-79.479,6	45.963,0	9,1
2	-426,8	0,2	-1.613,5	7.944,4	3,0
3	-3.384,5	0,4	-234,9	-83,0	0,1
4	-1.675,4	0,2	-97,5	-130,7	0,1
5	-272,1	0,0	-34,5	-143,7	0,1
6	-29,2	0,0	-38,3	-123,4	0,2
7	-364,1	0,3	-294,3	-486,1	0,3
8	-10.515,0	0,6	-2.122,7	1.001,4	1,5
9	-6.772,9	628,2	2.691,1	-1.439,6	0,2
10	-121,9	0,1	-134,3	-44,2	0,2
11	-615,9	0,4	-1.597,6	-880,5	2,6
12	-905,1	4,6	-9.801,6	-9.179,9	2,0
13	-71,7	0,0	-549,0	-69,1	0,1
14	-370,3	0,2	-1.586,3	-34,2	0,1
15	-233,1	0,0	-237,4	-10,2	0,0
16	-184,1	0,0	-271,8	-23,7	0,1
17	-5.435,4	0,0	24,9	323,1	1,1
18	1.174,2	0,0	-281.414,0	-1.122,9	0,1
19	-5.766,9	28,2	-2.638,0	-57,1	0,1
20	-108,6	2,4	-129,6	-0,2	0,1
21	-459,3	5,5	-348,2	-3,1	0,2
22	-339,9	0,0	-0,7	-14,9	0,1
23	-400,1	0,4	-45,2	2,1	2,3
24	-93,0	0,0	-6,6	-2,7	3,6
25	-708,6	0,3	-52,3	-19,0	1,0
26	-196,2	0,2	-24,5	2,9	0,3
27	21,9	0,3	-17,4	15,8	0,1
28	-9.742,4	-139,3	1.842,5	438,9	0,0
29	-17.676,9	0,0	-1.204,2	48,1	0,0
30	-323,1	0,4	-41,9	6,5	0,2
31	-16,1	-1.062,3	4.356,9	-0,1	0,1
32	-87,3	-269,8	1.228,8	-0,1	0,1
33	-129,7	-396,7	854,1	0,2	0,0
34	-4.102,5	4,9	-488,1	46,6	2,2

Fonte: Elaboração própria com dados da WIOD (2013).

A Tabela 3 traz a decomposição estrutural da Rússia com os 34 setores. Os resultados apresentam sinal negativo para todos os setores em todos os componentes da demanda final. Como exposto na seção 5.1, a Rússia apresentou pouco aumento nas emissões entre 1995 e 2009, com redução de 2008 para 2009. Nesse sentido, os resultados da decomposição estrutural indicam que a demanda final contribuiu para a contração das emissões de GEE da Rússia, com destaque para as exportações.

É necessário salientar que a crise econômica internacional de 2008 afetou demasiadamente a Rússia. Nessa época, houve desaceleração da economia russa em virtude da redução nos preços e na demanda global de seus principais produtos exportados – petróleo e gás natural –, além de queda também na demanda doméstica.

Analisando os dados das matrizes de insumo-produto do país, percebe-se que houve diminuição no volume da demanda final no período em questão, o que sugere que a redução da emissão da Rússia nos últimos anos analisados não partiu de uma mudança na estrutura da demanda final, mas sim no volume transacionado.

Por outro lado, a variação do padrão técnico é positiva em todos os setores, e com valores altos, sobretudo para eletricidade, fornecimento de gás e água (17), indicando uma grande participação desse setor no consumo intermediário e nas emissões do país. Isso se dá principalmente devido a predominância de combustíveis fósseis na matriz energética russa.

Tabela 3 – Decomposição estrutural da variação de emissão de GEE na Rússia

<b>Setores</b>	<b>Δ CF</b>	<b>Δ CG</b>	<b>Δ INV</b>	<b>Δ EXP</b>	<b>Δ PT</b>
1	-1.091.322,6	-36.116,1	-162.165,6	-102.688,6	106,2
2	-31.343,5	0,0	-22.397,3	-1.689.308,1	178,1
3	-28.242,5	-1,2	-4.360,9	-684,1	2,5
4	-2.846,9	-0,3	-561,1	-418,4	1,5
5	-110,1	-0,2	-113,9	-25,0	0,5
6	-479,9	0,0	-284,3	-975,2	3,7
7	-572,0	0,0	-910,1	-2.634,4	3,1
8	-20.438,7	0,0	11.880,1	-50.550,2	53,2
9	-197.703,2	-124,7	-177.538,1	-800.228,6	424,7
10	-412,8	0,0	-152,8	-117,3	2,2
11	-46.830,5	0,0	-6.308,6	-6.703,0	53,9
12	-158.763,4	0,0	-245.322,5	-2.483.319,5	446,0
13	-885,0	0,0	-5.267,2	-6.702,6	3,6
14	-1.403,6	0,0	-1.648,4	-1.369,9	3,5
15	-8.768,6	-105,1	-1.995,3	-2.267,8	3,4
16	-430,6	-5,8	-1.081,4	-34,5	1,9
17	-2.534.480,7	-375.351,8	-369.898,9	-179.228,7	1.138,3
18	-747,9	0,0	0,0	-73,4	2,6
19	-830,7	-11,2	-316,4	-400,5	2,2
20	-20.061,9	-185,0	-4.207,5	-16.204,2	4,4
21	-7.475,8	-67,9	-1.519,5	-2.568,5	2,6
22	-3.454,9	-358,8	-407,6	-61,8	2,5
23	-344.670,3	-746,4	-17.595,1	-624.974,0	78,9
24	-7.154,8	-29,8	-546,0	-2.477,8	19,5
25	-15.909,4	-70,9	-1.535,8	-6.160,6	39,3
26	-507.708,0	-2.364,1	-50.020,3	-103.441,6	189,3
27	-2.124,7	0,0	0,0	-315,5	2,3
28	-923,5	-6.190,6	-7.048,5	-11,1	1,3
29	-14.545,1	-3.593,6	-4.740,2	-22,0	7,0
30	-234,5	-3.793,0	-3.619,3	-176,3	1,2
31	-5.855,4	-35.082,2	-33.261,5	-146,2	4,5
32	-1.947,3	-13.081,8	-12.410,3	-50,0	1,7
33	-2.108,4	-8.809,4	-8.206,2	-2,4	1,2
34	-607.941,9	-110.842,6	-109.506,1	-658,7	140,4

Fonte: Elaboração própria com dados da WIOD (2013).

Voltando à Tabela 1, observa-se que a Índia apresentou resultados negativos da variação de investimentos e exportações para a agropecuária e resultados positivos para a variação da demanda final da indústria e serviços. Vale lembrar que a agropecuária indiana perdeu espaço para os outros dois setores entre 1995 e 2009, sobretudo pelo avanço da indústria, o que pode ser corroborado pelos resultados encontrados, os quais sugerem uma redução da participação do setor primário nas emissões do país e aumento da participação do setor secundário e terciário. Isso indica que a redução da participação agropecuária nas emissões indianas aconteceu principalmente por diminuição no volume transacionado.

O componente da demanda final que mostrou ter tido maior contribuição para o aumento das emissões indianas entre o período analisado foi a variação do consumo das famílias. O país tem muitos problemas sociais, grande desigualdade e mais da metade da população vivendo em área rural. Essa realidade ainda é forte na Índia, mas tem tido progressos nos últimos anos, melhorando o poder de compra das famílias e seu acesso à energia elétrica, por exemplo. Assim, a Índia tem um grande mercado consumidor interno em ascensão. Esse resultado corrobora com Silva e Sanguetta (2017), sobre o aumento das emissões indianas terem sido impulsionadas pelo aumento crescente da população e do consumo de energia.

Na Tabela 4, com os 34 setores, alguns se destacam com resultados positivos e de grande magnitude nos elementos da demanda final, como eletricidade, fornecimento de gás e água (17) e transporte terrestre (23), fruto de uma matriz energética predominantemente composta por insumos fósseis.

Tabela 4 – Decomposição estrutural da variação de emissão de GEE na Índia

1	1.103,0	11.403,5	-80.129,3	-6.925,5	-30,7
2	-64,6	78,1	32.097,1	18.885,8	2,2
3	11.866,7	636,3	2.512,5	991,3	2,0
4	8.913,8	345,5	268,3	3.027,8	-0,1
5	187,8	-0,1	0,8	-87,0	-0,1
6	-417,6	-124,3	-617,7	421,0	1,7
7	-708,8	569,1	242,9	-1.026,8	0,5
8	6.026,1	-16,0	-3.072,9	4.327,0	-0,4
9	17.345,5	1.549,8	15.568,5	19.936,5	1,3
10	-30,4	-0,3	198,1	0,4	0,0
11	-3.317,2	-43,1	-2.403,6	-22.918,1	4,1
12	-2.855,0	230,3	9.344,3	24.511,3	-1,3
13	527,9	-122,5	353,4	639,9	0,2
14	53,6	12,4	349,2	2.079,8	0,1
15	-40,6	73,0	64,1	1.619,3	0,2
16	-42,7	-81,4	94,3	1.957,7	-0,1
17	203.529,2	97.604,2	63.237,3	258,8	16,8
18	411,7	-190,5	-129,4	0,0	-0,1
19	46,8	1,8	19,4	-0,1	0,0
20	212,9	7,7	63,7	-0,1	0,0
21	841,2	35,2	365,7	-6,1	0,0
22	9.247,6	1.460,6	1.502,9	4.577,3	-1,0
23	25.852,7	1.033,8	1.361,0	952,6	-0,7
24	537,5	10,8	-49,8	-94,9	1,5
25	-16,9	89,5	-47,1	-131,9	-2,7
26	-283,8	11,4	-7,2	-79,8	-0,1
27	9.040,2	1.946,2	38,6	1.689,2	0,5
28	156,2	38,0	22,0	26,1	0,0
29	343,8	-18,4	-18,4	-44,8	0,0
30	1.718,2	84,1	99,4	2.511,4	0,1
31	0,0	798,0	1.052,4	0,0	0,0
32	647,6	210,2	264,7	0,0	0,0
33	131,6	8,4	42,4	0,0	0,0
34	-27.353,4	32.309,8	39.561,6	4.684,8	0,6

Fonte: elaboração própria com dados da WIOD.

A decomposição estrutural da China apresentou resultados positivos para a variação da demanda final, com ênfase para consumo das famílias e exportações como principais responsáveis pelo aumento das emissões chinesas entre 1995 e 2009. Os resultados indicam que a indústria foi o setor que mais afetou positivamente as emissões do país, seguido pelo setor de serviços e, por fim, pela agropecuária, todos com sinais positivos. Tal resultado corrobora com os dados apresentados na seção 2.5.1, de que os três grandes setores aumentaram suas emissões durante o período analisado, sendo que a indústria foi o que mais cresceu.

Na Tabela 5 é apresentada a decomposição mais detalhada da China, com os 34 setores. A variação do padrão técnico é negativa em quase todos os setores, com destaque para eletricidade, fornecimento de gás e água (17), o que sugere uma redução da participação desse setor nas emissões oriundas das transações intermediárias do país. Nesse sentido, vale lembrar que a China foi o maior investidor em energias renováveis entre 2007 e 2010 (GÓMEZ, CHAMON e LIMA, 2012), de forma a reduzir a intensidade energética da economia chinesa no período.

Porém, a melhora na eficiência energética não se traduziu ainda em redução das emissões totais da China, que apresentam comportamento ascendente em todo o período aqui analisado. Os resultados da decomposição estrutural indicam que a variação do consumo das famílias e das exportações foram os componentes que mais contribuíram para esse aumento das emissões chinesas de 1995 a 2009.

No consumo das famílias, destacou-se o setor de eletricidade, fornecimento de gás e água (17). A produção e uso de energia representam a maior parte das emissões chinesas, pois sua matriz energética é composta majoritariamente por combustíveis fósseis. Em 2009, o consumo do referido setor pelas famílias foi 4 vezes maior do que em 1995 (WIOD, 2013). Nas exportações, o setor de metais básicos e metais fabricados (12) apresentou o maior impacto. As exportações chinesas deste setor em 2009 foram cinco vezes maiores do que em 1995 (WIOD, 2013). Isso indica que o efeito positivo dos setores sobre a variação das emissões de GEE da China no período se deve ao aumento do volume transacionado.

Tabela 5 - Decomposição estrutural da variação de emissão de GEE na China

<b>Setores</b>	<b>Δ CF</b>	<b>Δ CG</b>	<b>Δ INV</b>	<b>Δ EXP</b>	<b>Δ PT</b>
1	429.697,5	35.955,6	177.857,0	3.104,3	-7,4
2	-5.278,2	-44,5	16.386,9	-16.875,3	-19,9
3	270.276,8	-1.487,0	9.922,3	26.255,1	-0,3
4	55.920,0	-46,3	-4.534,2	113.225,3	-1,0
5	3.480,0	-5,7	-263,2	2.749,6	-0,2
6	381,1	-14,6	-19,9	2.202,1	-0,6
7	-603,2	-134,9	-2.722,5	6.862,7	-1,9
8	4.228,0	-2,9	-2.027,5	9.427,4	-2,9
9	23.547,7	-226,2	7.552,3	277.095,0	-8,5
10	3.668,8	-12,2	174,8	31.076,2	-1,2
11	-22.536,0	-141,5	-22.570,8	86.764,2	-8,0
12	2.622,5	-259,7	43.403,3	373.333,9	-7,1
13	508,5	-24,1	58,1	88.881,7	-1,3
14	12.667,8	-10,5	1.110,5	147.945,7	-0,3
15	13.503,1	-1,8	2.537,5	30.629,7	-0,6
16	887,6	-64,7	155,6	31.221,9	-1,1
17	433.041,6	-105,9	2.537,5	9.444,7	-49,7
18	1.049,0	0,0	0,0	338,3	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	27.991,7	-137,5	-1.106,4	10.907,4	-0,4
21	4.504,5	-22,1	-178,0	1.755,3	-0,3
22	18.355,5	-1.773,3	-1.773,3	1.217,6	-0,2
23	5.841,8	7.173,1	7.494,4	3.803,9	0,9
24	8.185,2	2.424,9	2.740,2	46.783,3	-2,3
25	2.613,1	1.138,4	1.066,1	28.745,5	0,2
26	3.443,2	-14,9	-111,1	-762,7	0,2
27	3.497,6	0,0	-1,2	436,0	-0,1
28	4.786,6	275,2	258,8	62,2	-0,2
29	16.355,5	-264,1	-264,1	0,0	-0,4
30	1.516,5	1.856,7	6.244,2	6.676,7	-0,1
31	0,0	32.045,9	44.380,9	24,4	-0,2
32	24.546,1	21.848,3	31.275,6	14,1	-0,6
33	14.048,0	10.133,5	14.142,1	50,1	-0,1
34	293.105,3	-3.636,4	8.096,3	6.229,4	-6,5

Fonte: elaboração própria com dados da WIOD.

## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os países do BRIC tem chamado atenção nas últimas décadas por diversos fatores, como crescimento econômico acelerado, grande extensão territorial, ampla população, diversidade em recursos naturais e energéticos, crescente participação no comércio internacional e pelo aumento do volume de emissões de gases de efeito estufa, tornando-se uns dos principais emissores da atualidade. Assim, cresce a preocupação em relação ao modo de desenvolvimento desses países.

As questões ambientais são temas bastante atuais e de extrema relevância. Para tornar crescimento econômico e qualidade ambiental objetivos reforçados, e não concorrentes, são necessárias mudanças extensas e profundas. Tais mudanças são difíceis, sobretudo para países periféricos, que podem ver o desenvolvimento sustentável como um sacrifício ao seu crescimento econômico. Portanto, a motivação para efetuar mudanças nessa magnitude deve ser compatível com os incentivos econômicos, principalmente nos países menos desenvolvidos.

O objetivo do presente estudo foi decompor os fatores responsáveis pela evolução das emissões de GEE do Brasil, Rússia, Índia e China entre 1995 e 2009, buscando identificar os elementos e os setores que mais contribuíram para o aumento das emissões dos países do BRIC no período em questão.

Para analisar as emissões de GEE do BRIC, foram utilizadas contribuições da literatura sobre o perfil histórico de emissão desses países. Nesse sentido, destaca-se que a China, a Índia e a Rússia possuem uma matriz energética baseada nos combustíveis fósseis, fazendo com que suas emissões sejam majoritariamente via produção e uso de energia, enquanto no Brasil, o setor historicamente mais poluidor de GEE é a agropecuária.

Com base nos resultados apresentados nesse trabalho, não houve mudança significativa no perfil de emissão dos países do BRIC no período analisado, visto que os setores que mais emitiram GEE em 1995 foram os mesmos de 2009: a agropecuária no Brasil e a indústria nos demais países.

Os resultados indicam que, no Brasil, a demanda final via exportação foi o fator que mais contribuiu para o aumento das emissões no país, com ênfase nas exportações do setor de agropecuária. Neste ponto, vale a ressalva de que dada a crescente demanda mundial por alimentos brasileiros, com destaque para carnes e soja, é preciso adotar

políticas que minimizem as emissões de GEE do referido setor. Caso contrário, se por um lado essa demanda pode trazer impactos econômicos positivos, por outro tem trazido problemas ambientais.

Na Rússia, Índia e China, o setor de eletricidade, fornecimento de gás e água destacou-se em diferentes componentes da decomposição, representando importante impacto desse setor sobre o aumento das emissões de GEE nos países. Esses países sustentam seu crescimento e desenvolvimento com base em energia via queima de combustíveis fósseis. Nesse sentido, os resultados reforçam a necessidade de investimentos em prol de uma modernização e diversificação das fontes de energia, além de aumento da conscientização da população em relação ao consumo de energia. Esse alerta vale também para o Brasil, que vem aumentando suas emissões provenientes do setor energético.

Tais países vem mostrando avanços em direção ao aumento de uso de fontes renováveis, como energia solar, eólica, hidráulica e nuclear. São importantes passos, mas ainda há um longo caminho a percorrer a fim de reduzir os danos ambientais das economias do BRIC.

Por fim, é importante observar a relevância da variação das exportações no aumento das emissões do Brasil, Índia e China, o que chama atenção ao fato de que parte das emissões desses países é exportada e consumida em outros países. Assim, surge o interesse em analisar mais detalhadamente o papel do comércio internacional nas emissões de GEE do BRIC, tema do próximo ensaio.

## 3 RELAÇÃO ENTRE COMÉRCIO INTERNACIONAL E EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DOS PAÍSES DO BRIC

### 3.1 INTRODUÇÃO

O estoque global de GEE tem aumentado continuamente. Nos últimos anos, observa-se uma estabilização das emissões dos países desenvolvidos concomitante a uma elevação da poluição em países emergentes, dando força a hipótese de que esteja acontecendo uma fuga de poluição a partir das relações de comércio internacional. Esta hipótese é conhecida na literatura como hipótese do refúgio da poluição.

O comércio permite que bens sejam produzidos em uma localidade e consumidos em outra, gerando uma separação geográfica entre o consumo e a emissão de poluentes. As políticas e acordos internacionais para redução de emissões de GEE – como o Protocolo de Quioto, por exemplo – não consideram as emissões incorporadas nos fluxos de comércio, pois se baseiam apenas nas emissões locais. Porém, diante da expansão da integração mundial e do caráter global dos efeitos das emissões de GEE, cada vez mais o papel do comércio está sendo incluído nas discussões sobre mudanças climáticas.

Diante disso, o objetivo do presente ensaio é analisar o comércio internacional de emissões, a fim de identificar as emissões incorporadas nas exportações e nas importações dos países do BRIC, buscando indícios de que a hipótese do refúgio da poluição possa estar acontecendo em tais países. Para isso, pretende-se analisar estruturalmente o comércio internacional de emissões de GEE a partir do método de insumo-produto, entre 1995 e 2009, e identificar as emissões incorporadas nas exportações e importações dos países em questão, pois vê-se a importância de reconhecer não somente a fonte das emissões de GEE, mas também a relação entre produção, consumo e poluição.

Ademais, objetiva-se identificar os países com produção mais intensiva em emissão de GEE e suas evoluções entre 1995 e 2009, a partir do cálculo dos coeficientes de intensidade de emissão de 40 países, dentre eles o BRIC. Para alcançar os objetivos propostos, foram utilizados dados da *World Input-Output Database (WIOD)*.

Além desta introdução, o ensaio consta de mais cinco seções. A seção 3.2 traz uma breve revisão de literatura sobre comércio internacional e emissões de GEE. Nas seções 3.3 e 3.4 são apresentadas a metodologia e a base de dados utilizada, respectivamente. Na seção 3.5 têm-se os resultados e discussões. Na seção 3.6, as considerações finais.

### 3.2 COMÉRCIO INTERNACIONAL E EMISSÕES DE GEE

Na teoria neoclássica do comércio internacional destacam-se Eli Heckscher e Bertil Ohlin, no século XX. O Teorema de Heckscher-Ohlin é conhecido como abordagem da dotação de fatores, por defender que o comércio internacional acontece pelas diferenças de dotação de fatores de produção entre os países. De acordo com este teorema, cada país deverá se especializar na produção e exportação de bens intensivos em fatores mais abundantes no país. Da mesma forma, a importação de bens deverá acontecer no sentido oposto ao fator abundante (CASSANO, 2002; SILVA, LIMA e XAVIER, 2011; MOREIRA, 2012).

Com a crescente integração da economia mundial e ampliação da preocupação com o meio ambiente, surgiu a necessidade de se discutir os efeitos da política comercial sobre o meio ambiente. Assim, o debate sobre as vantagens e desvantagens da abertura comercial inclui os impactos ambientais do comércio internacional.

Copeland e Taylor (2004) evidenciam que os efeitos ambientais do comércio internacional dependem das características de cada país, de modo que o comércio não tem o mesmo impacto em todos os países. Em países com vantagem comparativa na produção de bens limpos, o comércio gera uma melhoria no bem-estar. Já em países com vantagem comparativa em bens sujos, o bem-estar da liberalização do comércio depende da regulamentação ambiental do país.

A legislação ambiental nos países de baixa renda tende a ser mais branda ou inexistente, levando tais países a possuírem vantagens comparativas na produção de bens sujos. Dessa forma, o comércio internacional tende a induzir os países em desenvolvimento a se especializar e aumentar o volume de produção e exportação de bens intensivos em poluição (YOUNG e BARBOSA FILHO, 1998).

Por outro lado, há estudiosos que defendem que a maior participação na concorrência internacional aumenta a eficiência da economia, sobretudo dos países em desenvolvimento, visto que a competição tenderia a fechar empresas ineficientes que utilizam equipamentos com defasagem tecnológica (YOUNG e BARBOSA FILHO, 1998). Nesse sentido, Bhagwati (1993) argumenta que a liberalização comercial permite a importação de tecnologias de produção mais limpas.

Para Bhagwati (1993), é equívoca a ideia de que o crescimento econômico impulsionado pelo comércio internacional fatalmente prejudica o meio ambiente. A ideia da Curva Ambiental de Kuznets (CKA) defende que o crescimento econômico só prejudica

o meio ambiente até certo nível de renda per capita. A partir daí, o crescimento passaria a melhorar a qualidade ambiental.

Um dos argumentos da CKA é que nas fases iniciais do desenvolvimento econômico acontece a mudança de uma economia agrária para uma economia industrial e, conseqüentemente, intensiva em poluição. Ao alcançar o desenvolvimento, tais países tenderiam a tornar-se economias de serviços, o que lhes faria reduzir os danos ambientais, uma vez que demandariam, relativamente, mais bens e serviços de setores menos intensivos em emissões (BHAGWATI, 1993).

No centro do debate sobre comércio internacional e meio ambiente, está a hipótese do refúgio da poluição (TAYLOR, 2004), que sugere uma relação direta entre regulamentação ambiental e fluxos de comércio internacional. Com base nesta hipótese, o livre comércio induz o movimento da produção intensiva em poluição dos países desenvolvidos e com regulamentação ambiental rigorosa para os países de baixa renda e regulação ambiental frouxa. Isso deve ocorrer porque a produção suja é mais custosa para países com normas ambientais rígidas.

De acordo com a hipótese do refúgio da poluição, o comércio contribui para que a poluição dos países desenvolvidos diminua, pois suas indústrias passam a ser mais limpas, ao passo que a poluição dos países de baixa renda tende a aumentar. O saldo final é o aumento na poluição mundial, pois as indústrias mais poluidoras estariam se localizando nos países com baixos padrões ambientais (TAYLOR, 2004).

As emissões globais de GEE aumentaram nos últimos anos, principalmente nos países em desenvolvimento. Observa-se que a estabilização das emissões dos países desenvolvidos ocorreu concomitante a elevação da poluição em países emergentes (VIEIRA, 2015; VALE, PEROBELLI e CHIMELI, 2017), reforçando a ideia de que esteja acontecendo uma fuga de poluição a partir das relações de comércio internacional. Desta forma, parece ter aumentado a exportação de bens intensivos em poluição dos países com menos regulamentação ambiental para os países com maiores regulamentações (CARVALHO, SANTIAGO e PEROBELLI, 2011; VIEIRA, 2015; VALE, PEROBELLI e CHIMELI, 2017).

Taylor (2004) adverte que testar a hipótese do refúgio da poluição no mundo real se mostrou uma tarefa difícil, e nenhum estudo na literatura apresenta um teste verdadeiramente persuasivo. Eskeland e Harrison (2003), Copeland e Taylor (2004) e Taylor (2004) concluem que há poucas evidências empíricas convincentes para apoiar tal hipótese, e as evidências existentes se mostram, no máximo, fracas.

Eskeland e Harrison (2003) não encontraram correlação robusta entre a regulação ambiental nos países industrializados e o investimento estrangeiro nos países em desenvolvimento. Aliyu (2005), por sua vez, evidencia que a política ambiental é importante para explicar investimentos estrangeiros diretos dos países da OCDE para países menos desenvolvidos.

Vieira (2015) constatou que houve significativa diminuição das indústrias intensivas em poluição nos países da OCDE e tem aumentado de forma constante nos países em desenvolvimento. Ademais, o autor conclui que a maior parte das exportações dos países em desenvolvimento são consumidas nos países desenvolvidos, processo este que contribuiu para uma diminuição nas emissões de CO<sub>2</sub> dos países industrializados.

Vale, Perobelli e Chimeli (2017) encontraram que, entre 1995 e 2009, houve redução das emissões de CO<sub>2</sub> dos Estados Unidos e aumento das emissões da China, Brasil, Índia e Rússia, países em desenvolvimento. Os Estados Unidos tiveram mais emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no consumo do que na produção, e foi o maior importador líquido de CO<sub>2</sub> para todos os anos analisados. Em contrapartida, a China, Brasil e Rússia foram exportadores líquidos de emissão de CO<sub>2</sub> no mesmo período. A Índia apresentou resultado contrário ao restante dos países do BRIC. Os autores concluem que os resultados encontrados representam uma fuga de carbono dos países desenvolvidos para os países em desenvolvimento, de modo que o comércio internacional está sendo usado para diminuir as emissões de CO<sub>2</sub> dos países industrializados.

Bartolo (2008) argumenta que as emissões de CO<sub>2</sub> e a intensidade energética no período entre 1980 e 2005 apresentaram uma trajetória crescente nos países em desenvolvimento e decrescente nos países desenvolvidos, indicando que houve intensificação da poluição das economias dos países em desenvolvimento.

### 3.3 METODOLOGIA

Para fins do presente estudo, a metodologia utilizada abrange tabelas de insumo-produto. O modelo de insumo-produto foi desenvolvido por Wassily Leontief em 1930, e mostra como os setores da economia estão relacionados entre si, representando a interação dos fluxos monetários de bens e serviços entre as indústrias e os segmentos da demanda final (MILLER e BLAIR, 2009).

Tal modelo é um dos métodos mais adequados para estudar a incorporação das emissões de GEE no comércio entre as nações (WIEBE et al, 2012), pois a partir das relações de compra e venda intersetorial é possível calcular os efeitos diretos, indiretos e induzidos de cada atividade produtiva no mercado internacional.

As tabelas de insumo-produto podem ser regionais ou multi-regionais. As tabelas regionais traduzem as interações entre setores da economia de uma região ou país, enquanto as multi-regionais retratam essa mesma relação entre mais de uma região ou país. No caso do presente estudo, utiliza-se a matriz de insumo-produto inter-países, pois o interesse são as emissões incorporadas ao comércio internacional, e não é apenas a poluição produzida em cada país isoladamente. Desta forma, a matriz aqui utilizada busca captar também o comércio entre os setores da economia de um determinado país com os setores dos outros 39 países da base de dados, dando ênfase aos países membros do BRIC. Em outras palavras, todos os países estão conectados no sistema via relações comerciais.

#### 3.3.1. Coeficiente de intensidade de emissão

O primeiro passo para incorporar as emissões no modelo de insumo-produto é definir os coeficientes de intensidade de emissão, os quais correspondem à razão entre a emissão de GEE do setor  $i$  e o valor bruto da produção deste setor, como representado na equação 1.

$$e = \frac{GEE}{X} \quad (1)$$

Em que:

$e$  = coeficiente de intensidade de emissão

$GEE$  = emissões de GEE do setor em determinado ano

$X$  = valor bruto de produção do setor

Inicialmente, com o intuito de fazer uma análise descritiva da intensidade de emissão de GEE dos países do BRIC, foram calculados os coeficientes de intensidade de emissão ( $e$ ) para os 40 países a partir do modelo de insumo-produto e dos dados de emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (GEE). Neste caso, faz-se separadamente para cada país o somatório das emissões setoriais e divide-se pelo somatório do valor bruto da produção de cada setor.

Desta forma, foram calculados os coeficientes de intensidade dos 40 países para os anos 1995, 2000, 2005 e 2009, bem como a média de tais coeficientes para cada ano e a média dos países do BRIC.

### 3.3.2 Multiplicadores de emissão

A partir dos coeficientes de intensidade de emissão, incorpora-se as emissões de GEE ao modelo de insumo-produto pré-multiplicando a matriz inversa de Leontief por um vetor de coeficiente de emissões, como é mostrado na equação 2.

$$m = \hat{e}(I - A)^{-1} \quad (2)$$

Em que  $m$  indica as emissões liberadas durante o processo de produção de bens finais e  $\hat{e}$  representa uma matriz diagonal, em que os elementos da diagonal principal são os coeficientes de intensidade de emissão de GEE. Portanto, na equação 2 está representada a matriz inversa de Leontief ponderada pelos coeficientes de intensidade de emissão de GEE.

Com os coeficientes de intensidade de emissão ponderando a matriz de insumo-produto, obtém-se a matriz de multiplicadores de emissões. A partir desta matriz é possível captar melhor a relação entre o comércio e as emissões de GEE entre os países (VALE, PEROBELLI e CHIMELI, 2017).

Por meio dos multiplicadores de emissões de 2009, buscou-se identificar os setores de maior impacto ambiental. Por fim, para analisar se o Brasil, China, Índia e Rússia foram, em 2009, mais intensivos na importação ou exportação de bens que incorporam emissão de GEE, foram comparados os somatórios das linhas e das colunas da matriz de emissão destes países, para cada país isoladamente, excluindo as linhas e colunas referentes ao comércio dentro do próprio país.

### 3.4 BASE DE DADOS

Para alcançar os objetivos apresentados, foram utilizados dados da *World Input-Output Database* (WIOD). A partir desta base de dados é possível analisar os efeitos da globalização sobre o comércio internacional, pressões ambientais e desenvolvimento socioeconômico de diversos países (TIMMER et al., 2015), pois os dados levam em consideração aspectos socioeconômicos (como emprego, por exemplo) e questões ambientais (como uso de energia, recursos hídricos e emissões de GEE).

A WIOD contém informações detalhadas sobre as atividades de produção nacional e comércio internacional. Os dados são obtidos a partir de estatísticas oficiais nacionais e estão organizados em 34 setores da economia, apresentados no Quadro 1.

Para a realização do presente estudo, a amostra em análise corresponde às tabelas de insumo-produto para os 40 países<sup>8</sup> da base de dados e à emissão atmosférica, por parte de tais países, de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gás metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Nesse ensaio, os três tipos de gás são usados em conjunto e representam o total de gases de efeito estufa e, por isso, foram aqui compatibilizados em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (t/CO<sub>2</sub>e). O cálculo para esta contabilização, conforme estabelecido pelo IPCC, é feito de maneira que 1 CO<sub>2</sub> equivale a 21 CH<sub>4</sub> e 310 N<sub>2</sub>O.

Em relação a abrangência temporal, a base de dados compreende os anos entre 1995 e 2009 (15 anos), possibilitando a análise da evolução do comércio internacional e de mudanças estruturais no mesmo. Os dados de emissão possuem a mesma dimensão temporal e desagregação setorial que as tabelas de insumo-produto.

---

8 Austrália (AUS), Áustria (AUT), Bélgica (BEL), Bulgária (BGR), Brasil (BRA), Canadá (CAN), China (CHN), Chipre (CYP), República Checa (CZE), Alemanha (DEU), Dinamarca (DNK), Espanha (ESP), Estônia (EST), Finlândia (FIN), França (FRA), Reino Unido (GBR), Grécia (GRC), Hungria (HUN), Indonésia (IDN), Índia (IND), Irlanda (IRL), Itália (ITA), Japão (JPN), Coreia (KOR), Lituânia (LTU), Letônia (LVA), Luxemburgo (LUX), México (MEX), Malta (MLT), Países Baixos (NLD), Polônia (POL), Portugal (PRT), Romênia (ROU), Rússia (RUS), Eslováquia (SVK), Eslovênia (SVN), Suécia (SWE), Taiwan (TWN), Turquia (TUR) e Estados Unidos da América (USA).

## Quadro 1 – Setores da Economia

- 1 Agricultura, caça, silvicultura e pesca
- 2 Indústria extrativa
- 3 Alimentos, bebidas e tabaco
- 4 Têxtil e produtos têxteis
- 5 Couro e calçados
- 6 Madeira e produtos de madeira
- 7 Celulose, papel, impressão e publicação
- 8 Coque, petróleo refinado e combustível nuclear
- 9 Químicos e produtos químicos
- 10 Borracha e plásticos
- 11 Outro Minerais não-metálicos
- 12 Metais básicos e metais fabricados
- 13 Máquinas
- 14 Equipamento elétrico e ótico
- 15 Equipamento de transporte
- 16 Indústrias diversas e reciclagem
- 17 Eletricidade, fornecimento de gás e água
- 18 Construção
- 19 Venda e manutenção de veículos; Venda a varejo de combustível
- 20 Comércio atacadista e de comissões, exceto veículos motorizados
- 21 Comércio varejista; Reparação de bens domésticos
- 22 Hotéis e restaurantes
- 23 Transporte terrestre
- 24 Transporte aquático
- 25 Transporte aéreo
- 26 Outras atividades de transporte; Atividades de agências de viagens
- 27 Correios e Telecomunicações
- 28 Intermediação financeira
- 29 Atividades imobiliárias
- 30 Aluguel de máquinas e equipamentos e outras atividades comerciais
- 31 Administração e defesa pública
- 32 Educação
- 33 Saúde e trabalho social
- 34 Outros serviços comunitários, sociais e pessoais

Fonte: Elaboração própria com base na WIOD.

Grandes setores: Agropecuária (1); Indústria (2 – 18); Serviços (19 – 34).

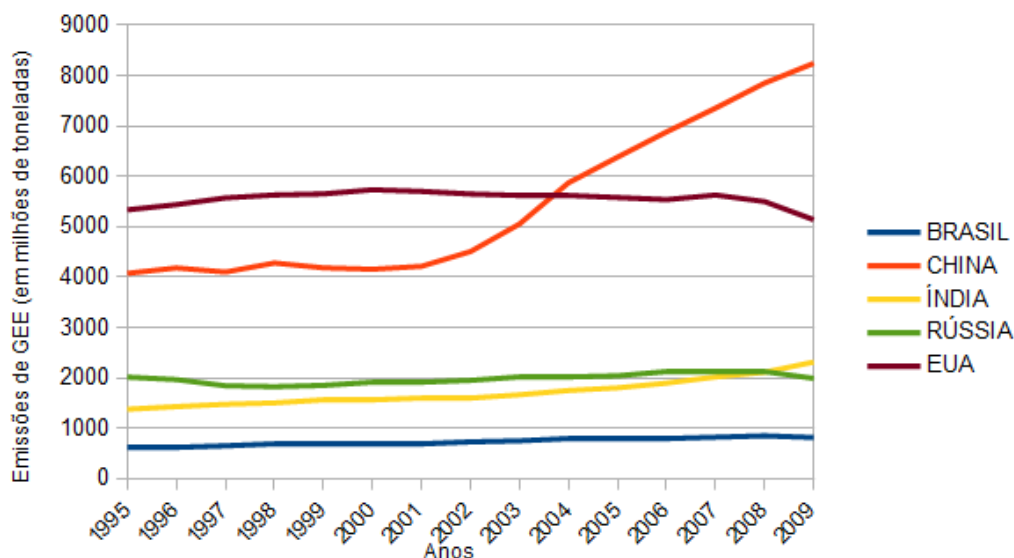
### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção está dividida em quatro partes. Na seção 3.5.1 são apresentadas as emissões setoriais de GEE dos países do BRIC e as evoluções das emissões desses países entre 1995 e 2009. Na seção 3.5.2 são exibidos os coeficientes de intensidade de emissão para os 40 países. Na seção 3.5.3 são reportados os multiplicadores de emissão de GEE do BRIC em 2009. Na seção 3.5.4 são apresentados os saldos comerciais de emissões de GEE dos países do BRIC em 1995, 2000, 2005 e 2009.

#### 3.5.1 Evidências iniciais

Em 1995, a China foi responsável por cerca de 50% das emissões do BRIC, com participação crescente ao passar dos anos, chegando a 62% em 2009, e destacando-se como maior emissor do grupo. Na Figura 1 são retratadas as evoluções das emissões de GEE dos países do BRIC e dos Estados Unidos (EUA), a fim de comparar as mudanças de emissões dos cinco países que mais emitiram em 2009, sendo quatro países em desenvolvimento (BRIC) e um país desenvolvido (EUA). Para tal, foram usados dados entre 1995 e 2009.

Figura 1 – Evolução das emissões de GEE dos países do BRIC e EUA



Fonte: Elaboração própria com dados da WIOD (2013).

Na Figura 1, observa-se que houve aumento das emissões da China, Índia e Brasil no período analisado, com destaque para o significativo aumento da China que, desde

2004, supera os EUA em emissões de GEE. A Rússia obteve comportamento oscilante, mas com redução até 2009. As emissões dos EUA começam a reduzir em 2002, com oscilações até 2007 e declínio até 2009.

O comportamento das emissões desses cinco países no período analisado corrobora que os países emergentes têm elevação sua poluição, enquanto países desenvolvidos têm estabilizado, e até mesmo reduzido, suas emissões. Nesse sentido, a evolução das emissões da Rússia se distingue do restante do BRIC, por apresentar redução nos últimos anos. Isso pode ter acontecido devido a forte dependência russa da exportação de petróleo e gás natural, de forma que uma redução nos preços e na demanda global de tais produtos – fato que aconteceu em 2008 – cause retração na economia e, conseqüentemente, nas emissões do país (MUNIZ, 2011).

### **3.5.2 Coeficientes de Intensidade de Emissões**

A partir do modelo de insumo-produto e das emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, foram calculados os coeficientes de intensidade de emissão para os 40 países da base de dados. Tais coeficientes são apresentados na Figura 2, para 1995 e 2009, assim como o comportamento da média dos coeficientes dos 40 países e a média dos coeficientes dos 4 países do BRIC.

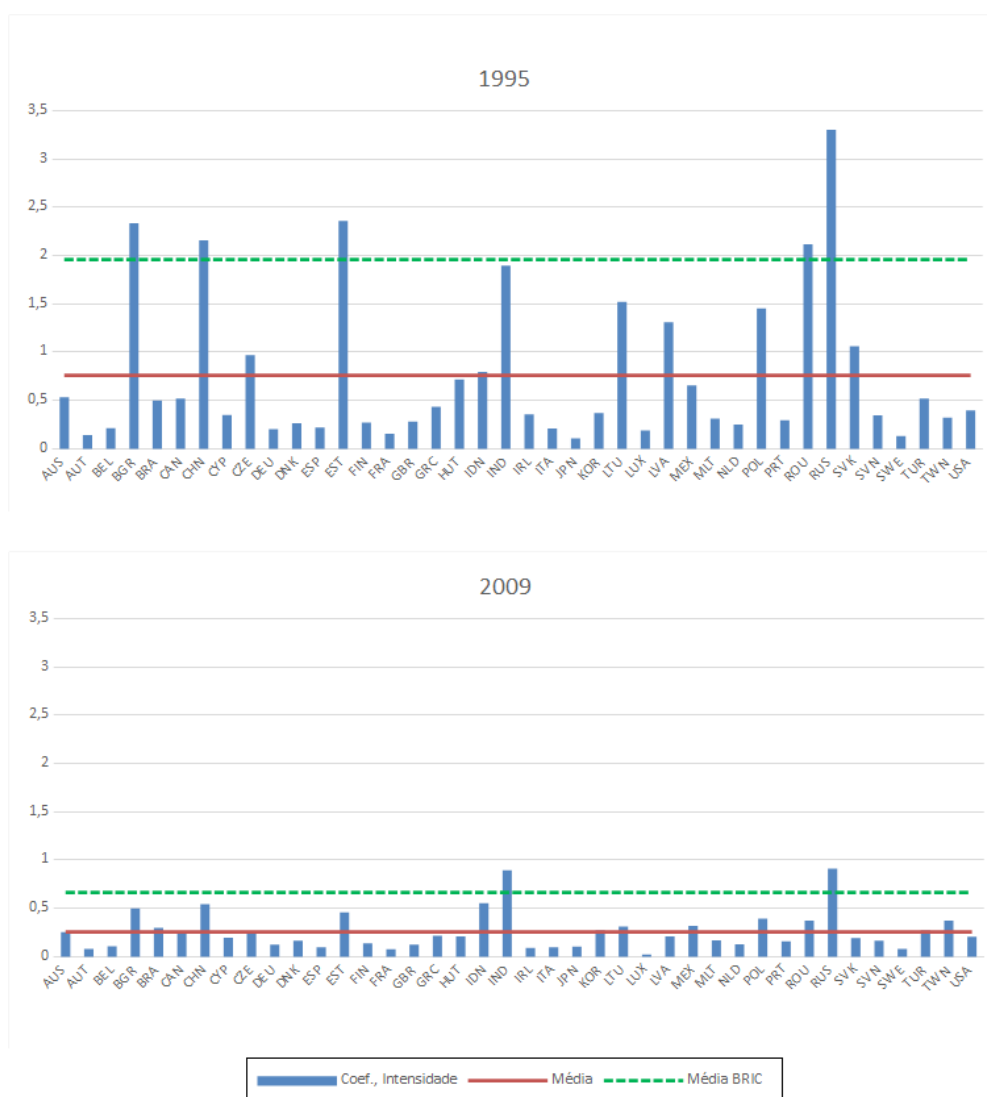
Os coeficientes de intensidade de emissão são representados pela razão entre a emissão total de GEE de um país e o VBP da economia, evidenciando o grau de ineficiência da produção de um país em relação à poluição de GEE. Assim, quanto maior o coeficiente, mais intensiva em emissão é a produção.

Analisando os gráficos, algumas informações gerais chamam a atenção. A média dos coeficientes de intensidade de emissão do BRIC é consideravelmente maior que a média dos coeficientes dos 40 países nos dois anos analisados. A média geral dos coeficientes de intensidade de emissão apresenta um comportamento decrescente, saindo de 0,76 em 1995 e chegando a 0,26 em 2009. A média do BRIC também apresentou decréscimo considerável, de 2 para 0,67.

É importante salientar que o decréscimo dos coeficientes de intensidade de emissão representa uma produção menos intensiva em emissões, mas não necessariamente traduz um decréscimo na quantidade total de emissão de GEE. Vale, Perobelli e Chimeli (2017) enfatizam que os coeficientes não podem ser usados para tirar conclusões acerca do padrão de emissões dos países, pois não refletem necessariamente em um decréscimo ou acréscimo da quantidade absoluta de emissões de GEE. Redução nos

coeficientes pode refletir melhorias nas tecnologias utilizadas na produção, de forma que a produção passe a ser mais limpa e menos intensiva em poluição.

Figura 2 – Coeficientes de intensidade de emissões de GEE



Fonte: Elaboração própria com dados da WIOD (2013).  
Em toneladas de GEE por mil US\$ de VBP.

Em 1995, dentre os países do BRIC, a Rússia desponta bem acima da média do BRIC e da média geral. A China e a Índia ficam relativamente próximas à média do BRIC, enquanto o Brasil obtém coeficiente bem abaixo deste, além de ser o único abaixo da média geral, dentre os quatro países. Isto indica que a produção da Rússia é a mais intensiva em poluição de GEE, enquanto a do Brasil é a menos intensiva. Uma das explicações para esse resultado é que a matriz energética na China, Índia e Rússia é baseada em combustíveis fósseis, resultando em uma produção altamente emissoras de GEE, en-

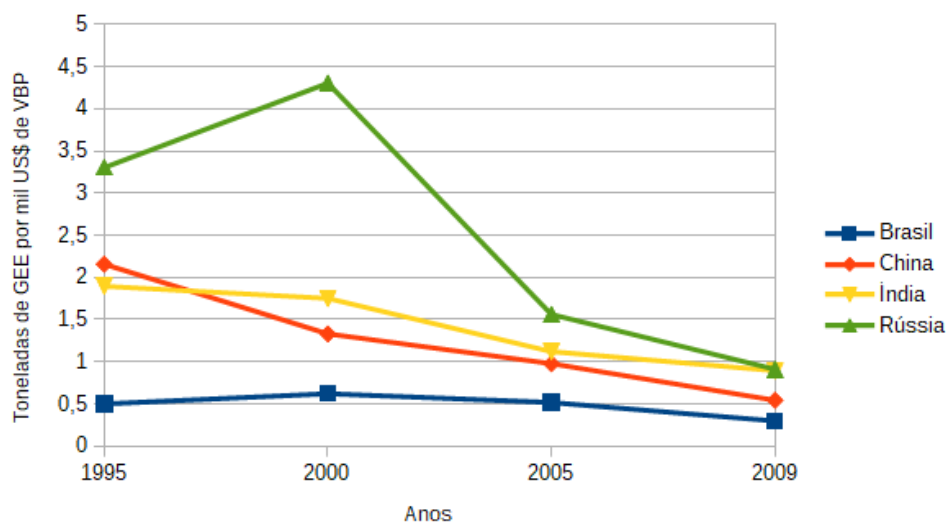
quanto o Brasil possui uma das matrizes energéticas limpa, majoritariamente via hidrelétricas, com baixa emissão.

Em 2009, a Rússia permanece com coeficiente mais alto que as médias e mais alto que os demais países, mas com resultado menor do que o de 1995. Brasil, China e Índia também reduziram seus coeficientes de intensidade de emissão. Diferentemente de 1995, em 2009 o Brasil tem um coeficiente maior que a média geral, indicando que a redução na intensidade de emissão desse país foi menor do que a redução da maioria dos países.

Na Figura 2 fica evidente que todos os países apresentaram decréscimo na intensidade de emissão ao longo do tempo. Esse resultado dá um indicativo de melhorias nas técnicas produtivas mundiais em favor de uma produção menos intensiva em poluição. Ademais, é importante notar que, mesmo os quatro países do BRIC reduzindo a intensidade de emissão, continuam em destaque em relação ao mundo, sobretudo a Rússia, Índia e China, nessa ordem.

Na Figura 3 é exibida com mais clareza a evolução dos coeficientes de intensidade de emissão dos países do BRIC, mostrando que a Rússia e o Brasil obtiveram aumento da intensidade de 1995 a 2000, seguido de redução até 2009.

Figura 3 – Evolução dos coeficientes de intensidade de emissão do BRIC



Fonte: Elaboração própria com dados da WIOD (2013).

O gráfico aponta que houve diminuição dos coeficientes de todos os países do BRIC, mas, em contrapartida, na Figura 1 evidencia-se que houve aumento das emissões dos quatro países no período analisado, com destaque para o significativo aumento da China. Isso reforça que o decréscimo dos coeficientes de intensidade de emissão

representa uma produção menos intensiva em emissões, mas não necessariamente se traduz em diminuição na quantidade total de emissão de GEE.

A diminuição do coeficiente de intensidade de emissão conjuntamente com aumento das emissões de GEE dos países do BRIC significa que houve aumento da produção e das emissões desses países, mas a produção aumentou mais que proporcionalmente às emissões, o que pode significar uma maior eficiência tecnológica na produção de bens intensivos em poluição.

### **3.5.3 Multiplicadores de emissões**

Na Tabela 1 são apresentados os multiplicadores de emissões de GEE do Brasil, Rússia, Índia e China para o ano de 2009. Os multiplicadores foram separados em intra-país e inter-países. Os intra-país representam o comércio entre os setores do mesmo país, enquanto os multiplicadores inter-países representam as compras dos setores do país em questão para os setores dos outros 39 países da amostra. Os resultados foram obtidos a partir da matriz inversa de Leontief ponderada pelas emissões de GEE.

Na Tabela 1, analisando os multiplicadores intra-país, observa-se que a emissão de GEE do setor de Agropecuária (1) se destaca no Brasil, indicando que para cada variação de \$ 1.000 na demanda desse setor, toda a economia do país precisaria emitir 4,21 tCO<sub>2</sub>eq para atender esta alteração na demanda. Esse resultado confirma que, no Brasil, o setor mais sensível à emissão de GEE é a agropecuária.

Ainda sobre os multiplicadores intra-país, na Rússia, Índia e China, o setor que se destaca nos resultados é o de Eletricidade, Fornecimento de Gás e Água (17), confirmando que, nestes países, as emissões via produção e uso de energia se sobressaem. Tal multiplicador foi de 9,3 na Rússia, 10,96 na China e 16,7 na Índia, os quais podem ser interpretados de forma análoga a feita anteriormente para o Brasil.

Dentre os resultados, há de se destacar também a grande diferença do multiplicador de eletricidade intra-país para o Brasil comparado com os demais países, confirmando os resultados de Camioto, Rebelato e Rocha (2016), de que o Brasil é o país com melhor índice de eficiência do consumo de energia (EETF) dentro do BRIC.

Tabela 1 – Multiplicadores de emissão de GEE em 2009

Setores	Brasil		Rússia		Índia		China	
	Intra	Inter	Intra	Inter	Intra	Inter	Intra	Inter
1	4,21	0,05	2,64	0,04	3,01	0,02	2,12	0,05
2	0,72	0,04	2,59	0,02	4,54	0,03	3,38	0,06
3	1,64	0,04	1,29	0,05	2,32	0,07	1,44	0,08
4	0,32	0,08	0,97	0,17	1,62	0,10	1,34	0,08
5	0,29	0,05	1,14	0,08	1,28	0,06	1,14	0,08
6	0,73	0,04	1,62	0,04	2,41	0,04	1,42	0,08
7	0,54	0,05	1,46	0,04	2,02	0,09	1,57	0,08
8	0,85	0,05	2,42	0,02	1,80	0,06	2,24	0,10
9	0,45	0,09	3,83	0,06	2,00	0,12	2,30	0,10
10	0,26	0,10	1,78	0,11	1,74	0,13	1,66	0,11
11	1,19	0,06	4,99	0,04	4,74	0,09	3,97	0,07
12	0,57	0,08	4,03	0,04	3,04	0,11	2,47	0,12
13	0,24	0,08	1,81	0,05	1,43	0,11	1,50	0,10
14	0,20	0,12	1,69	0,07	1,23	0,12	1,19	0,12
15	0,20	0,09	1,28	0,10	1,60	0,11	1,25	0,09
16	0,28	0,06	1,68	0,07	0,42	0,31	1,14	0,07
17	0,37	0,03	9,30	0,03	16,70	0,07	10,97	0,06
18	0,28	0,05	1,51	0,05	1,48	0,10	1,84	0,08
19	0,11	0,01	0,68	0,02	0,16	0,01	0,00	0,00
20	0,10	0,01	0,82	0,02	0,13	0,01	0,54	0,03
21	0,13	0,01	0,63	0,02	0,15	0,01	0,59	0,03
22	0,65	0,02	1,40	0,03	1,77	0,07	1,17	0,05
23	0,60	0,03	3,17	0,03	1,23	0,07	1,21	0,04
24	1,78	0,03	2,83	0,03	2,52	0,06	1,83	0,05
25	0,66	0,03	3,83	0,04	1,37	0,13	2,98	0,09
26	0,26	0,03	1,44	0,03	1,63	0,04	1,18	0,05
27	0,22	0,03	0,72	0,01	0,81	0,06	0,59	0,04
28	0,08	0,01	0,56	0,01	0,27	0,02	0,33	0,02
29	0,02	0,00	1,10	0,01	0,11	0,01	0,23	0,01
30	0,16	0,02	0,63	0,02	0,37	0,04	0,88	0,06
31	0,13	0,01	1,00	0,02	0,01	0,00	0,76	0,04
32	0,12	0,01	0,79	0,01	0,14	0,01	0,83	0,04
33	0,16	0,04	0,89	0,03	0,49	0,07	1,30	0,08
34	0,74	0,02	4,27	0,02	3,88	0,05	1,75	0,05

Fonte: Elaboração própria com dados da WIOD (2013).

No Brasil e na China destaca-se o multiplicador inter-países do setor de Equipamento Elétrico e Ótico (14). Na Rússia destaca-se o setor de Borracha e Plásticos (10), ao passo que na Índia, o setor de Indústrias Diversas e Reciclagem (16). Isto indica que o aumento na demanda internacional de tais setores causariam uma maior emissão de GEE nos respectivos países. Esses resultados são relevantes principalmente para a China e a Índia, pois o setor de Equipamento Elétrico e Ótico representou 36,5% da exportação chinesa em 2009, enquanto o setor de Indústrias Diversas e Reciclagem respondeu por 23,3% das exportações indianas no mesmo ano (WIOD, 2013). Ademais, os resultados da decomposição estrutural encontrados no primeiro ensaio indicam que a variação da exportação desses setores foi importante para explicar o aumento das emissões nos respectivos países.

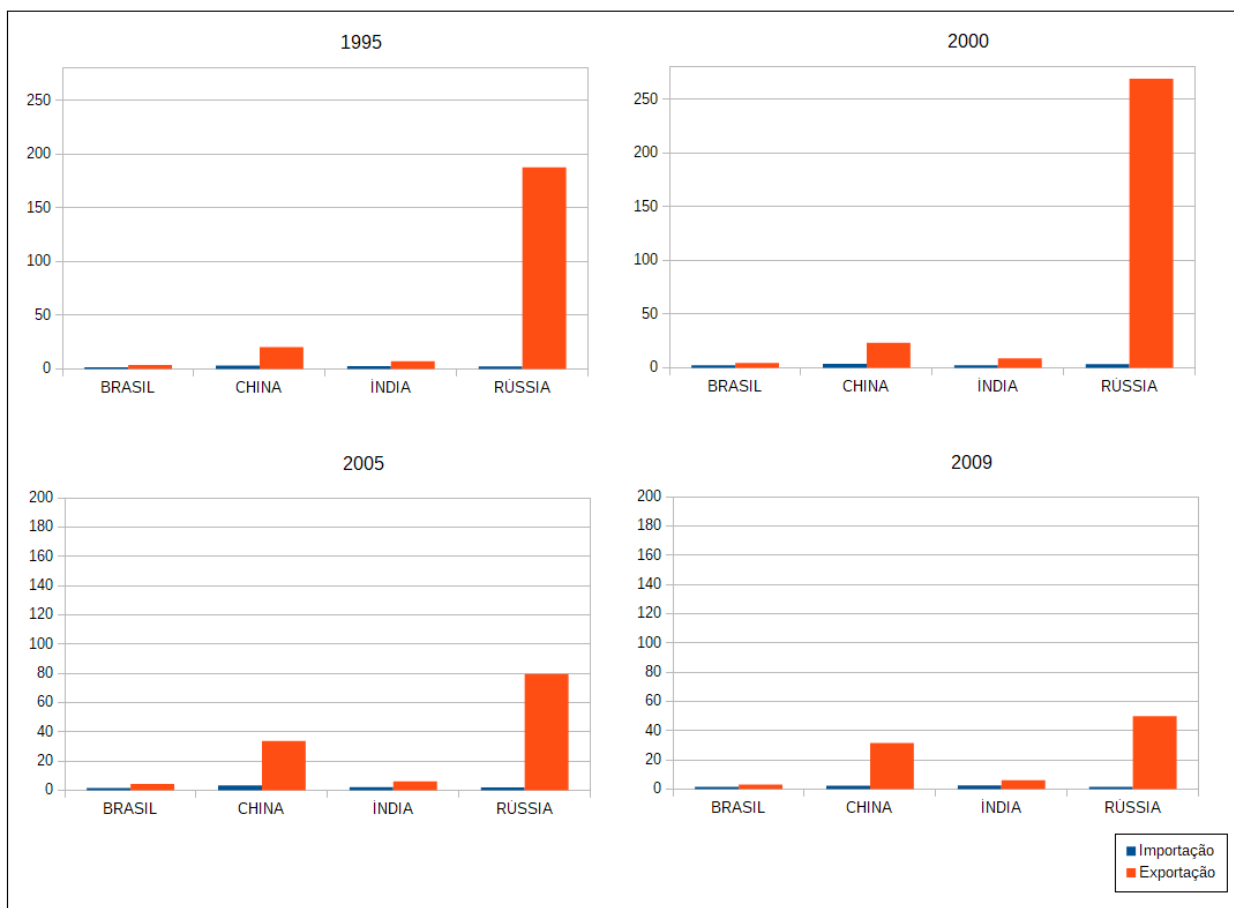
Ainda assim, analisando as emissões setoriais incorporadas às exportações dos países do BRIC em 2009, os setores que se destacam não são os de maiores multiplicadores inter-países citados anteriormente. No Brasil, a exportação do setor de Agropecuária responde por 8,9% das emissões do país. Na China, Rússia e Índia, destaca-se o setor de Eletricidade, Fornecimento de Gás e Água, com 14,6%, 13,61% e 2,4%, respectivamente. Isso indica que, embora os multiplicadores inter-países sejam menores nesses setores, são setores intensivos em poluição de GEE, o que impulsiona suas emissões a serem maiores.

#### **3.5.4 Saldos Comerciais Globais de Emissões de GEE**

A partir das tabelas de insumo-produto ponderadas pelas emissões de GEE é possível obter indicadores de emissões incorporadas na produção e no consumo de países e regiões, considerando as emissões que ocorrem no processo do comércio internacional (WIEBE et al.,2012).

Na Figura 4, observa-se que os quatro países do BRIC foram exportadores de emissão de GEE em 1995, 2000, 2005 e 2009, com destaque para a Rússia e a China. Isso significa que bens intensivos em emissões são produzidos nesses países, mas consumidos em outros.

Figura 4 – Emissões de GEE incorporadas às importações e exportações de insumos



Fonte: Elaboração própria com dados da WIOD.  
Em t/CO<sub>2</sub>e.

Em 2009, cerca de 41% das emissões da Rússia foram exportadas, da China foram 35%, do Brasil 14% e da Índia 8%. Em relação às emissões setoriais, o setor de Agropecuária representou 61% das emissões do Brasil incorporadas às exportações intermediárias. O setor de Eletricidade, Fornecimento de Gás e Água obteve participação de 42% na China, 32,9% na Rússia e 29,5% na Índia.

Um fato que chama atenção é que a Rússia apresenta os maiores saldos de exportação de emissões, mas não é o país que mais exporta insumos e produtos. Em 2009, por exemplo, a China exportou quase 5 vezes mais do que a Rússia. Isso evidencia, mais uma vez, que a Rússia é o país com produção mais intensiva em emissões de GEE do BRIC (e do mundo).

Na Figura 4, observa-se também que houve redução das emissões incorporadas nas exportações de 2000 a 2009 nos quatro países do BRIC, sobretudo na Rússia. Olhando para o volume de exportações nesses países, em termos monetários a preços de 1995, nota-se que houve aumento das exportações de insumos e produtos

intermediários na China e na Índia, inclusive nos setores que mais se destacaram em emissão em cada país. No Brasil houve redução das exportações, mas aumento das exportações do setor de agropecuária, que é o maior emissor do país. Com isso é possível concluir que a redução da exportação de emissões não é reflexo de uma diminuição das exportações desses países, mas sim de uma melhora nas técnicas produtivas, principalmente na China e Índia. Na Rússia, houve redução das exportações, inclusive no setor que mais emite no país, o de eletricidade, gás e água. Isso indica que neste país a redução das exportações de emissões pode ser reflexo de diminuição no volume transacionado.

### 3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio de um modelo interregional de insumo-produto, foram observadas as interações entre as economias de 40 países, com o objetivo de analisar o comércio internacional de emissões de GEE, com ênfase nos países do BRIC, e identificar as emissões incorporadas nas exportações e importações desses países. Ademais, foram calculados os coeficientes de intensidade de emissão de 40 países, e a Rússia foi identificada como o país de produção mais intensiva em emissão de GEE no período analisado.

Observa-se uma tendência mundial de diminuição nos coeficientes de intensidade de emissão. Em países desenvolvidos, menores coeficientes começam a se traduzir em menores emissões, enquanto nos países do BRIC, em desenvolvimento, ainda não. Assim, pode-se concluir que, com o passar dos anos, a produção dos países do BRIC aumentou, causando um aumento menos que proporcional nas emissões de GEE.

Os resultados apresentados caminham no sentido de confirmar a hipótese de que o comércio internacional tem contribuído para aumentar as emissões de GEE dos países do BRIC, visto que parte das emissões desses países está incorporada às exportações. Porém, o comércio internacional desses países cresceu mais do que as emissões, indicando uma melhora nas técnicas produtivas, possibilitando a redução das emissões de GEE por produto, embora não reflita em redução das emissões brutas.

É importante salientar que, embora os resultados indiquem uma fuga de poluição dos países do BRIC a partir das relações de comércio internacional, não pode-se afirmar que a hipótese do refúgio da poluição se aplique a tais países, pois não foram utilizados dados suficientes para testar a hipótese de que esteja acontecendo um deslocamento de indústrias intensivas em poluição dos países desenvolvidos e com rigorosas normas ambientais para os países do BRIC.

Ainda assim, o presente ensaio evidencia a importância de se investigar não só a produção das emissões, mas também os países envolvidos no consumo, a fim de garantir a redução mundial das emissões de GEE. As políticas internacionais de mitigação, como o Protocolo de Quioto, são baseadas na redução das emissões domésticas de GEE, desconsiderando poluição incorporada nos fluxos de comércio internacional. Porém, diante da expansão da globalização e das relações das economias mundiais, o comércio de emissões torna-se um fator relevante.

Em relação às emissões setoriais, o setor de Agropecuária representou 61% das emissões do Brasil incorporadas às exportações. O setor de Eletricidade, Fornecimento de Gás e Água obteve participação de 42% na China, 32,9% na Rússia e 29,5% na Índia. Este resultado confirma diversos estudos que apontam o setor de Agropecuária como o maior responsável pelas emissões no Brasil, enquanto na Rússia, Índia e China, o setor de Eletricidade e Gás se destaca. Com isso, é reforçada a necessidade de adotar políticas que minimizem as emissões de GEE dos referidos setores, pois são setores de extrema importância nesses países e ao mesmo passo que impulsionam suas economias, também contribuem para sérios problemas ambientais.

Nesse sentido, o Brasil conta, desde 2010, com um decreto de compromisso nacional voluntário para reduzir as emissões de GEE. O decreto atua nas áreas de agropecuária, energia, processos industriais, tratamentos de resíduos e mudança de uso da terra e florestas. Ademais, também em 2010, foi lançado o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), que representa um conjunto de ações para ampliação do uso de tecnologias agropecuárias sustentáveis, a fim de reduzir as emissões. Segundo o MCTIC (2016), os resultados já são sentidos, com reduções nas emissões até 2014.

A China foi o maior investidor em energias renováveis entre 2007 e 2010, dando indícios de que caminha a favor de uma diminuição da dependência de combustíveis fósseis. Os reflexos da transição para uma economia menos intensiva em carbono já se fazem presentes na economia chinesa, que teve sua intensidade energética reduzida no período, embora não tenha se traduzido em redução de emissão ainda.

O governo indiano também desenvolve políticas para enfrentar os problemas de sustentabilidade e segurança energética, com foco em investimentos na energia nuclear como parte do projeto estatal de baixa intensidade em carbono. A Rússia passou a se preocupar em diversificar sua economia principalmente após a crise de 2008, quando foi fortemente atingida devido à dependência por petróleo e gás. Assim, a estratégia do governo russo é se defender para que outras crises internacionais não afetem tanto o país.

Vê-se, assim, que tais países possuem destaque na questão climática contemporânea, mas vem mostrando avanços em direção a uma economia mais limpa. Ainda assim, há um longo e difícil trabalho pela frente, a fim de reduzir os danos ambientais das economias do BRIC preservando seu desenvolvimento econômico.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.; PELLENZ, J. L. V.; ARAUJO, T.; DANTAS, J. N. S.. **Brasil no Acordo de Paris: análise das emissões de gases do efeito estufa**. Curitiba-PR (XXI ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL- ANPEC-SUL). 2018
- ANGONESE, A.R.; CAMPOS, A. T.; WELTER, R.A.. **Potencial de redução de emissão de equivalente de carbono de uma unidade suinícola com biodigestor**. Engenharia Agrícola (Impresso), v. 27, p. 648-657, 2007.
- ALIYU, M. A.. **Foreign Direct Investment and the Environment: Pollution Haven Hypothesis Revisited**. In: Eight Annual Conference on Global Economic Analysis, Lübeck, Germany, 2005.
- BANCO MUNDIAL. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/pt/country/brazil>>. Acessado em: 8 de janeiro de 2018.
- BHAGWATI, J. **The case for free trade**. Scient9 N° 5. Novembro, 1993.
- BOSWORTH, B.; COLLINS, S. M.; VIRMANI, A.. **Sources of growth in the indian economy**. NBER Working Paper No. 12901. February 2007
- BRANCO, R. C.. **Os BRICS: oportunidades e desafios**. FGV Crescimento e Desenvolvimento. Janeiro, 2015.
- CABRAL, J. A.; PEROBELLI, F. S.. **Análise de decomposição estrutural para o setor de saúde brasileiro: 2000 a 2005**. Pesquisa e Planejamento Econômico (Rio de Janeiro), v. 42, p. 363-402, 2012.
- CAMARGO, A. L. de B.. **Desenvolvimento sustentável: dimensões e desafios**. Editora Papirus. Campinas, SP. 2003.
- CAMIOTO, F. d. C, REBELATTO, D. A. d. N., ROCHA, R. T.. **Análise da eficiência energética nos países do BRICS: um estudo envolvendo a Análise por Envoltória de Dados**. In: Gest. Prod., São Carlos, v. 23, n. 1, p. 192-203, 2016.
- CARVALHO, T. S., SANTIAGO, F. S., PEROBELLI, F. S.. **Incorporação de CO2 no comércio internacional: uma análise de insumo-produto das exportações de Minas Gerais em 2005**. In: XLIX Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural - SOBER., 2011, Belo Horizonte. Anais do XLIX Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural - SOBER., 2011
- CASLER, S. D.; ROSE, A.. **Carbon Dioxide Emissions in the U.S. Economy: A Structural Decomposition Analysis**. Environmental and Resource Economics 11(3-4): 349-363, 1998
- CASTRO, A. S.; ALVES, J. S.; ANDRADE, D. C.. **Crescimento Econômico e Emissões de CO2 no BRICS: uma análise de cointegração em painel**. Economia Aplicada (Impresso), 2018.

CERQUEIRA, G. A. et al. **A Crise Hídrica e suas Consequências**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (Boletim do Legislativo nº 27, de 2015). Disponível em: [www.senado.leg.br/estudos](http://www.senado.leg.br/estudos). Acesso em 08 de abril de 2019.

CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.. **Agricultura e aquecimento global**. Boletim Informativo - SBCPD, v. 32, p. 40-44, 2007.

COPELAND, B. R.; TAYLOR, M. S. **Trade, Growth, and the Environment**. Journal of Economic Literature, v. 42, n.1, p. 7-71, 2004.

ESKELAND, G. S.; HARRISON, A. E.. **Moving to greener pastures? Multinationals and the pollution haven hypothesis**. Journal of Development Economics (70). 2003

ESTEVES, E. G. Z., ALVES, A. F., SESSO FILHO, U. A.. **Análise da decomposição estrutural da emissão de CO2: 1995 a 2009**. ESPACIOS (CARACAS), v. 38, p. 22-35, 2017.

FERNANDES, L.; GARCIA, A.; FRANÇA, G.; CARESIA, M.. **Matrizes energéticas e desenvolvimento desigual: os BRICS no atual debate sobre mudanças climáticas**. In: Policy Brief. Rio de Janeiro. Julho de 2012

FERRARI FILHO, F.; PAULA, L. F. R. d.. **Liberalização financeira e performance econômica: a experiência recente dos BRIC**. In: XI Encontro Nacional de Economia Política, 2006, Vitória. Anais do XI Encontro Nacional de Economia Política, 2006.

GÓMEZ, J. M.; CHAMON, P. H.; LIMA, S. B.. **Por uma Nova Ordem Energética Global? Potencialidades e Perspectivas da Questão Energética entre os Países BRICS**. Contexto Internacional. Rio de Janeiro, vol. 34, no 2, julho/dezembro 2012, p. 531-396.

GUILHOTO, J.J.M. **Análise de insumo-produto: teoria e fundamentos**, 2004.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2007: Synthesis Report. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/>. Acessado em: 1 de fevereiro de 2018.

LOPES, J. C. d. J.. **Mudanças climáticas e suas consequências socioeconômicas**. Rama: Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 1, p. 127-146, 2008.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-output Analysis: Foundations and Extensions**. Cambridge University Press, 2009.

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC - BR). **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, DF. 2016.

MOREIRA, T. M. ;RIBEIRO, L.C.S.. **Mudanças estruturais na economia brasileira entre 2000 e 2005 e o novo regime macroeconômico: uma abordagem multissetorial**. Economia (Brasília), v. 14, p. 751-780, 2013.

MOREIRA, U.. **Teorias do comércio internacional: um debate sobre a relação entre crescimento econômico e inserção externa**. Revista de Economia Política, vol. 32, nº 2 (127), pp. 213-228, abril-junho/2012

- MUNIZ, L. da S.. **A Crise Econômica de 2008 e a Rússia: Consequências e Fragilidades da Economia Russa**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: FGV/EBAPE, 2011.
- NOVAIS, M. P.; PEROBELLI, F. S.. **Efeitos tecnológicos e estruturais nas emissões de CO2 brasileira para o período 2000 a 2005: uma abordagem de análise de decomposição estrutural (SDA)**. (Working Paper), 2009
- PERDIGÃO, C.; FAIÃO, T. F.; RODRIGUES, R. L.; ESTEVES, E. G. Z.; SESSO FILHO, U. A.; ZAPAROLLI, I. D.. **Decomposição estrutural das emissões de CO2 do BRIC**. Revista brasileira de estudos regionais e urbanos, v. 11, p. 293-313, 2017.
- PORTILHO, F.. **Sustentabilidade ambiental, consumo e cidadania**. Editora Cortez. São Paulo, 2005.
- RESENDE, M. F. C.; SILVA, A. C. M.; LIBÂNIO, R. A.; SANTOS, F.. **Projeto PIB: Perspectivas do Investimento na Política Industrial dos BRICS**. Instituto de Economia da UFRJ, Instituto de Economia da UNICAMP. 2009.
- RODRIGUES, G. C.. **Crescimento e desenvolvimento chinês: o desafio ambiental**. São Paulo, 2013.
- SESSO FILHO, U. A.; RODRIGUES, R. L.; MORETTO, A. C.; BRENE, P. R. A.; LOPES, R. L.. **Decomposição estrutural da variação do emprego no Brasil, 1991-2003**. Economia Aplicada (Impresso), v. 14, p. 99-123, 2010.
- SILVA, B. E. N.; SANQUETA, C. R. . **Análise da contribuição nacionalmente determinada (NDC) brasileira em comparação aos países do BRICS**. Revista Presença Geográfica, v. 6, p. 7317. -89, 20. 2017
- SILVA, M.; LIMA, D. J. P. ; XAVIER, C. L.. **Comércio Internacional e Especialização Tecnológica dos BRICS Entre os Anos de 2000-2010**. Economia Ensaios, v. 25, p. 53-70, 2011.
- SOUZA, K. B.; BASTOS, S. Q. A.; PEROBELLI, F. S.. **As múltiplas tendências da terciarização: uma análise insumo-produto da expansão do setor de serviços**. In: XXXIX Encontro Nacional de Economia - ANPEC, 2011, Foz do Iguaçu. Anais ANPEC 2011, 2011.
- STERN, N.. **The Economics of Climate Change**. American Economic Review: Papers & Proceedings 2008, 98:2, -37.
- TAYLOR, M. S. **Unbundling the Pollution Haven Hypothesis**. In: Advances in Economic Analysis & Policy. Volume 4, Issue 2. 2004
- THOMAS, J. M., CALLAN, S. J.. **Economia ambiental: aplicações, políticas e teorias**. Tradução Noveritis do Brasil. 2a edição. Editora Cengage Learning. São Paulo, 2016.
- TIMMER, M. P., DIETZENBACHER, E., LOS, B., STEHRER, R., DE VRIES, G. J. **An illustrated user guide to theWorld Input–Output Database: the case of global automotive production**. Rev. Int. Econ. 23, 575–605, 2015.

VALE, V. A., PEROBELLI, F. S., CHIMELI, A. B. **International trade, pollution and economic structure: Evidence on CO2 emissions for the North and the South.** Economic Systems Research, v. 30, p. 1-17, 2017.

VEIGA, J. E. da. **Aquecimento Global: frias contendas científicas.** Editora Senac São Paulo. 2a edição. São Paulo, 2011.

VIALLI, A.. **O empurrão Chinês: tudo indica que a China será o país indutor de uma transição mundial para uma economia de baixo carbono.** In: Economia Verde, pag 22. Fevereiro, 2015.

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

VIEIRA, A. E. M.. **Emissões de CO2 e impacto ambiental: uma análise dos impactos da abertura comercial, tipos de energia e composição do PIB sobre a intensidade das emissões.** Florianópolis, 2015.

VIEIRA, K. R. C. F.; BAZZO, W. A.. **Discussões acerca do aquecimento global: uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula.** Santa Catarina, 2007.

WACHSMANN, Ulrike. **Mudanças no consumo de energia e nas emissões associadas de CO2 no Brasil entre 1970 e 1996 – uma análise de decomposição estrutural.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, 2005.

WIEBE, K. S.; BRUCKNER, M.; GILJUM, S.; LUTZ, C. **Calculating Energy-Related CO2 Emissions Embodied in International Trade Using a Global Input–Output Model.** Economic Systems Research, v. 24, n. 2, p. 113-139, 2012.

World Input-Output Database (WIOD). Disponível em: <<http://www.wiod.org/database/wiots13>>. Acessado em 19 de fevereiro de 2018.

YMAI, A. K.. **Decomposição estrutural do emprego e da renda no Brasil: uma análise de insumo-produto – 1990 a 2007.** Dissertação de Mestrado. Londrina, 2010.

YOUNG, C. E. F., BARBOSA FILHO, F. H. . **Comércio Internacional, Política Econômica e Poluição No Brasil.** In: XXVI Encontro Nacional de Economia, 1998, Vitória. Anais do XXVI Encontro Nacional de Economia, 1998. v. 3. p. 1573-1584.

ZANDONAI, R.. **Os BRICS na arena de mitigação das mudanças climáticas.** In: I Seminário Internacional de Ciência Política, 2015, Porto Alegre. Anais do I Seminário Internacional de Ciência Política, 2015.

ZAPPAROLI, I. D., SOUZA, A. M., SESSO FILHO, U. A., BRENE, P. R. A., CÂMARA, M. R. G.. **Análise dos transbordamentos nas emissões de dióxido de carbono: Brasil, Rússia, Índia e China – BRIC.** Fortaleza, 2018.