

**DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> DO BRIC\***

**Claudia Perdigão**

Universidade Estadual de Londrina (UEL)

E-mail: [perdigao.cl@gmail.com](mailto:perdigao.cl@gmail.com)

**Thais Fernanda Faião**

Universidade Estadual de Londrina (UEL)

E-mail: [thais.faiao@gmail.com](mailto:thais.faiao@gmail.com)

**Rossana Lott Rodrigues**

Universidade Estadual de Londrina (UEL)

E-mail: [rlott@uel.br](mailto:rlott@uel.br)

**Emerson Guzzi Zuan Esteves**

Universidade Estadual de Maringá (UEM)

E-mail: [esteves@sercomtel.com.br](mailto:esteves@sercomtel.com.br)

**Umberto Antônio Sesso Filho**

Universidade Estadual de Londrina (UEL)

E-mail: [umasesso@uel.br](mailto:umasesso@uel.br)

**Irene Domenes Zapparoli**

Universidade Estadual de Londrina (UEL)

E-mail: [zapparoli@uel.br](mailto:zapparoli@uel.br)

**RESUMO:** Diante da expectativa de crescimento para as próximas décadas e dos desafios apresentados pelas matrizes energéticas, o modelo de desenvolvimento do BRIC ganha ênfase ante as questões ambientais. Nesse sentido, o objetivo deste artigo é apresentar a trajetória das emissões de CO<sub>2</sub> para esses países no período entre 1999 e 2009. Para tanto, a metodologia de análise de decomposição estrutural com base em dados de insumo-produto foi utilizada, uma vez que ela permite a consideração dos efeitos intensidade, tecnologia, estrutura e volume da demanda final sobre a variação da emissão de CO<sub>2</sub>. Com isso, buscou-se averiguar a influência dos elementos da estrutura econômica sobre a evolução do lançamento de dióxido de carbono na atmosfera, bem como identificar a participação dos setores produtivos dos países em tais emissões. Os resultados mostraram que, no Brasil e na Rússia, o aumento das emissões de dióxido de carbono ocorreu principalmente pela demanda final, enquanto na China e na Índia tal aumento pode ser atrelado aos efeitos gerados pela alta taxa de formação bruta de capital fixo. Também identificamos que todos os países do BRIC apresentaram resultados satisfatórios em políticas setoriais de redução de emissão de CO<sub>2</sub>, sendo o Brasil o pioneiro entre eles.

**Palavras-chave:** Emissão de CO<sub>2</sub>; Decomposição estrutural; Matriz insumo-produto.

**Classificação JEL:** R11; O13; Q56.

**ABSTRACT:** Given the expected growth for the next decades and the challenges presented by energy matrixes, the BRIC development model gains emphasis at environmental issues. In this sense, the objective of this article is to present the trajectory of CO<sub>2</sub> emissions for these countries between 1999 and 2009. Therefore, the methodology of structural decomposition analysis based on input-output data was used, since this allows the consideration of the intensity, technology, structure, and volume of the final demand effects on the variation of the CO<sub>2</sub> emission. The aim of this work was to investigate the influence of the elements of the economic structure on the evolution of the release of carbon dioxide into the atmosphere, as well as to identify the participation of the productive sectors of the countries in such emissions. The results showed that in Brazil and Russia, the increase in carbon dioxide emissions was mainly due to the final demand, while in China and India this increase can be related to the effects of the high rate of gross fixed capital formation. We also identified that all BRIC countries presented satisfactory results in sectoral policies to reduce CO<sub>2</sub> emissions, with Brazil being the pioneer among them.

**Keywords:** CO<sub>2</sub> emission; Structural decomposition; Input-output matrix.

**JEL Code:** R11; O13; Q56.

---

## 1. Introdução

A preocupação com o resultado da ação humana sobre a natureza é um tema recorrente em encontros e conferências internacionais desde meados do século XX, sendo possível destacar, como sugerido por Borges e Tachibana (2005), três períodos principais. O primeiro compreende a publicação do relatório “Limites do Crescimento”, elaborado pelo Clube de Roma, e a “Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano”, realizada em Estocolmo, ambas datadas de 1972. O segundo período é identificado pela publicação, em 1987, do relatório “Nosso Futuro Comum”, formulado pela Comissão Mundial para o Desenvolvimento e Meio Ambiente, fundada pela ONU. A terceira fase, por sua vez, é definida pela “Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento”, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, (RIO-92) e o Protocolo de Kyoto, firmado em 1997.

Por intermédio do Protocolo de Kyoto, os países desenvolvidos se comprometeram com a redução das emissões dos chamados Gases de Efeito Estufa (GEE) entre 2008 e 2012, tendo como meta emissões 5,2% inferiores ao nível de 1990 (HILGEMBERG; GUILHOTO, 2006). Para o segundo período do acordo, pós-2012, há necessidade de uma redução de 20 a 30%, com base no ano de 1990, até 2030, e de 60% a 80%, até 2050 (ZAPPAROLI; ZAPPAROLI, 2009). O Protocolo de Kyoto foi formulado seguindo o princípio das “responsabilidades comuns, porém diferenciadas”, de modo que, aos países desenvolvidos, foi atribuída a responsabilidade por grande parte do estoque de poluentes dispersos na atmosfera, haja vista que os surtos de crescimento econômico ocasionados pelas revoluções industriais estiveram atrelados à disseminação do uso de combustíveis fósseis. Dessa maneira, embora os países em desenvolvimento apresentem crescimento dos níveis de emissão, entende-se que esses países não são os principais causadores dos estoques de poluentes acumulados na atmosfera (FERNANDES; GARCIA; CARESIA, 2012).

Por outro lado, os países emergentes registram baixa eficiência energética quando comparados aos países desenvolvidos (CAMIOTO, REBELATTO; ROCHA, 2016); portanto, o crescimento da atividade econômica nesses países associa-se a um nível de emissões proporcionalmente superior ao registrado pelos países desenvolvidos. Entre os países emergentes, o grupo que se convencionou chamar BRICS, do qual fazem parte Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, recebe atenção especial em virtude do crescimento econômico, da extensão territorial e da diversidade de recursos naturais. Conexas à expansão do produto, as emissões de CO<sub>2</sub> registradas pelo grupo passou de 26% do total mundial em 1990 para 40% em 2012, segundo o relatório da Agência Internacional de Energia. Desse modo, Camioto, Rebelatto e Rocha (2016) destacam a preocupação com o modelo de

desenvolvimento desses países, haja vista a expectativa de crescimento para as próximas décadas e os desafios com respeito à matriz energética.

Apesar de as metas para a redução de GEE não terem sido estabelecidas aos países em desenvolvimento, eles adotaram limites de redução voluntária de CO<sub>2</sub>, expondo a preocupação com relação ao impacto provocado por suas atividades no meio ambiente e às possíveis perdas irreparáveis (FERNANDES; GARCIA; CARESIA, 2012).

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é apresentar a trajetória das emissões de CO<sub>2</sub> para os principais países em desenvolvimento pertencentes ao grupo denominado BRIC no período compreendido entre 1999 e 2009. Para tanto, a metodologia de análise de decomposição estrutural (*Structural Decomposition Analysis* - SDA) com base em dados de insumo-produto foi utilizada, uma vez que esta permite a consideração dos efeitos intensidade, tecnologia, estrutura e volume da demanda final sobre a variação da emissão de CO<sub>2</sub>. Com isso, buscou-se averiguar a influência de cada elemento da estrutura econômica sobre a evolução do lançamento de dióxido de carbono na atmosfera, bem como identificar a participação dos setores produtivos dos países em tais emissões.

Para o desenvolvimento da proposta, foram utilizados os dados fornecidos pelo *World Input-Output Database* (WIOD, 2015). Em função de a base de dados disponibilizar informações apenas para os 27 países membros da União Europeia e para os 13 maiores países não membros, a África do Sul não faz parte da coleta realizada pelo WIOD, de modo que esse país não foi alvo da presente análise.

Além desta parte introdutória, o trabalho apresentará, na sequência, uma revisão de literatura, seguida por uma caracterização dos países estudados. Na quarta seção, será exposta a metodologia de decomposição estrutural e, na quinta, serão discutidos os resultados. Por fim, na sexta seção, serão realizadas as considerações finais.

## 2. Revisão empírica

Diante da importância das questões ambientais para o crescimento econômico sustentável, a literatura recente tem abordado essa temática por meio da utilização de diversos métodos. Entre esses métodos, o de insumo-produto vem ganhando grande notoriedade nos últimos anos.

De acordo com Hilgemberg e Guilhoto (2006), considerando que parte das emissões de poluentes resulta da atividade econômica e as inter-relações entre as indústrias afetam significativamente sua natureza e magnitude, o instrumental insumo-produto pode ser estendido para possibilitar a análise de problemas relacionados à poluição. E, ligado a esse instrumental, está a técnica de análise de decomposição estrutural que permite a compreensão de mudanças econômicas, sociais e ambientais que ocorrem ao longo do tempo, bem como a percepção de quais forças estão conduzindo a economia e para onde (SESSO FILHO *et al.*, 2009).

A introdução da estrutura estendida do insumo-produto em Isard *et al.* (1968) e Leontief (1970) permitiu que a aplicação da análise de decomposição estrutural fosse estendida à energia e às emissões. Uma visão abrangente da literatura desenvolvida nessa área é apresentada por Rose (1999), Hoekstra e van den Bergh (2002), Su e Ang (2012) e Lenzen (2016).

Apesar dos diferentes métodos SDA, de região, de período de tempo, de classificações de setores e de forma de decomposição, muitos estudos identificaram mudanças no nível de demanda final como o acelerador principal das emissões de GEE, enquanto a substituição de combustíveis e as mudanças na intensidade de emissões são os principais desaceleradores (LENZEN, 2016). Esse é o caso, por exemplo, do estudo desenvolvido por Casler e Rose (1998) para os Estados Unidos entre 1972 e 1982.

Entre os países que compõem o BRIC, Mukhopadhyay (2002) analisa a emissão dos GEE para a Índia entre 1991 e 1996. Já para o Brasil, Hilgemberg e Guilhoto (2006) calculam a intensidade de emissão de CO<sub>2</sub> decorrente do uso energético em 1999; Wachsmann (2005) estima as emissões de CO<sub>2</sub> causadas por mudanças no nível do PIB *per capita*, no número de habitantes e nas dependências intersetoriais entre 1970 e 1996; Moraes, Costa e Lopes (2006) identificam os setores que mais

contribuíram para as emissões entre 1993 e 2003, assim como Silva e Perobelli (2012), porém para os anos entre 2000 e 2005.

Uma vez que a China é o país que mais emite dióxido de carbono no mundo, muitas análises SDA foram desenvolvidas, como Peters *et al.* (2007), Guan *et al.* (2009), Peng e Shi (2011), Zhang (2011), Minx *et al.* (2011) e Zhang e Lahr (2014), que apresentam análises históricas. Feng *et al.* (2012), através da matriz subnacional multirregional de insumo-produto, demonstram que a terceirização de emissões também ocorre dentro de um país, no caso da China, das regiões mais ricas para as mais pobres.

Dentro da metodologia de insumo-produto, mas pelas análises de efeito multiplicador e efeito gerador, as emissões de dióxido de carbono para os países do BRIC, no período entre 1995 e 2009, foram estudadas por Souza (2014). Os resultados mostraram que, no caso do Brasil, as atividades que envolvem os setores de transporte foram as que apresentaram a maior participação nas emissões. No caso dos outros três países analisados, China, Índia e Rússia, o setor de eletricidade, gás e água foi classificado como o setor mais poluente.

Diante do exposto, é possível observar que, com exceção da China, os demais países do BRIC apresentam uma insuficiência de estudos sobre a emissão de gases poluentes e, dado que eles possuem grande potencial de crescimento, seus modelos de desenvolvimento e matrizes energéticas entram em perspectiva. Sendo assim, este trabalho procurou inovar na literatura sobre a temática ao analisar conjuntamente as emissões de CO<sub>2</sub> dos países do BRIC através da metodologia de análise de decomposição estrutural, o que permitiu identificar qual o modo com que se deu a participação dos componentes na demanda final, bem como a dos setores produtivos em tais emissões.

### 3. O perfil das emissões de CO<sub>2</sub> do BRIC

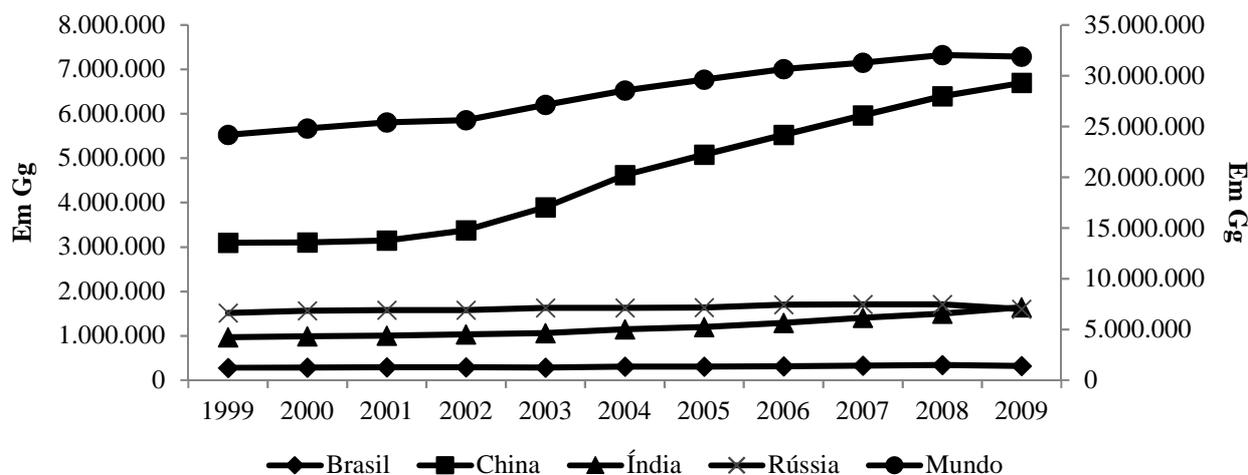
Estudos recentes indicam que o conjunto de países emergentes formado por Brasil, Rússia, Índia e China poderá se tornar, dentro de algumas décadas, a principal força na economia global, capaz de superar os países tidos como desenvolvidos, tanto em termos de crescimento do PIB, quanto em termos de movimentos comerciais e financeiros (VIEIRA; VERÍSSIMO, 2009). Devido a isso, esse conjunto de países recebeu o acrônimo de BRIC e, desde então, tem se tornado alvo de crescente interesse no cenário internacional. Em 2011, por ocasião da III Cúpula, a África do Sul passou a fazer parte do agrupamento, que adotou a sigla BRICS.

Os países do BRICS representam 25% da área terrestre do planeta e 43% da população mundial. Tais dimensões possibilitam grandes aparatos produtivos, tanto pela disponibilidade de mão de obra quanto pela dimensão da demanda. Em 1999, eles representavam, juntos, aproximadamente 8% do PIB mundial, mas já em 2009 eles passaram a representar, aproximadamente, 30% do PIB (WORLD BANK, 2012).

Junto ao crescente poder econômico do BRICS, vem também o aumento do impacto negativo desses países no meio ambiente, sendo que as principais preocupações se referem às emissões de gases causadores do efeito estufa, à degradação do solo e à perda contínua da biodiversidade.

O Gráfico 1 permite observar o comportamento das emissões de CO<sub>2</sub> do Brasil, da China, da Índia, da Rússia e do Mundo em milhões de gigagrama no período de 1999 a 2009. É possível inferir que todos os territórios apresentaram tendência de crescimento das emissões atmosféricas, sendo tal tendência mais acentuada para a China, Índia e Mundo como um todo. Cabe destacar que a China foi o país a registrar o crescimento mais acelerado.

**Gráfico 1 - Emissões de CO<sub>2</sub> (milhões Gg), Brasil, China, Índia, Rússia e Mundo, 1999-2009**



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do WIOD (2015) e World Bank (2012).

Os quatro países estudados, embora constantemente apresentados em conjunto, apresentam distinções significativas. Com o objetivo de caracterizar as emissões de CO<sub>2</sub> e as possíveis medidas de atenuação dos lançamentos, serão apresentados dados disponibilizados pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2014).

### 3.1. Brasil

Entre 1990 e 2012, as emissões brasileiras de CO<sub>2</sub> cresceram 128,8%, passando de 192,4 milhões de toneladas para 440,2, respectivamente. A expansão registrada se situa significativamente acima da média mundial, que acusou um crescimento de 51,3% das emissões de CO<sub>2</sub>. Entretanto, tomando as emissões de CO<sub>2</sub> em termos *per capita*, nota-se que o Brasil manteve uma relação consideravelmente inferior à média mundial, apesar do crescimento acentuado registrado no período. As emissões mundiais foram de 3,98 e 4,51 toneladas de CO<sub>2</sub> por habitante em 1990 e 2012, respectivamente, enquanto o Brasil registrou 1,29 toneladas em 1990 e 2,22 em 2012. Comparando os dados disponíveis para os países desenvolvidos, a discrepância se torna ainda mais expressiva, uma vez que os países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE – registraram uma média de 9,68 toneladas de CO<sub>2</sub> por habitante em 2012 (IEA, 2014).

Os dados fornecidos pela IEA (2014) indicam que, no mundo como um todo, o setor de energia respondeu por mais de 40% das emissões de CO<sub>2</sub> a partir da queima de combustíveis em 2012, sendo um percentual muito próximo ao identificado para os países desenvolvidos pertencentes a OCDE. No Brasil, por outro lado, o setor de transportes foi apontado como o principal responsável pelo CO<sub>2</sub> emitido a partir da queima de combustíveis. Tal característica se deve à matriz energética brasileira ser pautada pelo uso de fontes renováveis com baixa emissão de gases poluentes, como as hidroelétricas, contando com uma baixa participação de combustíveis fósseis (GÓMEZ; CHAMON; LIMA, 2012), enquanto o transporte de carga é realizado principalmente pelo modal rodoviário (GAZZONI, 2012).

O setor industrial brasileiro pode ser considerado eficiente em termos de emissões CO<sub>2</sub>, haja vista que a relação emissões por PIB manteve-se abaixo de 0,4 quilogramas de CO<sub>2</sub> por dólar de produto entre o início da década de 1970 e final da década de 2000. Analisando o período de 1999 a 2009, tem-se que os cinco setores com mais baixa eficiência respondiam por, aproximadamente, 6,5%, do produto setorial total em 1999, passando a responder por 7,4% do produto setorial em 2009 (IEA, 2014).

A opção pelo investimento em fontes de energia renováveis com baixa emissão de CO<sub>2</sub>, tal como as hidroelétricas e os biocombustíveis, advém tanto da adesão à causa ambiental quanto das vantagens em termos de custo, uma vez que o país conta com grande disponibilidade de recursos hídricos e produção elevada de vegetais empregados como matéria-prima para biocombustíveis (GÓMEZ; CHAMON; LIMA, 2012).

### 3.2. Rússia

Entre 1990 e 2012, a Rússia registrou uma queda de 23,9% no nível de CO<sub>2</sub> lançado na atmosfera. Todavia, em 2012, o país foi responsável pela quarta maior emissão. A redução da demanda por energia na década de 1990 pode ser indicada como uma possível causa para a queda do CO<sub>2</sub> lançado, visto que a matriz energética russa é baseada na utilização de combustíveis fósseis (GÓMEZ; CHAMON; LIMA, 2012). Ao longo da década de 1990, as emissões de CO<sub>2</sub> *per capita* sofreram decréscimo significativo, passando de 14,69 toneladas *per capita* em 1990 para 10,23 toneladas em 2000. No entanto, entre 2000 e 2012, as emissões voltaram a crescer, fechando o período em 11,56 toneladas por habitante.

O setor de energia respondeu por 56,18% das emissões setoriais, o que pode ser justificado pela dependência de fontes de combustíveis fósseis. Ao longo de toda a década de 2000, a participação dos combustíveis fósseis na matriz energética russa se manteve acima de 90%, segundo dados do Banco Mundial (WORLD BANK, 2012). Tanto a evolução dos preços internacionais de tais *commodities* quanto o crescimento da demanda interna por energia na última década, somados à grande disponibilidade de recursos, propiciaram o aprofundamento do modelo energético (GÓMEZ; CHAMON; LIMA, 2012).

Embora o nível de CO<sub>2</sub> emitido por dólar de produto gerado seja elevado, mantendo-se acima da proporção de um quilograma por dólar durante as décadas de 1990 e 2000, registrou-se uma queda de 34,6% entre os anos de 1990 e 2012, evidenciando um ganho de eficiência. Os cinco setores com maior relação quilogramas de CO<sub>2</sub> por dólar de produto respondiam por 19,15% do produto setorial em 1999, passando a representar 12,56% do produto em 2009, sendo interessante salientar que o setor de energia apresentou o maior ganho de eficiência (IEA, 2014).

O governo russo tem trabalhado na elaboração de estratégias e metas para a obtenção de maior eficiência energética em consonância com políticas voltadas às questões climáticas (SHARMINA; ANDERSON, BOWS-LARKIN, 2013). Todavia, as políticas ambientais voltadas à alteração da matriz energética russa sofrem dificuldades de execução em virtude das vantagens que o país exibe na área de extração e comercialização de combustíveis fósseis, de modo que o investimento no desenvolvimento de fontes renováveis e menos poluentes se mostra inexpressivo (GÓMEZ; CHAMON; LIMA, 2012).

### 3.3. Índia

As emissões indianas representaram, em 2012, 52,93% do CO<sub>2</sub> lançado por países asiáticos, desconsiderando as emissões chinesas. Enquanto o nível total de CO<sub>2</sub> lançado pelos países asiáticos, novamente excluindo os dados referentes à China, apresentou um crescimento de 189,3% entre 1990 e 2012, as emissões indianas cresceram 236,6% no mesmo período. Tal comportamento está relacionado à intensificação da atividade econômica registrada pelo país, acompanhada do incremento da demanda por energia, visto que a matriz energética indiana sofreu um aprofundamento da utilização de fontes de combustíveis fósseis no decorrer da década de 2000 (GÓMEZ; CHAMON; LIMA, 2012). Cabe salientar que a expansão acelerada da economia indiana não foi acompanhada pelo crescimento das fontes de energia, de modo que o país passou a ser um grande importador de dessa (COLEMAN, 2012), chegando a importar 35% da energia de que necessita em 2009 (IEA, 2012).

No entanto, quando se analisam os lançamentos da Índia por habitante, nota-se que a média registrada para o país é relativamente baixa quando comparada aos valores para o restante do

continente, uma vez que a Índia abriga aproximadamente 17,6% da população mundial. Em termos de eficiência, tem-se que a Índia apresenta a quinta pior relação de emissão por produto, perdendo apenas para Mongólia, China, Coreia do Norte e Vietnã, registrando uma média de 1,41 quilogramas de CO<sub>2</sub> por dólar de produto gerado (IEA, 2014).

A baixa eficiência identificada para a Índia se deve, fundamentalmente, à utilização intensa de combustíveis fósseis na geração de energia elétrica, sendo que o setor de energia nesse país foi responsável por 53,44% do CO<sub>2</sub> lançado na atmosfera em 2012 (IEA, 2014). Em virtude da dependência externa, que afeta a segurança energética do país, e das externalidades negativas associadas à poluição, o governo indiano tem adotado uma série de políticas de renovação da matriz energética e de ganho de eficiência. Entre as políticas implementadas consta o plano de expansão da capacidade nuclear, colocado como proposta central na busca por uma matriz energética com baixa intensidade de carbono (EKSTROM, 2012).

### 3.4. China

Em 1990, a China respondia por 10,86% das emissões mundiais de CO<sub>2</sub>. Em 2012, o CO<sub>2</sub> lançado pela China representava 26% das emissões mundiais, sendo o país com maior nível de dióxido de carbono emitido. Além das emissões totais, a China registrou crescimento considerável do CO<sub>2</sub> lançado por habitante, atingindo um incremento de 204,4% entre 1990 e 2012, maior taxa entre os quatro países emergentes estudados. Contudo, em 2012, a China registrou uma emissão de 6,08 toneladas de CO<sub>2</sub> por habitante, valor este inferior ao identificado para a Rússia.

A relação entre emissões de CO<sub>2</sub> e o PIB chinês mostra que, entre os anos de 1990 e 2012, ocorreu um ganho de eficiência considerável, pois a relação passou de 3,64 quilogramas de CO<sub>2</sub> por dólar de produto para 1,73. O rápido crescimento da economia chinesa foi acompanhado da elevação significativa da dependência externa em termos de fontes de energéticas, uma vez que a oferta interna não pôde acompanhar a expansão da demanda, fato esse também identificado para a Índia (GÓMEZ; CHAMON; LIMA, 2012). Nesse contexto, o Partido Comunista implantou uma série de medidas voltadas à reestruturação da matriz energética e, com o imperativo da sustentabilidade, de investimento em fontes de energia limpas e renováveis. Com isso, o país se tornou o maior produtor de energia hidrelétrica, o 3º maior produtor de biocombustíveis e o 5º maior produtor de energia eólica (EKSTROM, 2012). Além das fontes citadas, o país tem investido em usinas nucleares visando elevar em sete vezes a produção de energia por essa via até 2020 (VEIGA, 2011).

Apesar da preocupação com a segurança energética e dos investimentos em fontes limpas, a China tem sua produção de energia elétrica pautada no uso de combustíveis fósseis, sendo o setor de energia responsável por 50,1% das emissões de CO<sub>2</sub> realizadas pelo país. Todavia, em 1999, para cada tonelada de CO<sub>2</sub> lançada, o setor de energia produzia US\$50,43, enquanto a referida relação havia saltado para US\$144,86/ton. em 2009 (IEA, 2014). Tais valores indicam um ganho considerável de eficiência.

## 4. Metodologia

O modelo básico insumo-produto desenvolvido por Wassily Leontief no final da década de 1930 procura captar as interdependências ou interações dos setores produtivos, tomando como base as relações de compra e venda de insumos para um determinado tempo e localidade (MILLER; BLAIR, 2009). Tal modelo<sup>1</sup> baseia-se na hipótese de equilíbrio geral da economia a um dado nível de preço, de modo que as quantidades demandadas e ofertadas deverão ser idênticas. Além dessa hipótese, a construção do modelo supõe: *i*) retornos constantes à escala, *ii*) preços constantes, *iii*) mudanças tecnológicas lentas, permitindo que os coeficientes técnicos sejam considerados constantes para períodos curtos, *iv*) demanda final exógena e *v*) oferta infinitamente elástica, de modo que toda

<sup>1</sup> Para o modelo básico de insumo-produto, consultar Miller e Blair (2009, cap. 2) e Guilhoto (2000).

demanda adicional possa ser coberta expandindo-se a produção aos custos apresentados na matriz (GUILHOTO, 2000).

Entre as inúmeras ferramentas de estudo das relações setoriais permitidas pelo modelo de insumo-produto, no presente trabalho, optou-se pelo método da análise de decomposição estrutural, a fim de identificar os fatores responsáveis pela evolução, no período recente, das emissões de CO<sub>2</sub> para os países selecionados. Na sequência, o método da análise de decomposição estrutural será apresentado.

A análise de decomposição – *Decomposition Analysis* (DA) – é uma ferramenta de estática comparativa empregada na compreensão dos determinantes que influenciam o desenvolvimento de uma variável. Nesse sentido, a associação da DA ao modelo insumo-produto permite a análise de decomposição estrutural – *Structural Decomposition Analysis* (SDA) – (CABRAL; PEROBELLI, 2012). Em vista disso, a SDA é um método de estática comparativa que visa mensurar mudanças estruturais na economia utilizando o modelo de insumo-produto.

Cabral e Perobelli (2012) salientam que a SDA permite a decomposição das relações insumo-produto entre dois pontos no tempo, como a soma dos efeitos associados a cada fator individual de mudança<sup>2</sup>. A formulação matemática do método de SDA selecionado para este trabalho é baseada em Sesso Filho *et al.* (2009), no qual o método de SDA é aplicado ao mercado de trabalho brasileiro para o período de 1991 a 2003.

Escolhendo como variável de interesse a emissão de CO<sub>2</sub> total, a alteração nos lançamentos registrados entre dois anos pode ser definida como resultado de mudanças na intensidade das emissões setoriais (efeito intensidade), nos coeficientes técnicos (efeito tecnologia), nos componentes da demanda final (efeitos estrutura da demanda final) e no volume da demanda final (efeito volume da demanda final). A fórmula genérica para a decomposição dos fatores é dada por:

$$\Delta c = \Delta \mathbf{n} + \Delta \mathbf{B} + \Delta \mathbf{y}^s + \Delta \mathbf{y}^v \quad (1)$$

Em (1), a variação das emissões totais é definida por  $\Delta c$ , enquanto os efeitos intensidade, tecnologia, estrutura e volume da demanda final são captados, respectivamente, por  $\Delta \mathbf{n}$ ,  $\Delta \mathbf{B}$ ,  $\Delta \mathbf{y}^s$  e  $\Delta \mathbf{y}^v$ . Supondo que  $c$  seja a soma dos lançamentos de CO<sub>2</sub> realizados por todas as atividades econômicas,  $\mathbf{n}$  um vetor ( $1 \times n$ ) que apresenta os coeficientes de emissões por setor e  $\mathbf{x}$  um vetor ( $n \times 1$ ) contendo o produto setorial, tem-se que:

$$c = \mathbf{n}\mathbf{x} \quad (2)$$

Visto que o produto setorial pode ser definido como uma proporção da demanda final, reescreve-se a Equação (2) como:

$$c = \mathbf{n}\mathbf{B}\mathbf{y} \quad (3)$$

A demanda final, por sua vez, pode ser decomposta em cinco elementos: exportações, variação de estoques, formação bruta de capital fixo, consumo da administração pública e consumo das famílias. Considerando os componentes da demanda final, define-se a matriz  $\mathbf{E}$ , cujo elemento  $e_{ij}$  apresenta a demanda direcionada ao setor  $i$  pelo componente  $j$  da demanda final. O total na linha dessa matriz é o vetor linha  $\mathbf{y}^v$ , que indica o volume da demanda final. A estrutura da demanda final,  $\mathbf{Y}^s$ , é uma matriz ( $n \times 5$ ) de coeficientes obtida pela divisão de cada elemento  $e_{ij}$  da matriz  $\mathbf{E}$  por  $y_j^v$  do vetor  $\mathbf{y}^v$ . Dessa maneira, a demanda final pode ser relatada como:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Y}^s \mathbf{y}^v \quad (4)$$

Substituindo (4) em (3):

$$c = \mathbf{n}\mathbf{B}\mathbf{Y}^s \mathbf{y}^v \quad (5)$$

<sup>2</sup> Para maiores detalhes sobre a metodologia da análise de decomposição estrutura, consultar Miller e Blair (2009, cap. 13), Wachsmann (2005) e Sesso Filho *et al.* (2009).

A decomposição estrutural da variação das emissões de CO<sub>2</sub> pode ser terminada como:

$$\begin{aligned}
 \Delta c &= c_t - c_{t-1} \\
 \Delta c &= \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v - \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v \\
 \Delta c &= \Delta \mathbf{n} \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v - \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v \\
 \Delta c &= \Delta \mathbf{n} \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \Delta \mathbf{B} \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v - \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v \\
 \Delta c &= \Delta \mathbf{n} \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \Delta \mathbf{B} \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \Delta \mathbf{Y}^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_t^v - \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v \\
 \Delta c &= \Delta \mathbf{n} \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \Delta \mathbf{B} \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \Delta \mathbf{Y}^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \Delta \mathbf{y}^v
 \end{aligned} \tag{6}$$

De acordo com Dietzenbacher e Hoekstra (2002), a formulação apresentada em (6) representa apenas uma das situações possíveis. Com  $m$  fatores considerados, poderão ocorrer  $m!$  formas de decomposição estrutural, seguindo uma estrutura similar à descrita em (6). Em Sesso Filho *et al.* (2009), adotou-se como medida para cada fator de influência sobre a mudança na variável de escolha a média entre as duas formas polares existentes. A Equação (6) apresenta uma das formas polares, a segunda é dada por:

$$\Delta c = \Delta \mathbf{n} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v + \mathbf{n}_t \Delta \mathbf{B} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v + \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \Delta \mathbf{Y}^s \mathbf{y}_{t-1}^v + \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \Delta \mathbf{y}^v \tag{7}$$

Desse modo, a influência de cada fator é descrita como:

$$\begin{aligned}
 \text{Efeito intensidade} &= \frac{\Delta \mathbf{n} \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \Delta \mathbf{n} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v}{2} \\
 \text{Efeito tecnologia} &= \frac{\mathbf{n}_{t-1} \Delta \mathbf{B} \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_t \Delta \mathbf{B} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v}{2} \\
 \text{Efeito estrutura da demanda final} &= \frac{\mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \Delta \mathbf{Y}^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \Delta \mathbf{Y}^s \mathbf{y}_{t-1}^v}{2} \\
 \text{Efeito volume da demanda final} &= \frac{\mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \Delta \mathbf{y}^v + \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \Delta \mathbf{y}^v}{2}
 \end{aligned}$$

A mudança na variável de interesse, no presente caso a emissão de CO<sub>2</sub>, será igual à soma de cada um dos efeitos. Ademais, obtêm-se os resultados desagregados por setor diagonalizando  $\mathbf{n}$  e inserindo-o na Equação (2).

## 5. Fonte de dados

Os dados de insumo-produto e de emissões setoriais de CO<sub>2</sub> para os países estudados foram coletados junto à *World Input-Output Database* (WIOD, 2015), cuja base de dados apresenta informações sobre quarenta países. A África do Sul, país que passou a compor o grupo do BRICS em 2011, não possui informações disponibilizadas pela WIOD e, por isso, não foi considerada na presente análise.

A análise de decomposição estrutural realiza a comparação entre valores monetários de dois períodos, sendo necessário que os valores sejam tomados a preços constantes para evitar distorções ocasionadas pela inflação. O procedimento de deflacionamento requer que a cada setor seja atribuído um índice de preços específico. A WIOD fornece matrizes deflacionadas aos preços do ano anterior, de sorte que os cálculos da SDA foram realizados tomando os anos entre 1999 e 2009 dois a dois: o primeiro ano a preços correntes e seu subsequente a preços do ano anterior. Por exemplo, os dados para o ano de 2008 a preços correntes devem ser confrontados com os valores para 2009 a preços de 2008, sendo que tal procedimento identifica os efeitos intensidade, tecnologia, estrutura e volume da demanda final para esses dois anos. Após a aplicação do método aos demais anos, a detecção da

influência de cada fator sobre a alteração nas emissões de CO<sub>2</sub>, para o período de 1999 e 2009 como um todo, é alcançada pela soma dos valores definidos ano a ano.

Os resultados da aplicação da SDA para os quatro países selecionados serão expostos na seção seguinte. O método utilizado permitirá a observação da influência dos fatores de impacto na emissão de CO<sub>2</sub> ano a ano, assim como será possível a avaliação do período como um todo.

## 6. Discussão de resultados

A Tabela 1 resume os resultados da decomposição estrutural da variação da emissão de dióxido de carbono para China, Brasil, Rússia e Índia no período de 1999 a 2009. O país que apresentou maior emissão foi a China, seguido por Índia, Rússia e Brasil.

**Tabela 1 - Decomposição Estrutural da variação de emissão de dióxido de carbono no Brasil, Rússia, Índia e China entre 1999-2009\***

País	Efeito intensidade	Efeito tecnologia	Efeito estrutura da demanda final	Efeito variação da demanda final	Variação total
Brasil	-18.069	-12.138	5.836	58.709	34.339
China	27.658	1.887.242	652.029	988.852	3.555.781
Índia	-120.986	-14.318	548.286	254.553	667.534
Rússia	-274.581	-175.803	213.183	361.386	124.185

Nota: \* Em gigagramas de CO<sub>2</sub>.

Fonte: Elaboração própria.

O efeito intensidade apresenta a emissão de CO<sub>2</sub> por produto na economia. Um efeito intensidade positivo indica que houve uma piora nas técnicas produtivas, de modo que essas apresentaram um aumento dos seus impactos na emissão de dióxido de carbono. Já um resultado negativo para tal efeito é interpretado como uma melhora nas técnicas produtivas, possibilitando a redução das emissões de dióxido de carbono por produto. Pela Tabela 1, pode-se verificar que, embora o efeito intensidade tenha sido positivo na China, ele foi o que menos contribuiu para a emissão de CO<sub>2</sub> em todos os países.

O efeito tecnologia apresenta o impacto das mudanças na matriz de coeficientes técnicos na emissão de CO<sub>2</sub>, ou seja, o efeito tecnologia mostra como mudanças na interdependência entre os setores da economia afetam as emissões de CO<sub>2</sub>. Sendo assim, um efeito tecnologia positivo sinaliza a ocorrência de um rearranjo das relações setoriais, elevando a dependência por setores com elevados níveis de emissão de dióxido de carbono, enquanto que um efeito negativo indica redução de tal dependência.

Cabe salientar que os efeitos tecnologia e intensidade são correlacionados, sendo que um exemplo dessa correlação ocorre quando um país modifica sua produção buscando redução no consumo de energia elétrica. Os coeficientes técnicos que relatam as demandas intermediárias por energia elétrica são reduzidos, apresentando uma queda na dependência de um setor cujas emissões são elevadas, traduzindo-se em variação negativa do efeito tecnologia. Consequentemente, as emissões totais por produto serão reduzidas, levando a uma variação negativa no efeito intensidade. Ainda pela Tabela 1, observa-se que o efeito tecnologia apresentou resultado negativo para Brasil, Índia e Rússia, enquanto que, para China, o resultado foi positivo, além de ter sido o fator que mais colaborou para o aumento das emissões desse país.

O impacto de mudanças nas participações dos componentes da demanda final na emissão de CO<sub>2</sub> é exposto pelo efeito estrutura da demanda final, que, sendo positivo, indica a ocorrência de uma alteração na participação dos componentes da demanda final favorecendo setores altamente emissores

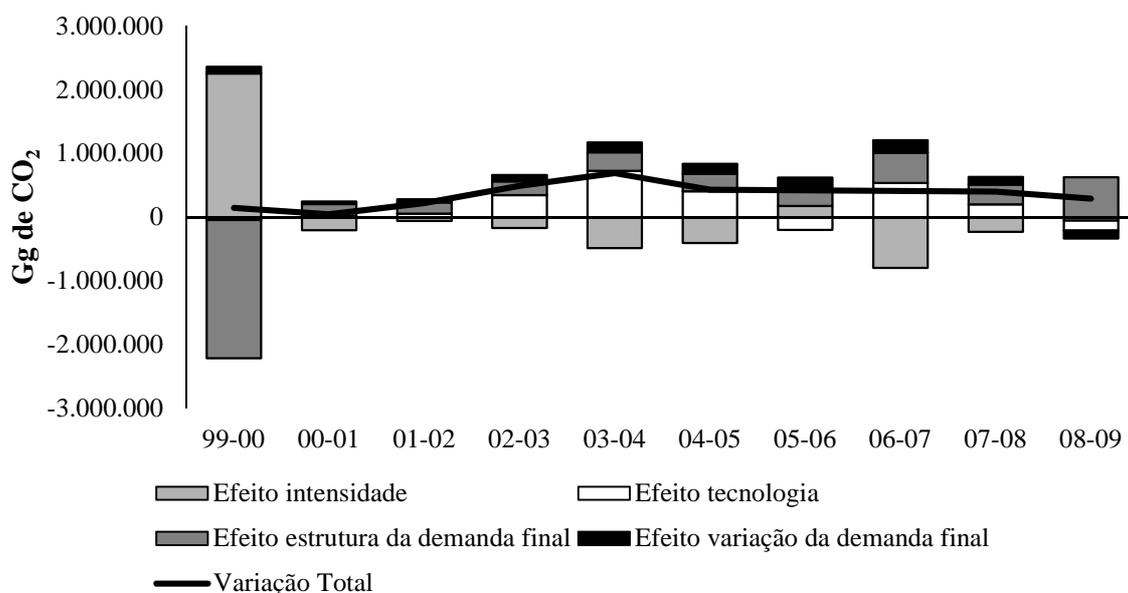
de dióxido de carbono. O efeito estrutura da demanda final foi positivo para todos os países e o que mais cooperou para explicar as emissões da Índia.

O efeito volume da demanda final, por sua vez, revela o impacto que o aumento da demanda tem na produção e, conseqüentemente, nas emissões de CO<sub>2</sub>, mantidos constantes os demais fatores. O crescimento econômico e a expansão da demanda final são eventos atrelados, portanto, valores positivos para o efeito volume da demanda final são esperados para os quatro países, uma vez que eles apresentaram níveis favoráveis de crescimento econômico durante o período. Os resultados da Tabela 1, de fato, confirmam tal expectativa, além de esse efeito ser o fator que mais participou nas emissões do Brasil e da Rússia.

O efeito variação da demanda final pode ainda estar relacionado ao efeito estrutura da demanda final, pois uma expansão da participação dos componentes da demanda<sup>3</sup>, em que a procura é direcionada a setores com elevadas emissões de CO<sub>2</sub>, afeta simultaneamente os dois índices. Diante de uma crise econômica, por exemplo, a demanda final é reduzida, desse modo, a variação do efeito volume da demanda final será negativa. Entretanto, em situação de crise, a participação dos componentes da demanda é modificada haja vista que o investimento tende a se retrair de modo mais significativo. Nesse sentido, o efeito estrutura da demanda final apresentará variação negativa, considerando que a formação bruta de capital fixo demanda bens cuja produção ocasiona emissões elevadas.

O Gráfico 2 apresenta a decomposição estrutural das emissões de CO<sub>2</sub> da China. Embora as variações das emissões totais tenham sido positivas em todo período, elas só apresentaram um ritmo de crescimento entre 2001 e 2004. Destaca-se também do Gráfico 2 a variação positiva de grande magnitude que o efeito intensidade apresentou entre 1999 e 2000, mas que foi amplamente anulada pela variação negativa do efeito estrutura da demanda final. Esse comportamento fez com que, ao analisar o período todo, o efeito intensidade tivesse um saldo positivo, muito embora, como vimos, tenha sido o efeito que menos contribuiu para as emissões totais da China.

**Gráfico 2 - Decomposição Estrutural da variação de emissão de dióxido de carbono da China, 1999-2009**

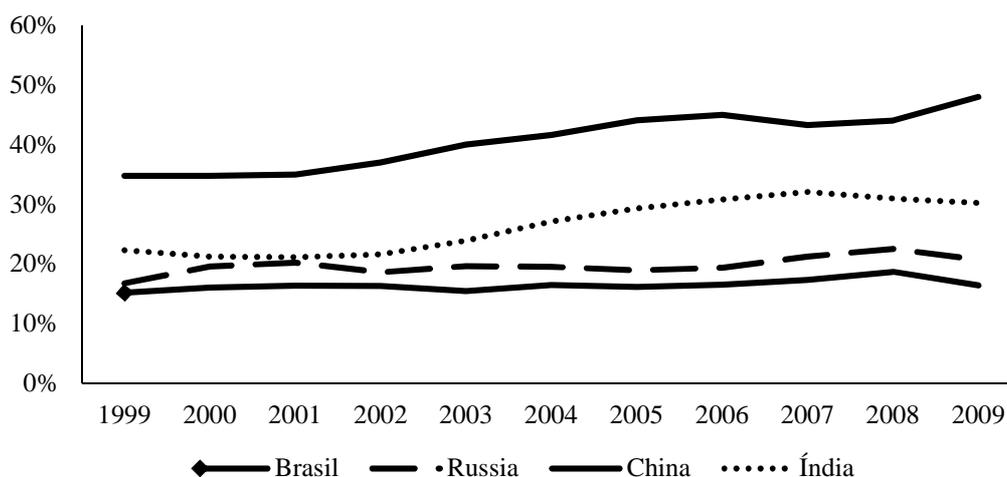


Fonte: Elaboração própria.

<sup>3</sup> A matriz insumo-produto da WIOD decompõe a demanda final em consumo final das famílias, consumo final das organizações sem fins lucrativos a serviço das famílias, consumo final do governo, formação bruta de capital fixo, variações nos estoques e valores e exportações.

Como visto, o modelo de desenvolvimento do BRIC ganhou perspectiva diante da expectativa de crescimento para as próximas décadas e os desafios com respeito à matriz energética. Dessa forma, é pertinente a observação das taxas de participação da formação bruta de capital fixo desses países através do Gráfico 3, visto que elas podem ser interpretadas como o investimento realizado. A taxa de formação bruta de capital fixo da China é a que mais se destaca entre os países, tanto pela sua magnitude quanto pela sua taxa de crescimento. Já a taxa da Índia se mostrou mais elevada que da Rússia e do Brasil, respectivamente.

**Gráfico 3 – Evolução da participação da formação bruta de capital fixo sobre a demanda final**



Fonte: Elaboração própria.

Vimos também que, entre os países que formam o BRIC, a China foi o país que apresentou maior influência do efeito tecnologia, o que pode ser interpretado como consequência da alta taxa de formação bruta de capital fixo da China observada no Gráfico 3. Isso porque este maior grau de investimento exigiu uma redefinição dos sistemas produtivos, de forma a torná-los mais dependentes de setores intensivos em emissão, sendo eles Eletricidade, gás e água, Metalurgia e Indústria química (não por menos, os dois primeiros são os que apresentaram maior emissão entre todos os efeitos)<sup>4</sup>.

No efeito estrutura da demanda final, os setores que mais colaboraram positivamente para as emissões foram Outros minerais não metálicos<sup>5</sup>, Metalurgia e Indústria química. Dada a relação do efeito estrutura da demanda final com o efeito volume da demanda final, é lógico entender que esses mesmos setores apresentaram altas participações no efeito volume da demanda final, além do setor Eletricidade, gás e água. Este último tem a sua elevada participação no efeito volume da demanda final, porque uma maior demanda exige a intensificação da geração de energia tanto para consumo final quanto para as indústrias; desse modo, as emissões sofrem incremento em virtude de a participação de combustíveis fósseis na matriz energética chinesa ser elevada.

Posto que o setor Eletricidade, gás e água foi o que apresentou maior participação nas emissões do efeito intensidade e que este exibiu um efeito discrepante na variação 1999-2000, a partir do exposto sobre a China, podemos de fato constatar que, a partir de 2000, houve uma melhora na técnica produtiva do setor Eletricidade, gás e água, que gerou redução nas emissões de dióxido de carbono. Outro setor que cooperou positivamente para o efeito intensidade foi Outros minerais não metálicos.

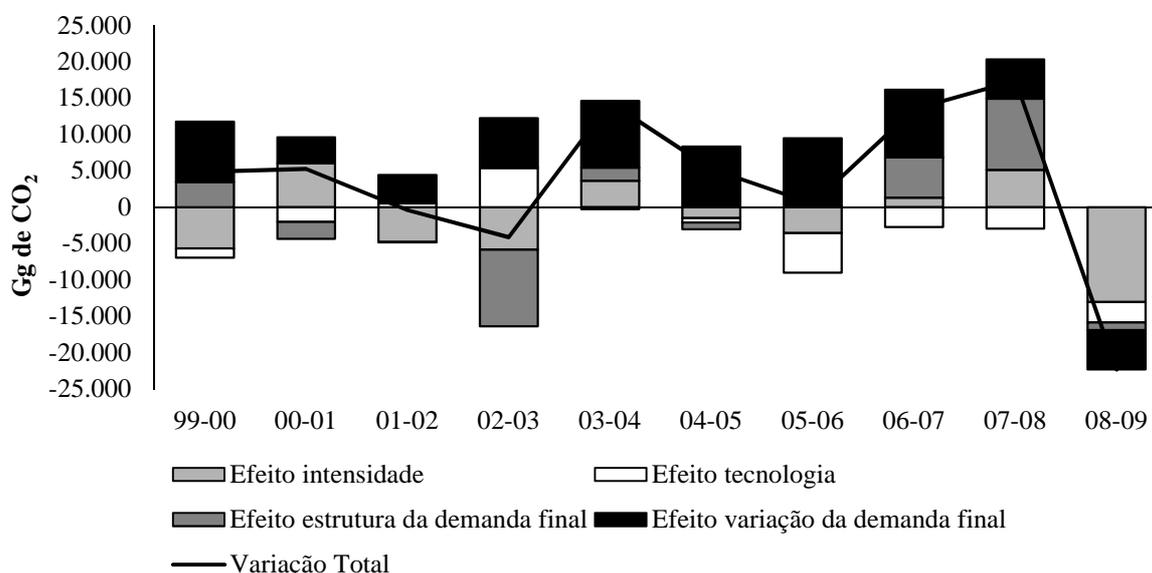
<sup>4</sup> O resultado completo da decomposição estrutural com os valores setoriais é explicitado no Apêndice deste trabalho.

<sup>5</sup> Por Outros minerais não metálicos entende-se pedra para ornamento ou construção, calcário, gesso, ardósia, cascalho, areia, argilas, minerais químicos, fertilizantes, sal, entre outros (WIOD, 2015).

Um setor de destaque na decomposição estrutural da China foi o setor Manufatura e reciclagem, que gerou uma redução de 1.222.579 gigagramas na emissão de dióxido de carbono no período. Essa redução teve grande participação do efeito intensidade, evidenciando que mudanças nas técnicas produtivas da atividade ocasionaram impactos significativos na poluição chinesa.

O Gráfico 4 apresenta a decomposição estrutural da variação dos lançamentos de dióxido de carbono no Brasil. Os períodos de 2001-2003, 2004-2006 e 2008-2009 foram os períodos que apresentaram decréscimos nas emissões e, também, foram os períodos em que o país apresentou os menores níveis de crescimento econômico, com média anual de 1,95%, 4,3% e 2,48% de crescimento do PIB, respectivamente (WORLD BANK, 2015). Esse comportamento complementa o fato de o efeito volume da demanda ser o mais expressivo sobre as emissões de dióxido de carbono do Brasil, evidenciando o impacto expressivo que a demanda tem nos níveis de emissões.

**Gráfico 4 - Decomposição Estrutural da variação de emissão de dióxido de carbono do Brasil, 1999-2009**



Fonte: Elaboração própria.

No efeito estrutura da demanda final, os setores que tiveram maior participação foram Transporte Terrestre e Agropecuária. Segundo Marconi, Magacho e Rocha (2014), sendo as exportações brasileiras baseadas essencialmente no setor primário, mais especificamente em minerais e produtos agropecuários, e estes dois altamente dependentes do transporte terrestre para escoamento das produções, evidencia-se a importância que as exportações, dentro dos componentes da demanda, têm sobre as emissões de CO<sub>2</sub>.

Como previsto, os setores de maior participação no efeito estrutura da demanda final também são os setores de maior participação no efeito volume da demanda final, sendo que a essa última categoria ainda se acrescenta o setor Metalurgia. Uma vez que o aumento de produção exigido por um incremento da demanda final gera uma maior dependência do setor de metalurgia, a contribuição ao efeito volume da demanda final é totalmente justificável dada a elevada emissão por produto que o setor apresenta, o que faz dele o setor com maior participação no efeito intensidade.

O efeito tecnologia, por outro lado, apontou a redução das emissões totais do Brasil, sendo que os setores que mais colaboraram para esse saldo negativo foram Metalurgia e Indústria Química. Esse resultado revela dois pontos interessantes: i) apesar de colaborar expressivamente com o efeito intensidade e com o efeito volume da demanda final, o resultado indica a ocorrência de uma alteração

na técnica produtivo do setor de Metalurgia, favorecendo a redução da dependência de segmentos consideravelmente poluidores, embora o efeito total sobre as emissões ainda tenha sido positivo; ii) ainda que o setor de Indústria Química tenha apresentado participação positiva no efeito estrutura da demanda final, houve uma melhora no seu processo produtivo de modo a ter participação negativa no efeito intensidade e no efeito tecnologia, sendo o efeito total negativo.

O efeito intensidade teve um impacto negativo nas emissões totais do Brasil, sendo que os setores que mais cooperaram para tal resultado foram Eletricidade, gás e água e Agropecuária. Essa constatação é de grande importância, pois, dada a grande importância do setor de Eletricidade, gás e água, a melhora das técnicas de produção atribuíram ao setor a maior redução nas emissões totais do período (2.718 gigagramas de CO<sub>2</sub>). Além do mais, como já visto, o setor de agropecuária teve participação positiva em todos os outros efeitos da decomposição estrutural. Todavia, a adoção de técnicas produtivas que garantissem a redução das emissões permitiu que a poluição gerada pela atividade fosse moderada. Os setores que tiveram maior impacto positivo no efeito intensidade foram Extrativismo mineral, Outros minerais não metálicos e Refino de petróleo e combustível nuclear.

O Gráfico 5 apresenta a decomposição estrutural das emissões de CO<sub>2</sub> da Rússia, as emissões apresentaram crescimento nos períodos de 2001-2003 e 2004-2006. Vimos que, assim como ocorreu com o Brasil, o efeito volume da demanda final foi o que mais contribuiu para as emissões totais; contudo, sua trajetória não possui relação direta com o comportamento das taxas de crescimento apresentadas pela Rússia. A justificativa para tal resultado está no fato de esse país ser um dos maiores produtores de energia mundial e sua fonte energética ser basicamente composta por combustíveis fósseis. Sendo assim, é esperado que o comportamento das emissões totais da Rússia esteja relacionado ao desempenho do setor de Eletricidade, gás e água, que, alias, é o setor de maior emissão de dióxido de carbono.

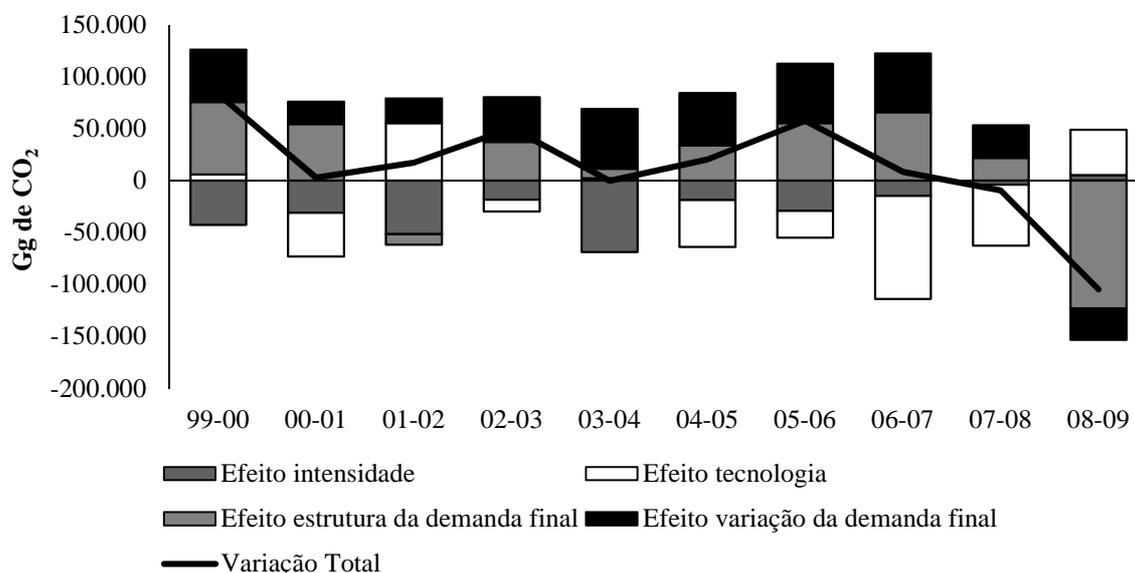
Os setores que mais colaboraram para o efeito estrutura da demanda final foram Eletricidade, gás e água, Outros minerais não metálicos e Manufatura e reciclagem. Já o efeito volume da demanda final teve maior participação dos setores Eletricidade, gás e água, Metalúrgica e Extrativismo mineral.

O efeito tecnologia teve um impacto negativo nas emissões totais de dióxido de carbono na Rússia, sendo que os setores que mais cooperaram para isso foram Eletricidade, gás e água, Manufatura e reciclagem e Metalúrgica. Esse resultado do setor de Eletricidade, gás e água é interessante, pois, embora esse setor tenha apresentado emissões positivas nos outros três efeitos – estrutura da demanda, volume da demanda e intensidade, fazendo dele o setor de maior contribuição nas emissões totais –, causadas, sobretudo, por sua produção baseada em energia fóssil, houve um rearranjo na interdependência dos setores de forma a diminuir o impacto desse setor nas emissões da Rússia, o que corrobora os dados apresentados anteriormente no painel sobre o país.

A mesma observação sobre a melhora de técnicas produtivas setoriais diminuidoras de emissões pode ser verificada em outros dois setores: i) Manufatura e reciclagem, que apresentou participação positiva no efeito estrutura da demanda final e negativa nos efeitos intensidade e tecnologia, de tal maneira que ele foi o que mais ajudou nas reduções das emissões totais de dióxido de carbono (737.053 gigagramas); ii) Metalurgia, que teve participação positiva no efeito volume da demanda final, positivo no efeito intensidade e negativo no efeito tecnologia.

O efeito intensidade foi o que mais colaborou para a redução das emissões de dióxido de carbono na Rússia no período. Como visto, o setor que mais contribuiu para esse resultado foi o de Manufatura e reciclagem. Os setores que apresentaram maior intensidade de poluição foram Eletricidade, gás e água, Metalurgia e Transporte terrestre.

**Gráfico 5 - Decomposição Estrutural da variação de emissão de dióxido de carbono da Rússia, 1999-2009**



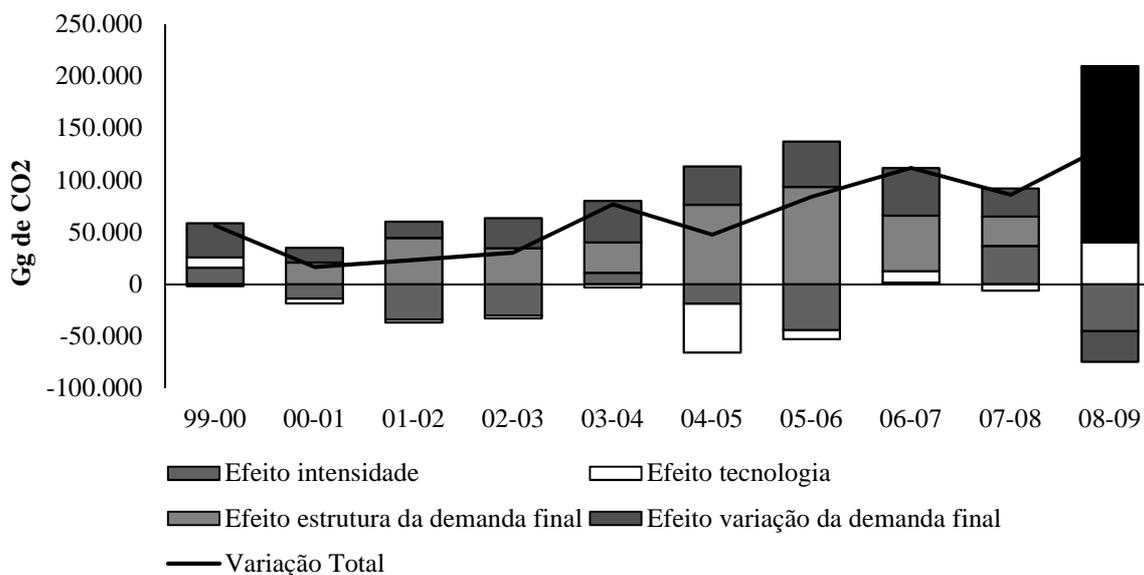
Fonte: Elaboração própria.

O Gráfico 6 mostra as emissões de dióxido de carbono na Índia. Conforme visto, o efeito estrutura da demanda final foi o que teve maior participação nas emissões totais do período na Índia. Os setores que auxiliaram significativamente para tal resultado foram Eletricidade, gás e água, Metalurgia e Outros minerais não metálicos. Assim como verificado na China, o alto grau de participação da formação bruta de capital na demanda final (Gráfico 3) fez com que a demanda dos setores mais requeridos em períodos de altas taxas de investimento tivessem um incremento. Outro fato que cooperou para esse resultado é que, como apresentado no painel, a Índia é um grande importador de energia, em sua maioria baseada em combustíveis fósseis. Com era previsto, os setores que são significativos no efeito estrutura da demanda final também são significativos no efeito volume da demanda final.

O efeito tecnologia teve uma participação negativa nas emissões totais da Índia. Os setores que mais ajudaram para esse resultado negativo foram Outros minerais não metálicos, Extrativismo mineral e Agropecuária. Desse resultado, pode-se concluir que: i) embora o setor de Outros minerais não metálicos tenha apresentado efeito tecnologia negativo, a sua participação foi positiva nos efeitos estrutura da demanda final e volume da demanda final, resultando em um efeito total positivo nas emissões; ii) mudanças nas relações setoriais da economia permitiram que o setor de Extrativismo mineral tivesse seu impacto reduzido nas emissões; contudo, o setor ainda foi um dos mais intensivos na emissão de dióxido de carbono, fazendo com o que o seu efeito total fosse positivo.

O efeito intensidade foi o que mais contribuiu para as reduções das emissões totais da Índia, sendo alavancado pelo setor de Manufatura e reciclagem, que gerou uma redução total de 460.873 gigagramas no período, seguido pelos setores Borracha e plástico e Refino de petróleo e combustível nuclear.

**Gráfico 6 - Decomposição Estrutural da variação de emissão de dióxido de carbono da Índia, 1999-2009**



Fonte: Elaboração própria.

## 7. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo apresentar a trajetória das emissões de CO<sub>2</sub> para os países em desenvolvimento pertencentes ao BRIC no período compreendido entre 1999 e 2009, evidenciando a participação dos componentes da demanda final, bem como os setores produtivos, sobre tais emissões. Para tanto, a metodologia de análise de decomposição estrutural com base em dados de insumo-produto foi utilizada, uma vez que ela permite a consideração dos efeitos intensidade, tecnologia, estrutura e volume da demanda final sobre a variação da emissão de CO<sub>2</sub>. Com isso, foi possível averiguar a influência de cada elemento da estrutura econômica sobre a evolução do lançamento de dióxido de carbono na atmosfera, bem como identificar a participação dos setores produtivos dos países em tais emissões.

O efeito estrutura da demanda final, que mostra o impacto das mudanças na participação dos componentes da demanda final nas emissões de CO<sub>2</sub>, foi positivo para todos os países, embora ele tenha sido o que mais colaborou para as emissões da Índia. Isso se deve ao fato de a Índia ter tido o segundo maior grau de investimento entre os países do BRIC, o que demandou uma maior participação de setores próprios de altas taxas de investimento (neste caso, o setor de Eletricidade, gás e água e Metalúrgica). Outro fator que auxiliou nesse resultado foi o fato de a Índia ter importado grande parte da sua energia que, em sua maioria, é baseada em combustíveis fósseis.

O efeito volume da demanda final apresenta o impacto que o aumento da demanda tem na produção e, conseqüentemente, na emissão de CO<sub>2</sub>, mantidos constantes os demais fatores. Esse efeito teve maior participação nas emissões do Brasil e da Rússia. Tal razão é explicada pelo seguinte: uma vez que esses países possuem baixa taxa de investimento, de forma geral, as relações produtivas da economia se darão através de aumentos na demanda total, que desencadeará uma maior produção em setores chave para a economia, muito embora eles também sejam, relativamente, mais intensivos em emissões de dióxido de carbono. No caso do Brasil, tais setores são o Extrativismo mineral e Metalurgia, enquanto na Rússia o setor é Eletricidade, gás e água.

O efeito tecnologia mostra o impacto das mudanças nas relações entre os setores nas emissões de dióxido de carbono. Esse efeito foi negativo para Brasil, Rússia e Índia, mas positivo para China, sendo, inclusive, o mais expressivo nas emissões desta última. O resultado observado para a China deve-se ao fato de ela apresentar a mais alta taxa de investimento do BRIC, o que exigiu uma

redefinição dos sistemas produtivos, de forma a torná-los mais dependentes de setores intensivos em emissão, sendo eles Eletricidade, gás e água, Metalurgia e Indústria química.

O efeito intensidade apresenta a emissão de CO<sub>2</sub> por produto. Esse efeito se mostrou negativo para todos os países, com exceção da China. Todavia, esse comportamento para a China é devido à alta intensidade de emissão que se verificou em 1999-2000, pois nos outros anos os valores foram negativos. O efeito intensidade negativo mostra de forma mais evidente o comprometimento que os países do BRIC têm com a adoção de tecnologias de produção que reduzem a emissão de dióxido de carbono e do sucesso obtido por tais no período analisado.

Outro resultado importante obtido pelo estudo foi de que o setor que mais contribuiu para o aumento das emissões da China, Rússia e Índia foi Eletricidade, gás e água, enquanto o que menos cooperou, nesses países, foi o de Manufatura e reciclagem (o que ocorreu basicamente pelo efeito intensidade). Contudo, no Brasil, o setor que mais colaborou para as emissões foi o de Extrativismo mineral e o de menor participação foi Eletricidade, gás e água (também por efeito intensidade). Tal relação evidencia o pioneirismo do Brasil na adoção de tecnologias de produção de energia limpa entre os países do BRIC.

Diante disso, este trabalho avança ao identificar que cada país do BRIC possui suas particularidades nos processos produtivos da economia e que estes definem os perfis de emissões de dióxido de carbono. Os resultados encontrados evidenciam ainda que, embora esses países demonstrem participação expressiva nas emissões globais, medidas setoriais tomadas para redução das emissões de CO<sub>2</sub> obtiveram o sucesso almejado. Sendo assim, o presente trabalho pode ser usado como subsídio tanto para a elaboração de políticas ambientais públicas quanto para melhorar o desempenho de organizações privadas, uma vez que ele destaca a impossibilidade de implementação de um mesmo conjunto de medidas para os quatro países.

## Referências

- BORGES, F. H.; TACHIBANA, W. K. A evolução da preocupação ambiental e seus reflexos no ambiente dos negócios: uma abordagem histórica. In: *Anais do XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP*, 2005. Porto Alegre, 2005.
- CABRAL, J. A.; PEROBELLI, F. S. Análise de decomposição estrutural para o setor de saúde brasileiro: 2000-2005. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 42, p. 363–402, 2012.
- CAMIOTO, F. C.; REBELATTO, D. A. N.; ROCHA, R. T. Análise da eficiência energética nos países do BRICS: um estudo envolvendo a análise por envoltório de dados. *Gestão & Produção*, v. 23, n. 1, p. 192–203, 2016.
- CASLER, S. D.; ROSE, A. carbon dioxide emissions in the U.S. Economy. *Environmental and Resource Economics*, n. 11, p. 349–363, 1998.
- COLEMAN, G. The BRIC energy balance sheet: powering growth? *Brasilinvest Banco de Negócios*, 2012.
- DIETZENBACHER, E.; HOEKSTRA, R. The RAS structural decomposition approach. *Advances in Spatial Science*. Berlin, Heidelberg: Springer Nature, 2002. p. 179–199
- EKSTROM, M. Nuclear Energy in the BRICS: an Overview. *Revolve Magazine*, 2012. Disponível em: <<http://www.revolve-magazine.com/home/2012/03/12/bric-nuclear-energy/>>. Acesso em: 17 jul. 2015.
- FENG, K. *et al.* Analyzing drivers of regional carbon dioxide emissions for China. *Journal of Industrial Ecology*, v. 16, n. 4, p. 600–611, 2012.
- FERNANDES, L.; GARCIA, G. F.; CARESIA, M. Matrizes energéticas e desenvolvimento desigual: os BRICS no atual debate sobre mudanças climáticas. *Núcleo de Sistemas de Inovação e Governança do Desenvolvimento*, 2012.

- GAZZONI, D. L. *Balanço de emissões e CO<sub>2</sub> por biocombustível no Brasil: histórico e perspectivas*. Londrina: Embrapa Soja, 2012.
- 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*, v. 34, n. 2, p. 531–396, 2012.
- GUAN, D. *et al.* Journey to world top emitter: An analysis of the driving forces of China's recent CO<sub>2</sub> emissions surge. *Geophysical Research Letters*, v. 36, n. 4, p. 1–5, 2009.
- GUILHOTO, J. J. M. *Leontief e insumo-produto: antecedentes, princípios e evolução*. Technical Report, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queirós", 2000.
- HILGEMBERG, E. M.; GUILHOTO, J. J. M. Uso de combustíveis e emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil: Um modelo inter-regional de insumo-produto. *Nova Economia*, v. 16, n. 1, p. 49–99, 2006.
- HOEKSTRA, R.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M. Structural Decomposition Analysis of Physical Flows in The Economy. *Environmental and Resource Economics*, v. 23, n. 3, p. 357–378, 2002.
- IEA – International Energy Agency. *CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion highlights 2014*. 2014.
- IEA – International Energy Agency. *Partner country series – understanding energy challenges in India: policies, players and issues*. 2012.
- ISARD, W. E. *et al.* On the linkage of the socioeconomic and ecological systems. *Regional Science Association Papers*, v. 21, p. 79–99, 1968.
- LENZEN, M. Structural analyses of energy use and carbon emissions – an overview. *Economic Systems Research*, v. 28, n. 2, p. 119–132, 2016.
- LEONTIEF, W. Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach. *The Review of Economics and Statistics*, v. 52, n. 3, p. 262–271, 1970.
- MARCONI, N.; MAGACHO, G. R.; ROCHA, I. L. Estratégias de desenvolvimento nos BRICs: uma análise insumo-produto. *Revista Economia Ensaios*, v. 29, n. 1, p. 119–134, 2014.
- MILLER, R.; BLAIR, P. *Input-output analysis: foundations and extensions*. 2nd. ed. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2009.
- MINX, J. C. *et al.* A “Carbonizing Dragon”: China’s fast growing CO<sub>2</sub> emissions revisited. *Environmental Science & Technology*, v. 45, n. 21, p. 9144–9153, 2011.
- MORAIS, A. F.; COSTA, J. S.; LOPES, R. L. Emissões de CO<sub>2</sub> na economia brasileira: uma análise de decomposição estrutural para os anos de 1990 e 2003. In: *Anais do XLIV Congresso da SOBER*, 2006. Fortaleza, 2006.
- MUKHOPADHYAY, K. A structural decomposition analysis of air pollution from fossil fuel combustion in India. *International Journal of Environment and Pollution*, v. 18, n. 5, p. 486–497, 2002.
- PENG, Y.; SHI, C. Determinants of carbon emissions growth in China: a structural decomposition analysis. *Energy Procedia*, v. 5, p. 169–175, 2011.
- PETERS, G. P. *et al.* China's growing CO<sub>2</sub> emissions: a race between increasing consumption and efficiency gains. *Environmental Science & Technology*, v. 41, n. 17, p. 5939–5944, 2007.
- ROSE, A. Input–output structural decomposition analysis of energy and the environment. In: van den BERGH, J. C. J. M. (ed.) *Handbook of environmental and resource economics*. Cheltenham: Edward Elgar, 1999. p. 1165–1179
- SESSO FILHO, U. A. *et al.* Decomposição estrutural da variação do emprego no Brasil: 1991 – 2003. *Economia Aplicada*, v. 14, n. 1, p. 99–123, 2009.

- SHARMINA, M.; ANDERSON, K.; BOWS-LARKIN, A. Climate change regional review: Russia. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, v. 4, n. 5, p. 373–396, 2013.
- SILVA, M. P. N.; PEROBELLI, F. S. Efeitos tecnológicos e estruturais nas emissões brasileiras de CO<sub>2</sub> para o período 2000 a 2005: uma abordagem de análise de decomposição estrutural (SDA). *Estudos Econômicos*, v. 42, n. 2, p. 307–335, 2012.
- SOUZA, A. M. *Estrutura produtiva dos países do BRIC e seus impactos nas emissões de CO<sub>2</sub>: uma análise insumo-produto*. 2014. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Economia Regional, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.
- SU, B.; ANG, B.W. Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: Some methodological developments. *Energy Economics*, v. 34, n. 1, p.177–188, jan. 2012.
- VEIGA, J. E. da. Perspectiva nuclear pós-Fukushima. *Política Externa*, v. 20, n. 1, p. 153–159, 2011.
- VIEIRA, F. V.; VERÍSSIMO, M. P. Crescimento econômico em economias emergentes selecionadas: Brasil, Rússia, Índia, China (BRIC) e África do Sul. *Economia e Sociedade*, Campinas, v.18, n. 3, p. 513–546, dez. 2009.
- WACHSMANN, U. *Mudanças no consumo de energia e nas emissões associadas de CO<sub>2</sub> no Brasil entre 1970 e 1996: uma análise de decomposição estrutural*. 2005. 215 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- WIOD. *World input-output database*. Disponível em: <<http://www.wiod.org>>. Acesso em: 25 jul. 2015.
- WORLD BANK. *World development indicators 2012*. World Bank, 2012.
- ZAPPAROLI, I. D.; ZAPPAROLI, F. V. D. Redução Certificada de Emissão (RCE): a questão dos parques estaduais do Paraná. In: *Anais do XLVII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER*, 2009. Porto Alegre, 2009.
- ZHANG, H.; LAHR, M. L. Can the carbonizing dragon be domesticated? Insights from a decomposition of energy consumption and intensity in China, 1987–2007. *Economic Systems Research*, v. 26, n. 2, p. 119–140, 2014.
- ZHANG, Y. Scale, technique and composition effects in trade-related carbon emissions in China. *Environmental and Resource Economics*, v. 51, n. 3, p. 371–389, 2011.

## Apêndice

Tabela A.1 – Decomposição estrutural das emissões de CO<sub>2</sub> do Brasil, Rússia, Índia e China entre 1999 e 2009 – em gigagramas de CO<sub>2</sub>

Continua

Setores	Brasil					Rússia				
	Efeito intensidade	Efeito tecnologia	Efeito estrutura da demanda final	Efeito variação da demanda final	Variação Total	Efeito intensidade	Efeito tecnologia	Efeito estrutura da demanda final	Efeito variação da demanda final	Variação Total
Agropecuária	-6.702	910	1.262	6.029	1.498	-100.809	-1.113	6.240	8.228	-87.454
Extrativismo mineral	2.786	2.259	613	3.168	8.827	55.089	4.619	405	28.119	88.231
Alimentos, bebidas e fumo	-1.446	-240	149	1.242	-295	483	356	1.962	1.380	4.181
Têxteis	161	-405	-220	565	100	537	17	-311	140	383
Vestuário	128	-56	-108	116	80	-2.179	75	72	58	-1.974
Madeira e produtos da madeira	46	-148	-44	111	-35	-257	67	293	445	547
Papel, celulose e gráfica	-1.602	-290	296	1.048	-547	-43.192	-2.211	2.212	1.198	-41.993
Refino de petróleo e combustível nuclear	1.074	-1.275	-244	3.971	3.527	10.227	1.229	12.784	15.281	39.520
Indústria química	-1.807	-4.080	1.232	4.334	-319	47.168	1.238	-1.068	10.402	57.740
Borracha e plástico	251	-176	5	225	304	-51.161	249	1.764	1.046	-48.101
Outros minerais não metálicos	-1.068	112	-1.999	5.166	2.211	-107.587	-12.815	26.258	18.379	-75.765
Metalurgia	3.952	-5.214	558	7.058	6.354	141.035	-14.912	6.084	41.478	173.685
Máquinas e equipamentos	42	-63	160	222	361	-1.371	1.201	403	746	979
Eletrônicos e equipamentos ópticos	-486	-106	-167	423	-337	-755	-120	369	304	-202
Equipamentos de transporte	-1	72	232	246	548	2.698	-798	-588	394	1.706
Manufatura e reciclagem	59	-28	-17	152	165	-752.991	-15.329	16.891	14.377	-737.053
Eletricidade, gás e água	-8.237	-545	1.138	4.926	-2.718	559.948	-141.446	114.215	175.389	708.106
Construção	-668	20	-248	867	-29	1.763	-9	3.568	1.544	6.866
Venda e manutenção de veículos automotores	23	-206	-121	205	-100	-4.374	473	665	287	-2.949
Atacado	-292	98	186	318	311	-783	1.291	1.604	1.279	3.391
Varejo	-581	173	536	1.380	1.506	89	445	1.125	791	2.451
Hotéis e restaurantes	-303	6	216	430	349	-99.614	143	1.965	2.328	-95.177
Transporte terrestre	905	-971	1.413	7.135	8.482	65.296	-2.319	5.821	23.818	92.615
Transporte aquático	567	-2.157	-998	1.879	-710	-2.499	-939	305	1.004	-2.130
Transporte aéreo	574	-570	-260	589	334	12.589	1.878	3.081	2.726	20.274
Outras atividades de suporte ao transporte	-768	-18	212	813	238	-925	1.465	1.897	1.009	3.446
Comunicações	-1.145	341	387	569	152	-676	785	689	406	1.204
Intermediação financeira	-307	74	91	135	-7	-4.317	528	1.305	375	-2.109
Aluguéis	-147	16	21	85	-25	-803	936	2.638	1.147	3.919
Serviços prestados às empresas	-814	225	421	1.057	890	-2.475	119	364	603	-1.389
Administração pública	-1.254	-37	744	1.802	1.256	1.184	127	-475	1.258	2.094
Educação	266	-1	-184	577	659	1.487	20	-770	888	1.625
Saúde	-133	2	117	382	367	-9.322	-49	-160	905	-8.625
Outros serviços	-1.142	139	460	1.485	942	11.914	-1.004	1.578	3.655	16.143
<b>Totais</b>	<b>-18.069</b>	<b>-12.138</b>	<b>5.836</b>	<b>58.709</b>	<b>34.339</b>	<b>-274.581</b>	<b>-175.803</b>	<b>213.183</b>	<b>361.386</b>	<b>124.185</b>

**Tabela A.1 – Decomposição estrutural das emissões de CO<sub>2</sub> do Brasil, Rússia, Índia e China entre 1999 e 2009 – em gigagramas de CO<sub>2</sub>**  
*Conclusão*

Setores	Índia					China				
	Efeito intensidade	Efeito tecnologia	Efeito estrutura da demanda final	Efeito variação da demanda final	Variação Total	Efeito intensidade	Efeito tecnologia	Efeito estrutura da demanda final	Efeito variação da demanda final	Variação Total
Agropecuária	-1.736	-5.756	4.933	9.988	7.429	-41.692	-6.928	24.318	29.762	5.460
Extrativismo mineral	35.523	-12.343	31.403	12.865	67.448	-9.389	57.544	57.483	27.840	133.479
Alimentos, bebidas e fumo	30.829	-772	14.093	9.196	53.347	-52.718	18.662	31.770	13.078	10.792
Têxteis	2.981	-151	4.798	2.206	9.833	-41.331	21.034	24.223	9.866	13.791
Vestuário	-1.377	-4	83	110	-1.188	-2.980	816	1.849	768	453
Madeira e produtos da madeira	3.729	-926	1.976	734	5.513	-6.765	4.310	6.001	1.945	5.490
Papel, celulose e gráfica	-23.453	2.933	3.494	2.141	-14.886	-22.214	14.782	24.531	8.135	25.234
Refino de petróleo e combustível nuclear	-30.941	7.512	17.891	9.208	3.669	-54.696	-76.401	31.392	20.676	-79.029
Indústria química	20.372	-691	16.067	9.621	45.368	-46.567	123.325	128.324	44.714	249.796
Borracha e plástico	-68.581	-990	136	1.666	-67.769	-284.124	31.207	-80.988	10.784	-323.121
Outros minerais não metálicos	3.277	-15.338	37.197	18.825	43.961	120.215	-202.712	411.782	108.840	438.125
Metalurgia	50.144	6.796	45.083	17.361	119.383	-114.959	293.370	326.123	95.614	600.148
Máquinas e equipamentos	1.892	113	1.754	564	4.323	-10.340	6.669	23.939	6.349	26.617
Eletrônicos e equipamentos ópticos	-1.130	46	1.303	477	696	-40.603	21.375	19.304	3.170	3.246
Equipamentos de transporte	6.398	75	2.994	714	10.181	-31.667	20.708	25.454	3.904	18.399
Manufatura e reciclagem	-469.675	-3.215	2.939	9.078	-460.873	-814.163	-443.647	10.268	24.964	-1.222.579
Eletricidade, gás e água	336.305	1.692	330.077	134.872	802.946	1.631.307	1.900.406	-719.848	493.051	3.304.917
Construção	2.888	413	6.245	2.210	11.757	-13.608	-9.707	67.197	10.530	54.413
Venda e manutenção de veículos automotores	-206	8	128	68	-2	0	0	0	0	0
Atacado	-2.569	52	323	187	-2.006	-23.043	12.088	11.091	2.321	2.457
Varejo	-12.224	237	1.396	991	-9.600	-996	-1.371	2.845	1.509	1.986
Hotéis e restaurantes	-7.159	241	4.564	1.935	-419	-45.268	-8.173	12.740	3.178	-37.523
Transporte terrestre	10.454	3.167	11.919	5.165	30.705	-73.618	51.507	65.099	18.706	61.694
Transporte aquático	-3.801	-132	1.310	861	-1.762	-18.492	29.518	47.864	18.113	77.003
Transporte aéreo	-1.858	284	1.250	990	666	49.349	696	14.841	8.401	73.287
Outras atividades de suporte ao transporte	-77	423	831	571	1.749	3.212	8.103	13.318	3.845	28.478
Comunicações	-1.729	1.946	1.400	379	1.996	270	-2.036	4.067	1.044	3.344
Intermediação financeira	-264	69	251	86	142	-4.751	2.486	348	620	-1.297
Aluguéis	-765	29	120	57	-560	-8.599	-3.326	4.644	1.261	-6.019
Serviços prestados às empresas	1.913	239	937	242	3.331	-2.473	12.979	2.316	3.220	16.043
Administração pública	-420	0	333	193	107	-5.526	-463	15.297	3.112	12.420
Educação	491	0	380	223	1.094	-1.537	1.544	12.232	2.800	15.039
Saúde	-2.220	-42	-1	172	-2.091	-5.277	-3.722	11.220	1.651	3.872
Outros serviços	2.000	-231	678	596	3.044	701	12.600	20.984	5.081	39.366
<b>Totais</b>	<b>-120.986</b>	<b>-14.318</b>	<b>548.286</b>	<b>254.553</b>	<b>667.534</b>	<b>27.658</b>	<b>1.887.242</b>	<b>652.030</b>	<b>988.852</b>	<b>3.555.781</b>

Fonte: Elaboração própria dos autores.