

## ANÁLISE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS POR GÁS E SETORES ECONÔMICOS PARA O GRUPO DOS SETE E BRIC

### Analysis of atmospheric emissions by gas and economic sectors for the Group of Seven and BRIC

**Irene Domenes Zapparoli**

Economista. Doutora em Educação (PUC/SP). Universidade Estadual de Londrina. zapparoli@uel.br

**Almir Bruno Jacinto Tavares**

Economista. Mestre em Economia Regional(UEL). Universidade Estadual de Londrina. brunnotavares100@gmail.com

**Umberto Antonio Sesso Filho**

Engenheiro agrônomo. Doutor em Economia Aplicada (Esalq/USP). Universidade Estadual de Londrina. umasesso@uel.br

**Patrícia Pompermayer Sesso**

Engenheira agrônoma. Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas (Esalq/USP).

Estágio pós-doutoral em economia na UEL. papomper2004@yahoo.com.br

**Resumo:** O objetivo é analisar as variações das emissões atmosféricas, por gás e setores econômicos no Grupo dos Sete (G-7) e nos países signatários do BRIC. A metodologia da matriz insumo-produto aplicada utiliza a base de dados do World Input-Output Database (WIOD), para os efeitos intensidade das emissões e tecnologia, contempla 35 setores econômicos, de 2000 a 2009. Os setores com as maiores emissões no G-7 e BRIC são Madeira e produtos da madeira, para o gás CO<sub>2</sub>, Índia com acréscimo de 1.800,25%; CH<sub>4</sub>, Alemanha com 5.325,16%; CO, Índia com 1.800,25%. Setor Saúde e assistência social, N<sub>2</sub>O, China com 433,58%; e, NMVOC, com 696,02%. Setor Agropecuária, caça, silvicultura e pesca, NO<sub>x</sub>, Índia com 1.322,25%; SO<sub>x</sub>, China com 7.522,66%. Setor Outros minerais não metálicos, NH<sub>3</sub>, Itália com 3.090,02%. Em bloco, o controle de emissões os resultados foram médios para EUA e Canadá e crescimento das emissões no Reino Unido, Alemanha e França. Já nos países do BRIC os piores resultados são a China e na sequência a Índia e os melhores do Brasil, especialmente, por possuir uma matriz energética composta por fontes de recursos naturais renováveis.

**Palavras-chave:** Matriz ambiental insumo-produto; Estimativa de emissões de GEE; Blocos G-7; BRIC.

**Abstract:** The aim was to analyze variations in atmospheric emissions, gas and economic sectors in the Group of Seven (G-7) and in the BRIC signatory countries. The methodology of the Insumo-product matrix applied uses the database of the World Input-Output Database (WIOD), for the effects intensity of emissions and technology, includes 35 economic sectors, from 2000 to 2009. The sectors with the highest emissions in the G-7 and BRIC are Wood and products for CO<sub>2</sub> gas, India with an increase of 1,800.25%; CH<sub>4</sub>, Germany with 5,325.16%; CO, India with 1,800.25%. Health sector and social assistance, N<sub>2</sub>O, China with 433.58%; and, NMVOC, with 696.02%. Sector Agriculture, hunting, forestry and fishing, NO<sub>x</sub>, India with 1,322.25%; Sox China with 7,522.66%. Sector Other non-metallic minerals, NH<sub>3</sub>, Italy with 3.090.02%. In block, the emission control results were average for USA and Canada and emissions growth in the UK, Germany and France. In the BRIC countries the worst results are from China and following India and the best in Brazil, especially because it has an energy matrix consisting of sources of renewable natural resources.

**Keywords:** Input-output environmental matrix; GHG emissions estimation; G-7; BRIC.

## 1 INTRODUÇÃO

O dilema preponderante no âmbito econômico ambiental é como o processo produtivo tem contribuído para o aumento da poluição atmosférica e alteração climática. Potencialmente, a queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão) e o desmatamento são responsáveis pelo aumento dos gases do efeito estufa (GEE). Dessa forma, uma parte significativa nos níveis de acréscimos dos GEE são causados pelas atividades antrópicas e podem levar a alterações na temperatura média do planeta.

A poluição atmosférica e alteração climática observadas, nesta pesquisa, são compostas por excedentes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis não metanos (NMVOC) e amônia (NH<sub>3</sub>), totalizando oito gases.

Este estudo remete aos setores da estrutura produtiva de cada país, mais precisamente aos que contribuem para alteração de emissões atmosféricas relacionada ao aquecimento global. Então, em termos de blocos de países, qual a contribuição do Grupo dos Sete (G-7) e do BRIC na poluição atmosférica?

O objetivo é efetuar análise das variações das emissões de poluição atmosférica, para os efeitos intensidade e tecnologia, por setores econômicos no Grupo dos Sete (G-7) composto por: Estados Unidos, Alemanha, Canadá, França, Itália, Japão e Reino Unido; e nos países signatários do BRIC: Brasil, Rússia, Índia e China, no período de 2000 a 2009.

A metodologia consiste em decompor as variações das emissões atmosféricas por setor econômico, no período de 2000 a 2009, dispostas no World Input Output Database (WIOD), a partir dos dois efeitos sobre a Matriz Insumo-Produto (MIP) mundial: intensidade das emissões e tecnologia. A decomposição estrutural contempla os efeitos na estrutura produtiva intensidade e tecnologia. A intensidade informa as modificações específicas em cada setor e a tecnologia apresenta as variações na cadeia produtiva como um todo em relação a um determinado setor. Para o caso dos BRICS (inclusive África do Sul) não existem dados no WIOD

acerca desse país para estes anos, assim a abordagem contempla apenas os países BRIC.

Os dados disponibilizados pelo WIOD são as matrizes de insumo-produto dos países e emissões de gases de efeito estufa, os quais estão disponíveis no período 1995-2009. Os gases de efeito estufa se referem ao dióxido de carbono, o metano, o óxido nitroso e compostos de fluorcarbono. Portanto, o presente estudo utilizou dados de todos os gases responsáveis pelo efeito estufa no período mais recente de disponibilidade dos dados.

Este artigo está dividido em quatro seções além desta introdução. Na segunda faz-se a apropriação dos conceitos e problematização sobre economia e o meio ambiente, no contexto do G-7 e do BRIC. A terceira seção se refere aos aspectos metodológicos e descreve os critérios e teorias para obter-se o resultado das respectivas emissões. Já na quarta seção, os resultados contemplam os objetivos, trazendo a decomposição estrutural das emissões. Nas considerações finais, resumem-se os principais entendimentos sobre alterações climáticas no G-7 e BRIC.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Setores Produtivos e Riscos de Alteração do Clima

É notório que a poluição atmosférica não reconhece fronteiras regionais, assim fenômenos como o aumento da temperatura são efetivamente globais (POWELL, 2012; SOUZA et al., 2015; ZAPPAROLI et al., 2018). O impacto ambiental é um dos aspectos negativos da globalização que através do crescimento da demanda por bens industriais e de consumo vêm aumentando a escala de uso dos recursos naturais. A globalização trouxe efeitos positivos como a velocidade da informação com a circulação de conhecimentos científicos e intercâmbio cultural, mas também os efeitos negativos, entre eles, a degradação ambiental e especulação financeira. Sobretudo, pode-se admitir que a globalização não é fenômeno recente, a economia global compreende novas tendências que estão, por um lado majorando as pressões ambientais e, por outro, reduzindo a disponibilidade de recursos naturais.

A questão peculiar é que na maioria das vezes os riscos ambientais são provenientes dos impactos pela emissão do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), tipo de emissão mais abundante segundo os relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2013 - Intergovernmental Panel on Climate Change) chegando a 76%, sendo a principal ocorrência o uso de combustíveis fósseis. Já o desmatamento para agricultura e uso do solo perfaz 11% das emissões de CO<sub>2</sub>. Também no relatório do IPCC o CH<sub>4</sub> gerado deriva principalmente da agricultura e gestão de resíduos, e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) está relacionado à utilização de fertilizantes. Os processos industriais, a refrigeração e a utilização de diversos produtos de consumo contribuem para as emissões de gases fluorados, que incluem hidrofluorcarbonetos (HFC), perflu-

orocarbonos (PFC) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>).

O aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera é devido principalmente à utilização dos recursos naturais não renováveis nas atividades econômicas. Os relatórios do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2013) são a principal referência científica para os estudos sobre mudança do clima desde a década de 1990. Portanto, o IPCC relaciona o Global Warming Potencial (GWP) tomando por base o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), um dos principais causadores do aquecimento global. Para efeito de comparação, os GEE são indexados de acordo GWP que mede a capacidade de um gás de efeito estufa (GEE) de capturar calor na atmosfera em relação a quantidade igual de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Tabela 1.

Tabela 1 – Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potencial - GWP) United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)

Denominação comum	Fórmula química	Meia-vida (anos)	Força Radiativa (Wm <sup>-2</sup> ppb <sup>-1</sup> )	PAG100 anos	20 anos	100 anos	500 anos
Principais gases do efeito estufa							
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	-	1.4x10 <sup>-5</sup>	1	1	1	1
Metano	CH <sub>4</sub>	12	3.7x10 <sup>-4</sup>	21	72	25	7.6
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	114	3.03x10 <sup>-3</sup>	310	289	298	153
Algumas substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal							
CFC-11	CCl <sub>3</sub> F	45	0,25	3,800	6,730	4,750	1,620
CFC-12	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	100	0,32	8,100	11,000	10,900	5,200
Hidrofluorcarboneto							
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	270	0,19	11,700	12,000	14,800	12,2
Compostos Perfluorcarbonos							
Hexafluoretodecarbono	SF <sub>6</sub>	3.200	0,52	23,900	16,300	22,800	32,6

Fonte: elaborada pelos autores a partir do IPCC (2013).

Este cenário se agrava com o crescimento do uso de recursos naturais a partir do aumento da população mundial (MORAES, 2009; ARROW, 2009). As economias desenvolvidas, como os EUA, estão entre os países com alto crescimento populacional; quanto às economias em desenvolvimento, a Índia apresenta altas taxas de crescimento com projeções para se tornar o país mais populoso do mundo superando a China nos próximos sete anos (UNITED NATIONS, 2017).

A população mundial deverá chegar a 8,6 bilhões, em 2030, e a concentração do crescimento da população global nos países mais pobres representa um dos desafios adicionais para o cumprimento da Agenda de Desenvolvimento Sustentável para 2030 (UNITED NATIONS, 2017; SCHETTE, 2014). A agenda estabeleceu em 2015 através de reuniões com diversos chefes de Estado, na sede da Organização das Nações Unidas (ONU), os 17 objetivos comuns globais para o desenvolvimento sustentável e

metas para 2030, que preconizam a eliminação da pobreza e da fome, expansão dos sistemas de saúde e educação, trabalho decente, igualdade de gêneros e redução da desigualdade (UNFCCC, 1998; WORLD BANK, 2012; UNFCCC, 2015).

Uma das saídas para esta crise do uso de recursos naturais foi a formulação do mercado de carbono, pensado décadas atrás, que é um mecanismo de compensação internacional ambiental, em que empresas capitalistas podem comprar permissões de emissões a partir de áreas preservadas, isto não significou efetivamente reduções das emissões nos países ricos (MERCADOS ENERGÉTICOS; 2017).

Todavia, países com industrialização recente vêm exercendo novas pressões sobre recursos naturais, especialmente nas emissões de GEE. O aumento do comércio internacional requer inevitavelmente mais transportes, que é uma das principais fontes de emissão de carbono. Sistema utilizado pela administração que tudo deve ser comprado, produzido e transportado de acordo com o momento exato da efetiva demanda (JACOBS, 2007). A globalização dos mercados mais recentes e seus mecanismos de modernidade trouxeram processos mais avançados de apropriação da natureza através da velocidade de implementação da tecnologia. O advento destes processos já estava descrito no início do século XX através de conceitos como a Sociedade de Risco (BECK, 2011).

É justamente essa transformação de ameaças civilizacionais à natureza que vêm na forma de advertências as questões sociais, econômicas e políticas sistêmicas, representando o real desafio do presente e do futuro, o que justifica o conceito de sociedade de risco. O sociólogo alemão Ulrich Beck, na década de 1940, utilizou o termo “sociedade de risco” para alertar para os impactos ambientais, na qual a sociedade globalizada geraria riscos sociais cada vez maiores com o advento da nova modernidade, assim seguiriam instabilidade nos mercados, problemas ambientais e o terrorismo. A ideia central seria um momento de ruptura relativa a esta contemporaneidade (BECK, 2011).

Todavia, o pensamento econômico trouxe algumas indagações e respostas às questões ambientais, conformando-se em Economia

Ambiental e Economia Ecológica. Por conseguinte, na Economia Ambiental os limites do crescimento podem ser manipulados pelo uso da tecnologia, pois o desenvolvimento tecnológico pode trazer melhoria nos sistemas de produção a fim de mitigar a degradação ambiental. A Economia Ambiental se dividiu em Economia da Poluição e Economia dos Recursos Naturais e utilizou do arcabouço neoclássico para provar seus postulados, para tanto, apoiou-se nas ideias de Arthur Cecil Pigou, Robert Solow (1956) e Joseph Stiglitz (1974), perfazendo o sentido do desenvolvimento sustentável de forma que os recursos naturais são substituíveis e infinitos.

Já para a Economia Ecológica, o estoque de capital natural herdado por determinada geração deve ser deixado pelo menos nos mesmos patamares para a gerações seguintes. Estes teóricos evidenciam a sustentabilidade em fraca e forte. A primeira pressupõe que se pode transferir menos reposição para o meio ambiente desde que deixe para as futuras gerações mais estradas, equipamentos, tecnologia, educação. Já a sustentabilidade forte rejeita a substituição perfeita entre capital natural e transformado, pois alguns serviços dos ecossistemas seriam essenciais à vida no planeta, devendo considerar a relação intertemporal de reposição e não substituição entre os fatores de produção procedentes dos recursos naturais (GEORGESCU-ROEGEN, 1986; MORAES, 2009; PEDROSO et al., 2016).

Assim, o uso dos recursos naturais pode levar a externalidades positivas e negativas. As positivas são revertidas em bem-estar social. Já as emissões antropogênicas de GEE representam uma externalidade negativa, pois os efeitos desses gases não estão incorporados no mercado, assim os instrumentos de política pública deveriam internalizar os custos dos danos. Deriva-se desse pensamento da Economia Ambiental dois tipos de controle: encargos por poluição e os sistemas de permissões negociáveis (STIGLITZ, 1974; SOLOW, 1986; CALLAN; THOMAS, 2016).

O sistema de permissões negociáveis se refere ao mercado de carbono, já os encargos por poluição se relacionam com a cobrança de impostos sobre as externalidades negativas geradas. Sendo assim, a partir do intenso debate global dos anos 1970, os recursos naturais ga-

nharam mais destaque nos estudos da Economia Ambiental. A suposição teórica é que os limites impostos pela disponibilidade dos recursos naturais podem ser suplantados pelo progresso tecnológico que os substitui por capital ou trabalho (STIGLITZ, 1974; SOLOW, 1986; BIGARANI; ZAPPAROLI, 2014).

Nestes termos, muitos avanços teóricos foram elaborados acerca do desenvolvimento sustentável no âmbito da Economia Ambiental, a exemplo, tem-se a Curva Ambiental de Kuznets (CAK) que na década de 1990 foi aprofundada por Panayotou (1993) Bigarani e Zapparoli, (2014). A CAK aborda a existência de uma curva em formato U invertido entre poluição e renda. No caso das emissões, à medida que a renda alcança determinado nível, a taxa de crescimento das emissões se reduz. Por outra ótica, tem-se o modelo da convergência de emissões que compreende que a poluição tende a uma taxa de crescimento equilibrado das emissões no longo prazo que leva a um estado estacionário. Os modelos de convergência advêm desde Solow (1956) que trata do crescimento econômico, no qual a economia tende a uma taxa de crescimento que leva a um estado estacionário, no entanto, mais recentemente, estudos como de List (1999) e Sathindrakumar (2003) apresentaram a questão das emissões e do crescimento econômico dentro dos modelos de convergência.

No estudo da CAK decorre que o crescimento de um país pobre resulta em aumento da poluição, até porque não existirá elevados gastos no controle da poluição, com o aumento da renda as prioridades são mais alocadas para a sustentabilidade, permitindo melhor ajuste. Portanto, a CAK exprime que o crescimento econômico pode ser combinado com as políticas ambientais para se objetivar o desenvolvimento sustentável e é bastante utilizada pelos teóricos da Economia Ambiental (BIGARANI; ZAPPAROLI, 2014).

Nesta perspectiva da Economia Ambiental, danos ambientais são externalidades negativas, no caso da poluição, a mesma gera custos privados e custos sociais. Ademais, essa assimetria faz com que a quantidade efetiva de poluição seja maior que a socialmente ótima, assim, a quantidade de poluição ótima seria a que os benefícios da sociedade são máximos. Para tanto, os custos sociais devem ser internalizados nos

cálculos dos agentes geradores, como a taxação destes. Portanto, os teóricos da Economia Ambiental dividiram suas proposições com base na Economia da Poluição e na Economia dos Recursos Naturais (CHECIN, 2010).

Diante da incerteza acerca do capital natural, a Economia Ecológica se aprofunda nos questionamentos do esgotamento dos recursos não renováveis, na década de 1960, através dos estudos de Nicholas Georgescu-Roegen, Herman Daly e Kenneth Boulding (ZHANG, GUO, HEWINGS, 2014; COSTANZA et al., 2000 GEORGESCU-ROEGEN, 1986). A Economia Ecológica pensa na economia como um sistema aberto que regularmente troca matéria e energia com seu meio ambiente, uma vez que o crescimento econômico tem um custo que pode se tornar mais alto que o benefício da exploração. Neste ponto de vista, a Economia Ecológica classifica o crescimento de econômico ou antieconômico dependendo da forma de utilização dos recursos naturais (CHECIN; VEIGA, 2010, COSTANZA et al., 2000, GEORGESCU-ROEGEN, 1986).

O debate da Economia Ecológica é associado à sociedade do consumo que tomou conta do século XX e aspirações foram infladas diante do processo econômico, mas este crescimento é limitado pela finitude de matérias-primas e energia, dada a capacidade restrita de processar resíduos (BAUMAN, 2008). A pesquisa energética busca aumentar a eficiência energética e desenvolver alternativas não fósseis de energia que na verdade são fundamentais (SACHS; 2007). Por outro lado, mesmo considerando o incremento tecnológico, a humanidade deve se preparar para a estabilização das atividades econômicas no que se refere a padrões de consumo crescentes; este pensamento foi pontuado por Nicholas Georgescu-Roegen na década de 1970. Ele ressaltou que o desenvolvimento humano dependerá da retração econômica, ou decréscimo do produto, e não do seu crescimento (CHECIN, 2010; GEORGESCU-ROEGEN, 1986).

Para a Economia Ecológica, o arcabouço teórico da Economia Ambiental viola as leis da termodinâmica, em especial, a Segunda Lei da Termodinâmica, pois a quantidade de matéria e energia incorporada aos bens finais é menor que a contida nos recursos utilizados no proces-

so de produção. Portanto, parte da energia e do material de baixa entropia são transformados e se tornam resíduos. Dessa forma, aduz que não existe eficiência produtiva total. Logicamente, que a quantidade de baixa entropia desperdiçada depende da tecnologia empregada no processo. À medida que se emprega mais tecnologia para desperdiçar menos, acrescenta-se mais custos e dificuldades a cada avanço tecnológico. Então, há um limite termodinâmico da eficiência, pois sempre se perde energia ou matéria mesmo que se empregue a melhor tecnologia (CHECIN; VEIGA, 2010; MAY et al., 2018; COSTANZA et al., 2000; GEORGESCU-ROEGER, 1986).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Fontes e Base de Dados

A pesquisa contempla 41 regiões (40 países e o restante do mundo) cada um com 35 setores. Os efeitos mensurados se referem a valores de emissões. O efeito intensidade se refere à variação da relação de emissões por milhão de dólares de 2009, sendo a capacidade de reduzir emissões no próprio setor, caso o valor obtido seja negativo. O efeito tecnológico é a variação da emissão na cadeia produtiva por efeito indireto.

Conforme a base de dados, os gases estão divulgados em grandezas diferentes, por exemplo, para o CO<sub>2</sub> está em gigagrama (Gg) ou quilo-toneladas, segundo o Sistema Internacional de unidades (SI), cada gigagrama equivale a mil toneladas, já os demais gases estão em toneladas como CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, NMVOC e NH<sub>3</sub>. Outrossim, a fonte de dados utilizada foi lançada em maio de 2012 pelo WIOD, ou seja, a mais atualizada para o site até a presente data da edição desta pesquisa.

As emissões de GEE na atmosfera decorre efeitos diversos para além das fronteiras nacionais e efeitos danosos em relação ao equilíbrio ambiental e sustentabilidade dos ecossistemas como aquecimento global, depleção da camada de ozônio e chuva ácida, a exemplo o SO<sub>x</sub> e o NO<sub>x</sub> são um dos principais responsáveis pela chuva ácida que destroem plantações, alteram o PH de rios e lagos e provoca efeitos na saúde humana.

Quadro 1 – Setores produtivos para a matriz insumo-produto, World Input-Output Database, 2014

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

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

#### 3.2 Matriz de Insumo-Produto

Leontief (1986) afirma que a forma mais simples de descrever a matriz insumo-produto nacional, é pelo que se demonstra nos fluxos de bens e serviços entre os diversos setores da economia de um país, em relação a determinado período e em termos monetários. Portanto, a matriz indica todas as inter-relações de compra e venda de uma determinada economia. É importante destacar que, de forma específica, o método de insumo-produto é uma adaptação da teoria neoclássica de equilíbrio geral para o estudo empírico da interdependência quantitativa entre as atividades econômicas inter-relacionadas (LEONTIEF, 1988, p. 73).

Chiang e Wainwright (2006), apresentam a versão estática, em que está pautado este trabalho, portanto, o modelo de Leontief apresenta a questão relacionada em que nível de produto cada uma das  $n$  indústrias de uma economia deve produzir, de modo que seja exatamente suficiente para satisfazer a demanda total por aquele produto.

Quadro 2 – Relações de Insumo-Produto em um sistema nacional (economia com três setores)

Origem da Produção (Venda)	Destino da Produção (Compra)	Demandas Intermediárias (ou Intersetoriais)			Demanda Final (C + I + G + X)	Valor Bruto de Produção
		Agricultura (Setor 1)	Indústria (Setor 2)	Serviços (Setor 3)		
Agricultura (Setor 1)		$Z_{11}$	$Z_{12}$	$Z_{13}$	$Y_1$	$X_1$
Indústria (Setor 2)		$Z_{21}$	$Z_{22}$	$Z_{23}$	$Y_2$	$X_2$
Serviços (Setor 3)		$Z_{31}$	$Z_{32}$	$Z_{33}$	$Y_3$	$X_3$
Importações (M)		$m_1$	$m_2$	$m_3$		
Imposto Indireto Líquido (IIL)		$ii_{11}$	$ii_{12}$	$ii_{13}$		
Valor Adicionado (salários+juros+aluguéis+lucros)		$va_1$	$va_2$	$va_3$		
Valor Bruto de Produção		$x_1$	$x_2$	$x_3$		
GEE/Gases de Efeito Estufa		$gee_1$	$gee_2$	$gee_3$		
Energia Renovável		$er_1$	$er_2$	$er_3$		
Energia Não Renovável		$enr_1$	$enr_2$	$enr_3$		

Fonte: adaptado pelos autores de Lopes e Vasconcellos (2008, p. 54).

A relação  $X = (I - A) \cdot Y$  resume a capacidade explicativa da análise de insumo-produto no tocante ao comportamento das economias nacionais. Contudo, verifica-se como um impacto na demanda final ( $Y$ ) afeta o valor da produção ( $X$ ) e este, por sua vez, afeta outras variáveis como emprego, salário, importação, impostos etc., assim, é possível observar a importância deste método para os países. É importante ressaltar a análise inter-regional de insumo-produto, conforme Quadro 1.

Os fluxos intersetoriais são determinados por fatores tecnológicos e econômicos em uma economia, segundo Leontief (1951, apud GUILHOTO, 2001), pode ser também representado matricialmente da seguinte forma:

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

Em que:

$x$  = vetor ( $n \times 1$ ) com o valor bruto da produção;

$y$  = vetor ( $n \times 1$ ) com a demanda final setorial  $e$ ;

$A$  = matriz ( $n \times n$ ) com os coeficientes técnicos de produção, na qual o elemento representa a participação do produto do setor  $i$  sobre a produção do setor  $j$ .

Tomando as relações de compra e venda de insumo entre os setores presentes na economia, constrói-se a matriz de consumo intermediário, por meio da qual se obtém a matriz  $A$ . Sendo  $Z$  a matriz de consumo intermediário, o elemento  $z_{ij}$  sinaliza o valor demandado pelo setor  $j$  do setor  $i$ . Desse modo, fazendo  $z_{ij}/x_j$  obtém-se o elemento  $a_{ij}$  da matriz  $A$ .

Isolando  $x$  obtém-se:

$$x = By \quad (2)$$

$$B = (I - A)_{-1} \quad (3)$$

A matriz  $B$  recebe o nome de inversa de Leontief. De acordo com Guilhoto (2001), a partir do modelo básico, são possíveis trabalhos que abordem as extensões como endogeneização do consumo das famílias para estudos relacionados à distribuição de renda e análises estruturais e de impacto.

### 3.2.1 Geradores

Miller e Blair (2009) identificam que por meio dos coeficientes diretos e da matriz de Le-

ontief pode-se estimar para cada setor da economia, o quanto é gerado direta e indiretamente, no que diz respeito ao emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado e demais variáveis para cada unidade monetária produzida para a demanda final, ou seja:

$$GV_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} v_i \quad (4)$$

Em que:

$GV_j$  é o impacto total, direto e indireto, sobre a variável em questão;

$b_{ij}$  é o  $ij$ -ésimo elemento da matriz inversa de Leontief e

$v_i$  é o coeficiente direto da variável em questão.

### 3.2.2 Multiplicadores

A divisão dos geradores pelo coeficiente direto correspondente concebe os multiplicadores, que apontam o quanto é gerado, direta e indiretamente, em termos de emprego, importações, impostos ou qualquer outra variável para cada unidade diretamente gerada desses itens. Neste sentido, pode o multiplicador de emprego indicar a quantidade de empregos criados, direta e indiretamente, para cada emprego direto criado (MILLER; BLAIR, 2009). Portanto, o multiplicador do  $i$ -ésimo setor seria dado por:

$$MV_i = \frac{GV_i}{v_i} \quad (5)$$

onde  $MV_i$  representaria o multiplicador da variável em questão e as outras variáveis são definidas conforme feito anteriormente.

Por sua vez, o multiplicador de produção que indica o quanto se produz para cada unidade monetária gasta no consumo final é definido como:

$$MP_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad (6)$$

onde  $MP_j$  é o multiplicador de produção do  $j$ -ésimo setor e as outras variáveis são definidas segundo o expresso anteriormente.

Souza et al. (2015), indica que quando o efeito de multiplicação se restringe somente à

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

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A decomposição estrutural contempla os efeitos percentuais sobre a estrutura produtiva intensidade e tecnologia. A intensidade informa as modificações específicas em cada segmento econômico e a tecnologia apresenta as variações percentuais na cadeia produtiva como um todo em relação a um determinado setor.

### 4.1 Análise das Variações das Emissões por Setores Econômicos e Gases nos Blocos G-7 e BRIC

Os dados estão agrupados por setores econômicos, em relação aos países que compõe o G-7 e o BRIC para os oito gases analisados. Para melhor adensamento da análise, foi primeiro averiguado o efeito intensidade, relacionando o crescimento ou diminuição das emissões por milhões de dólares. Na Tabela 2 elenca-se somente os setores econômicos e países que obtiveram as maiores e menores variações percentuais em cada país, objeto da pesquisa. E os dados são apresentados de forma que todo o valor positivo terá contribuído para elevação das emissões atmosféricas em cada setor econômico. De tal modo, todos os valores negativos mostram reduções nas emissões de gases atmosféricos.

Sendo assim, analisam-se oito gases. O primeiro deles o CO<sub>2</sub>, essencial à vida no planeta devido à fotossíntese. No entanto, o CO<sub>2</sub> em grandes quantidades é o principal causador do efeito estufa. As principais causas das emissões de CO<sub>2</sub> estão no desmatamento e na queima de combustíveis fósseis. O aumento das emissões desse gás de forma antrópica, está ligado às atividades desenvolvidas no processo produtivo da economia, na qual o crescimento econômico gera impactos na demanda de energia e aumenta a produção de resíduos e poluentes.



Tabela 2 – Efeito Intensidade e Tecnologia por setores e por gases nos países do G-7 e BRIC, 2000 – 2009

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
<b>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</b>				
Índia	Madeira e produtos da madeira 1.800,25%	Correios e Telecomunicações 125,26%	Correios e Telecomunicações -155,20%	Madeira e produtos da madeira -118,71%
China	Saúde e Assistência Social 754,90%	Outras atividades de suporte ao Transporte 139,16%	Comércio no Atacado -138,27%	Comércio no Atacado -5,59%
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>				
Alemanha	Madeira e produtos da madeira 5.325,16%	Refino de petróleo e combustível nuclear 65,22%	Transporte aquático -127,37%	Madeira e produtos da madeira -438,69%
Rússia	Equipamentos de transporte 427,33%	Transporte aéreo 45,45%	Intermediação financeira -175,11%	Equipamentos de transporte -116,85%
Índia	Equipamentos de transporte 239,92%	Correios e Telecomunicações 151,29%	Atividades imobiliárias exceto construção -134,28%	Madeira e produtos da madeira -45,10%
China	Saúde e Assistência Social 433,58%	Eletrônicos e equipamentos ópticos 115,04%	Comércio no Atacado -121,67%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -4,22%
<b>Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)</b>				
França	Extrativismo mineral 263,33%	Borracha e plástico 34,68%	Refino de petróleo e combustível nuclear -138,51%	Extrativismo mineral -71,61%
Índia	Transporte aquático 189,31%	Correios e Telecomunicações 147,21%	Atividades imobiliárias exceto construção -134,61%	Madeira e produtos da madeira -44,13%
China	Saúde e Assistência Social 433,58%	Eletrônicos e equipamentos ópticos 115,04%	Comércio no Atacado -121,67%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -4,22%
<b>Óxido de nitrogênio (NOx)</b>				
Rússia	Equipamentos de transporte 352,10%	Borracha e plástico 116,19%	Borracha e plástico -177,78%	Equipamentos de transporte -103,45%
Índia	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 1.322,25%	Correios e Telecomunicações 119,54%	Correios e Telecomunicações -152,08%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -101,44%
China	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 1.207,40%	Outras atividades de suporte ao Transporte 106,70%	Manufatura e reciclagem -147,12%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -42,23%
<b>Óxidos de enxofre (SOx)</b>				
Rússia	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 2.476,79%	Borracha e plástico 109,99%	Borracha e plástico -252,43%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -180,90%
Índia	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 7.375,58%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 45,74%	Papel, celulose e gráfica -244,62%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -465,37%
China	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 7.522,66%	Outras atividades de suporte ao Transporte 111,44%	Papel, celulose e gráfica -220,31%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -216,09%
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>				
Rússia	Transporte aéreo 993,72%	Venda, Manutenção e reparação de veículos automotores 137,00%	Intermediação financeira -173,64%	Equipamentos de transporte -207,13%
Índia	Madeira e produtos da madeira 1.800,25%	Correios e Telecomunicações 125,26%	Correios e Telecomunicações -155,20%	Madeira e produtos da madeira -118,71%
China	Saúde e Assistência Social 754,90%	Outras atividades de suporte ao Transporte 139,16%	Comércio no Atacado -138,27%	Comércio no Atacado -5,59%
<b>Compostos orgânicos voláteis não metanos (CNMVOC)</b>				
Rússia	Equipamentos de transporte 431,84%	Borracha e plástico 84,47%	Intermediação financeira -153,14%	Equipamentos de transporte -119,23%
China	Saúde e Assistência Social 696,02%	Eletricidade, gás e água 189,27%	Transporte terrestre -207,32%	Comércio no Atacado -21,58%
<b>Amônia (NH<sub>3</sub>)</b>				
Alemanha	Manufatura e reciclagem 144,39%	Transporte aquático 46,34%	Transporte aquático -122,08%	Extrativismo mineral -35,50%
Itália	Outros minerais não metálicos 3.090,02%	Correios e Telecomunicações 18,82%	Correios e Telecomunicações -104,85%	Outros minerais não metálicos -779,63%
Rússia	Transporte terrestre 687,43%	Correios e Telecomunicações 239,91%	Madeira e produtos da madeira -70,43%	Equipamentos de transporte -151,37%

Fonte: elaborada pelos autores a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

A despeito, o CO<sub>2</sub> nos países do G-7 tem-se que o setor Eletricidade, gás e água é o grande vilão do crescimento das emissões, com resultados positivos de 15,22%. Ademais, as Atividades de transporte corroboram com o aumento destas emissões, aduz que é necessário maiores esforços no sentido da mudança da matriz energética destas economias desenvolvidas por uso de energias renováveis. Então, que alguns setores como Intermediação financeira, reduziram as emissões em 43,16%, oportunamente, deve-se ao melhor uso da tecnologia, menos insumos, por exemplo, menor uso de papel. Quando o objeto de análise é o BRIC, aponta-se que os resultados das economias em desenvolvimento é positivo na maior parte dos setores econômicos, por exemplo, o setor Saúde e Assistência Social cresceu na proporção de 354,71% relativos as emissões de CO<sub>2</sub>; Transporte aéreo 260,44%; Madeira e produtos de madeira 217,22%; isto demonstra menor controle das emissões de CO<sub>2</sub> para a totalidade no bloco do BRIC.

Os resultados demonstram que o maior crescimento percentual das emissões ocorre no setor de Transporte aéreo, isto dentro do G-7, por exemplo, o Reino Unido obteve uma grande variação do efeito intensidade na ordem de 78,86%. De tal modo, os resultados do efeito tecnologia demonstram crescimento das emissões nos setores de transporte aquático e energia, ou seja, mesmo com mudanças tecnológicas no decorrer dos anos, estes países tiveram acréscimos de emissões em sua cadeia produtiva, especialmente nestes setores demarcados na cor cinza na Tabela 2, e com variação positiva. Já nos países BRIC existe a mesma tendência observada no G-7 em relação ao setor de Transporte como o principal emissor, e na Índia observa-se que o setor Madeira e produtos da madeira demonstrou um forte crescimento no período estudado com 1.800,25%.

O Reino Unido possui uma matriz energética baseada, principalmente, em combustíveis fósseis. Por conseguinte, essa dependência é oriunda especialmente do setor de transportes; este exemplo do Reino Unido demonstra a necessidade urgente de mudanças no uso da energia. Por outro lado, reduções são observadas nas emissões de CO<sub>2</sub> no BRIC, especialmente no setor de Intermediação financeira. Já o G-7, o exemplo do EUA que teve melhoras em relação

ao transporte aquático, e redução das emissões considerando o efeito tecnologia em -45,60%.

Quanto ao CH<sub>4</sub> os resultados demonstram uma performance parecida com o CO<sub>2</sub>, na qual os países do G-7 tiveram na maioria dos setores reduções das emissões, enquanto o BRIC obteve crescimento em diversos setores econômicos. Todavia, as economias desenvolvidas tentam implementar novas políticas ambientais com uso da tecnologia e novos métodos de produção, além de legislações mais rigorosas, a exemplo dos EUA, que sofreram modificações na legislação, como a Lei do Ar Limpo, esta foi usada para estabelecer normas e padrões para emissões de GEE, principalmente, acerca de automóveis e parques industriais. Nos países do BRIC, alguns setores como Máquinas e equipamentos, Vendas no atacado, Educação tiveram reduções nas emissões, já outros tiveram acréscimos percentuais do efeito intensidade como de transporte aéreo de 205,08% e de equipamentos de transporte no montante de 172,42%.

Tanto as economias desenvolvidas quanto as economias em desenvolvimento analisadas tiveram melhoras no setor Agropecuário em relação às emissões de CH<sub>4</sub> (Tabela 2), observa-se decréscimos neste setor que em termos de volume é um dos setores que mais emitem CH<sub>4</sub>. O gás metano (CH<sub>4</sub>), denominado comumente de gás natural e que possui um potencial de aquecimento global 21 vezes maior que do CO<sub>2</sub>, pondera-se como agente causador das emissões da decomposição da matéria orgânica, dos lixões e das atividades agropecuárias.

Nos países do G-7, a Alemanha é um grande emissor a partir do setor de Madeira e produtos derivados da madeira, já no BRIC a Índia possui a liderança no crescimento nas emissões no setor de correios e telecomunicações para o efeito tecnologia. Os esforços para redução de GEE são verificados na Rússia no setor de Intermediação financeira e de equipamentos de transportes.

Ademais, existem reduções significativas das emissões no setor da agropecuária, no entanto, as queimadas contribuem também para emissão de CH<sub>4</sub> pela decomposição da matéria orgânica oriunda dos desmatamentos. Para tanto, o setor de madeira e produtos de madeira

elevou-se bastante a partir de países como Japão, Reino Unido e Alemanha com 5.325,16%.

O óxido nitroso ( $N_2O$ ) é emitido por bactérias no solo e oceanos. Sendo que o uso de fertilizantes na agricultura e a pecuária são as principais fontes de óxido nitroso oriundas da atividade humana. Os resultados agregados do  $N_2O$  para os dados agrupados do G-7, observa-se que quase a totalidade dos setores tiveram decréscimos nas variações das emissões, com exceção do Setor de eletricidade, gás e água, Outros minerais não metálicos, e Transporte aéreo; isso ratifica o ressaltado quanto ao setor mais alarmante do G-7, Eletricidade, gás e energia, ou seja, um dos gargalos para a melhoria no controle das emissões das economias desenvolvidas se relaciona ao uso da energia.

As variações do efeito intensidade do  $N_2O$  para os países do BRIC, seguem a lógica crescente dos outros GEE, na qual os setores de Eletricidade, gás e água, Transporte aéreo juntamente com o setor, Refino de petróleo e combustível nuclear, são os mais preponderantes nas variações positivas do efeito intensidade. Isso corrobora o fato que a busca pelo crescimento econômico é um fator essencial para o acréscimo das emissões, mas como aborda-se neste trabalho o mal-uso dos recursos, a tecnologia obsoleta, e a abundância de recursos naturais também contribuem para o desperdício e uso inapropriado destes recursos. O BRIC se mantém nesta lógica da necessidade do uso exacerbado dos recursos naturais não renováveis para incrementar as taxas de crescimento de suas economias.

Destacam-se as emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis em motores de combustão interna. O  $N_2O$  é o principal regulador natural do ozônio estratosférico. Por conseguinte, de acordo com a Tabela 1 do início desta pesquisa, o potencial de aquecimento global deste é 310 vezes maior que do  $CO_2$ . No caso da França, a sua matriz energética utiliza combustíveis fósseis e representa uma das principais economias do G-7, utilizando mais intensamente energia nuclear, cujo maior problema é a geração de resíduo, no entanto, usa somente 10% de outros combustíveis fósseis. Mas como os demais países desenvolvidos falta avançar

em fontes renováveis, pois neste caso deixa a dever totalizando apenas 2%.

Por outro lado, a França, apresenta reduções significativas no setor de Refino de Petróleo, geralmente emissões de  $N_2O$  estão ligados ao uso do setor Venda e manutenção de veículos automotores como exposta anteriormente, entretanto, observa-se acréscimos no efeito intensidade no Extrativismo mineral e reduções no efeito tecnologia no mesmo setor. Isto é explicado por um aumento das emissões no setor específico do Extrativismo mineral, e reduções com uso da tecnologia na cadeia produtiva como um todo deste setor.

A propósito, o crescimento das emissões de  $N_2O$  na China atinge patamares muito altos, por exemplo, no setor Saúde e assistência social com acréscimos de 433,58% durante o período estudado, além desse fator, este gás têm aplicação na área médica e na odontologia, pois possui efeito analgésico, a adição de  $N_2O$  permite a redução do uso de agentes anestésicos mais caros.

Os óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ) são emitidos em grande parte por motores, estufas, incineradores, caldeiras e principalmente em indústrias químicas. Note-se, que o  $NO_x$  é o termo mais geral para diversos poluentes, por exemplo, o estudado anteriormente como óxido nitroso ( $N_2O$ ), também é considerado óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ) os seguintes compostos:  $N_2O_2$  (Hiponítrico),  $NO_2$  (Dióxido de azoto), entre outros.

Quanto aos óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ), estes tiveram reduções das emissões na maior parte dos setores econômicos do G-7 para os dados agrupados, assim com apenas um efeito positivo relativo ao acréscimo percentual em relação ao Transporte aéreo de 10,03%. Para tanto, reduções ao mesmo tempo são observadas no BRIC, a exceto alguns dos setores como Transporte aquático com acréscimo de 326,20% e Agropecuária de 984,51%. As economias do BRIC possuem uma produção interna e de exportação de bens agropecuários, Brasil e Índia são países voltados para o setor primário, assim a agropecuária é um setor crítico no BRIC.

Diversos resultados de crescimento das emissões de  $NO_x$  são observados na Alemanha, Reino Unido e França, já nos países do BRIC, a

Índia apresenta grande variação no setor Agropecuário no montante de 1.322,25% quando se considera sobretudo o efeito intensidade. Pois, pontua-se que além de gás do efeito estufa este contribui para formação de chuva ácida e eutrofização dos lagos. Este gás obteve acréscimos percentuais no efeito intensidade em relação ao G-7, principalmente no setor de transporte aéreo. Já os países do BRIC tiveram resultados de acréscimos de emissões no setor agropecuário.

O efeito intensidade (causado por variação no nível do uso de um indicador por unidade da produção total), aqui o indicador é o Óxidos de enxofre (SOx), apresentado na forma de variações percentuais, abrangendo a soma dos efeitos intensidade por setor de cada país que compõe o BRIC. A agropecuária ganha destaque, pois como já exposto é um dos setores preponderantes das atividades econômicas nestes países, ademais estes países utilizam grande volume de fertilizantes que contêm SOx.

No caso dos óxidos de enxofre (SOX), estes se originam do gás proveniente da oxidação dos compostos de enxofre obtido por combustíveis fósseis e da matéria orgânica quando advinda de queimadas. Igualmente, o SOx é emitido de forma natural através dos vulcões, sendo, uma das principais causas da chuva ácida. Logo, o uso de combustíveis fósseis na estrutura produtiva e queimadas de áreas de florestas para uso da agropecuária, têm elevado de forma antrópica estas emissões. A China apresenta maior problemática no crescimento das emissões de SOx, com 7.522,66%, acompanhada pela Índia com 7.375,58% onde o setor Agropecuária teve crescimento percentual nas emissões. Já no G-7, a Alemanha obteve forte crescimento no setor econômico da Agropecuária, totalizando 136,20% para o período.

Segundo Hinrichs et al., (2014) os óxidos de enxofre têm diversos efeitos nocivos à saúde, como aumento das taxas de mortalidades e de doenças graves, como danos ao sistema respiratório. Sobretudo, o carvão utilizado no setor produtivo das principais economias mundiais contém 6% de enxofre por peso e sua queima corresponde pela maior parte das emissões, aproximadamente 11 milhões de toneladas ano. Assim, as reduções das emissões no G-7 do gás SOx no âmbito do setor Extrativismo mineral,

são derivados ocasionalmente por mudanças no uso de insumos e na tecnologia empregada na cadeia produtiva, considerando-se os resultados percentuais da Alemanha e Reino Unido. Entretanto, no BRIC, Brasil e Rússia as reduções estão vinculadas ao setor Agropecuária, e Borracha e plástico. No setor Agropecuária, caça, silvicultura e pesca, a China lidera na emissão com 7.522,66%.

Quanto às fontes naturais de emissão de Monóxido de Carbono (CO), tem-se os vulcões e as fontes antrópicas relacionados ao uso de combustíveis fósseis em sua maioria para geração de energia. Também são causadoras da elevação das emissões de CO as queimadas e o gás emitido do escapamento dos veículos. A inovação tecnológica e a melhoria da composição dos insumos, sobretudo, no setor de automóveis e maior controle das queimadas nos países do G-7 coadunam com a redução do efeito intensidade do CO.

Entretanto, já nos países do BRIC, o setor de transporte aéreo obteve as maiores variações percentuais positivas de 1.308,63%, agravadas pelo uso de combustível fóssil. O setor de transportes terrestres e atividades ligadas a este setor tiveram acréscimos. Adversamente do G-7, encontram-se variações positivas no BRIC, com aumento do desmatamento oriundo das queimadas, observa-se que o setor de papel, celulose e gráfica obteve acréscimo de 98,63%, a indústria da madeira chegou ao patamar de 133,36% de crescimento das variações percentuais das emissões para o efeito intensidade. Já os processos industriais como manufatura e reciclagem, indústria química e têxtil diminuíram as emissões de CO.

Na sequência, que descreve os efeitos intensidade e tecnologia do monóxido de carbono (CO), sendo que as emissões cresceram demasiadamente na China e Índia. A Índia com o setor Madeira e produtos da madeira apresentou um acréscimo de 1.800,25%. Na sequência obtém-se dados da demonstração do esforço na redução das emissões desse gás, especialmente no setor de transportes dos países do G-7, com a diminuição do uso do transporte aquático, a exemplo dos EUA e Japão. A utilização de automóveis que emitem menos CO e uso de maior tecnologia, ou dos que usam fontes alternativas,

faz perceber que o efeito intensidade e tecnologia vieram diminuindo consideravelmente no período da pesquisa para o setor de transporte terrestre. Porventura, reduções no setor de transporte aquático e aéreo são observadas também no Brasil.

Quanto às emissões de compostos orgânicos voláteis não metanos (CNMVOC), os países do G-7 tiveram em alguns setores resultados de crescimento das emissões deste GEE, a exemplo, o setor de outros minerais não metálicos, e Alimentos, bebidas e fumo. Todavia, os países do BRIC apresentaram resultados piores, pois tiveram diversos setores com resultados que representaram acréscimo nas emissões de NMVOC, como metalurgia, refino de petróleo, eletricidade, saúde e transporte aéreo. Os compostos orgânicos voláteis não metanos (NMVOC) são emitidos por uma série de atividades, incluindo combustão, uso de solventes e processos de produção.

Estes contribuem para a formação de ozônio no solo, que pode prejudicar a saúde humana. Assim, como na aplicação de tintas, no processamento de espumas, na indústria de impressão, têm-se exemplos de atividades que eliminam o NMVOC. É relevante o estudo acerca do NMVOC para a compreensão da totalidade dos efeitos do GEE na mudança climática global. A China apresenta crescimento destas emissões no setor Saúde e assistência social com 696,02%, bem como no setor Eletricidade, gás e água com 189,27%. No G-7, tem-se que a Alemanha, a França e a Itália apresentaram reduções no Setor de transporte aéreo e aquático. Já no Setor de papel e celulose da Alemanha observa-se acréscimos de 191,63% quanto ao efeito intensidade das emissões. Nos resultados dos países EUA com -80,28% e Japão com -92,58% eles obtiveram reduções das emissões de NMVOC no setor Transportes, enquanto apresentaram crescimento no setor Outros minerais não metálicos, 71,01% e 105,28%.

O  $\text{NH}_3$ , gás denominado de amônia, produzido pela indústria química, é base para a fabricação de produtos farmacêuticos, assim como é encontrado no ar condicionado industrial e câmaras frigoríficas. Outrossim, o  $\text{NH}_3$  pode ter origem natural através da decomposição da matéria orgânica.

Sendo utilizado na produção de fertilizantes, e no refino de petróleo, o  $\text{NH}_3$  apresenta diversos riscos à saúde humana quando inalado, como problemas respiratórios, considerado também um dos gases causadores do efeito estufa. Portanto, existe uma preocupação na conjectura da política governamental com a redução dos GEE nestes países do G-7 que fazem parte da Europa, sobretudo também o  $\text{NH}_3$ . Ademais, o setor de outros minerais não metálicos e o setor de transportes, especialmente o terrestre, são os principais emissores, dificultando o atingimento das metas de redução. No BRIC, quase todos os setores apresentaram variações positivas, com acréscimos altos no efeito intensidade na qual o transporte terrestre aparece como causador do aumento das emissões.

No setor Outros minerais não metálicos, a Itália teve forte crescimento nas emissões correspondendo a 3.090,02% no período estudado para o efeito intensidade, e quanto ao efeito tecnologia, a Rússia apresentou crescimento de 239,91%. A propósito, reduções significativas sobre o efeito intensidade são apresentadas na Alemanha no setor de Transporte aquático de 104,85% e nos EUA sobre o efeito tecnologia, isto demonstra na Alemanha a substituição do transporte aquático, por outros meios de transporte, e nos EUA a melhoria da tecnologia agregada neste setor apresentando redução na ordem de 56,62%.

Contudo, destacam-se os resultados do Canadá e do Brasil, que não apresentaram setores com grande volume de emissões durante o período estudado, apesar de elencar alguns setores com crescente aumento das emissões, nenhum setor apresentou resultado percentual acima de outros países para o gás  $\text{NH}_3$ . Destaca-se o desempenho médio dos EUA e Japão nas observações citadas quando representados junto ao conjunto dos GEE.

Dados do site Eurostat (2018), corroboram também os resultados desta pesquisa, pois acerca da União Europeia, em que fazem parte países do G-7 (Alemanha, França e Itália), e que são as principais economias da União Europeia atualmente, demonstram que nos últimos 26 anos (1990 a 2015), União Europeia registrou reduções nas emissões de vários poluentes atmosféricos. A maior queda foi reportada para

óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>) que diminuíram quase 90%, seguidos de compostos orgânicos voláteis não metanos (NMVOC) que diminuíram quase 60%, enquanto a menor diminuição foi relatada para amônia (NH<sub>3</sub>).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O debate entre o Grupo dos Sete (G-7) versus países signatários do BRIC leva a comparativos as principais economias do mundo, na contraposição de economias desenvolvida e em desenvolvimento. Esta pesquisa apreende que no volume de emissão de GEE, os EUA seguido da China lideram o ranking da poluição atmosférica. Para análise, no caso do G-7 e dos BRIC, os resultados evidenciam quem obteve maior ou menor variação percentual nas emissões, por milhão de dólares, em relação à sua estrutura produtiva no âmbito dos setores econômicos analisados. No controle das emissões de GEE verifica-se quais países estão com menor empenho na aplicação da política ambiental internacional por reduções de GEE na sua estrutura produtiva e de consumo.

Nesta pesquisa, verificou-se os países que mais vêm contribuindo para ao aumento da poluição atmosférica no uso de sua estrutura produtiva nos efeitos Intensidade e Tecnologia. Na emissão de CO<sub>2</sub>, a Índia teve a maior participação na poluição atmosférica com 1.800,25% no setor “Madeira e produtos da madeira”. Na emissão de CH<sub>4</sub> a Alemanha com 5.325,16% no segmento econômico “Madeira e produtos da madeira”. Nas emissões de N<sub>2</sub>O na China atinge acréscimos de 433,58%, no setor de “Saúde e assistência social”. Nas emissões de NO<sub>x</sub> a Índia apresenta grande variação no setor agropecuário no montante de 1.322,25%. Nas emissões do gás SO<sub>x</sub> a China lidera no segmento econômico “Agropecuária, caça, silvicultura e pesca” com 7.522,66%. Para o gás CO, as emissões cresceram na Índia com o setor “Madeira e produtos da madeira” com acréscimo de 1.800,25%. Para o gás NMVOC a China apresenta crescimento destas emissões no setor de “Saúde e assistência social” com 696,02%. Para o gás NH<sub>3</sub> o setor de “Minerais não metálicos” da Itália teve forte crescimento nas emissões correspondendo a 3.090,02%.

Em bloco, os resultados do controle de emissões demonstram resultados médios para EUA e Canadá, por exemplo, abaixo do crescimento das emissões do Reino Unido, Alemanha e França. No entanto, a Alemanha possui a liderança na União Europeia na implantação de energias renováveis em sua matriz energética. Já nos países do BRIC os piores resultados são da China e os melhores do Brasil, especialmente, por possuir uma matriz energética composta por fontes de recursos naturais renováveis.

Então, é possível concluir que o controle das emissões atmosféricas nos países do BRIC é tão relevante quanto a diminuição das emissões nas economias desenvolvidas. Sendo assim, o papel do bloco do BRIC em se comprometer com as metas para a redução das emissões atmosféricas de GEE assumem importância neste panorama de novos acordos do clima.

As medidas tomadas durante este período analisado para redução das emissões ainda não tiveram resultados significativos, exceto de forma branda nos países do G-7. A liderança das questões ligadas às reduções das emissões ainda pertencem aos países do G-7 que se comprometeram em reduzir as emissões. Então, afirma-se, o aquecimento global e as medidas de redução têm sido insuficientes na busca de frear tanto o efeito estufa quanto a poluição atmosférica.

## REFERÊNCIAS

- ARROW et al. Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Science*, n. 268, p. 520-21, 1995. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/01ea/c2548adbb9f2adcf0c414d3c27d20ec609dd.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2009.
- BAUMAN, Z. **Vida para o consumo: a transformação das pessoas em mercadoria**. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.
- BECK, U. **Sociedade e risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. São Paulo: Ed. 34, 2011.
- BIGARANI, F. A.; ZAPPAROLI, I. D. Relação mundial per capita entre renda e emissão de dióxido de carbono. *Economia & Região*, v. 2, n. 2, p.25-47, 2014.

- CALLAN, S. J.; THOMAS, J. M. **Economia ambiental: aplicações, políticas e teoria**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.
- CECHIN, A. **A natureza como limite da economia: a contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen**. São Paulo: Editora Senac; Edusp, 2010.
- CECHIN, A.; VEIGA, J. E. da. O fundamento central da economia ecológica. In: MAY, P. H. (Org.) **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; Campus, 2010.
- CHIANG, A. C.; WAINWRIGHT, K. **Matemática para economistas**. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2006.
- COSTANZA, R., et al. **An introduction to ecological economics**. ISEE. International Society for Ecological Economics. Florida: St Lucie Press Boca Raton, 2000.
- EUROSTAT. **Estimates that in 2018 carbon dioxide**. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat>. Acesso em: 02 abr. 2018.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. The entropy law and the economic process in retrospect. **Eastern Economic Journal**, volume XII, n. 1, jan./mar. 1986.
- GUILHOTO, J. J. M. **Leontief e insumo-produto: antecedentes, princípios e evolução**. Technical report. Esalq, 2001. Disponível em: [https://mpr.a.ub.uni-muenchen.de/54649/1/MPRA\\_paper\\_54649.pdf](https://mpr.a.ub.uni-muenchen.de/54649/1/MPRA_paper_54649.pdf). Acesso em: 5 jun. 2017.
- HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- IPCC. Intergovernmental panel on climate change. The physical scientific basis-working group i contribution to the fifth assessment report. Summary for policymakers, 2013. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5\\_SPM\\_brochure\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf). Acesso em: 12 abr. 2017.
- JACOBS, M. O meio ambiente, a modernidade e a terceira via. In: GIDDENS, A. (Org.) **O debate global sobre a Terceira Via**. São Paulo, SP: Editora UNESP, 2007.
- LEONTIEF, W. **Input-output economics**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 1986.
- LIST, J. A. Have air pollutant emissions converged among U.S. regions? evidence from unit root tests. **Southern Economic Journal**, v. 66, n. 1, p 144-55, 1999. Disponível em: [http://econpapers.repec.org/article/sejancoec/v\\_3a66\\_3a1\\_3ay\\_3a1999\\_3ap\\_3a144-155.htm](http://econpapers.repec.org/article/sejancoec/v_3a66_3a1_3ay_3a1999_3ap_3a144-155.htm). Acesso em: 07 abr. 2017.
- LOPES, L. M.; VASCONCELLOS, M.A. S. **Manual de macroeconomia: básico e intermediário**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- MAY, P.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V. **Economia do meio ambiente**. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018
- MERCADOS ENERGÉTICOS. 2017. **Matriz energética de Reino Unido**. Disponível em: <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/mercados/matriz/Trabajo%20F%20Aceituno%20y%20F%20Hentzschel.htm>. Acesso em: 19 out. 2017.
- MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-output analysis: foundations and extensions**. 2. ed. London: Cambridge University Press, 2009.
- MORAES, O. J. de. **Economia ambiental: instrumentos econômicos para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Centauro, 2009.
- PANAYOTOU, T. **Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development**. Working Paper WP238, Technology and Employment Programme (Geneva: International Labor Office), 1993. Disponível em: [http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09\\_31\\_engl.pdf](http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09_31_engl.pdf). Acesso em: 06 abr. 2017.
- PEDROSO, F. P. et al. Variações dos gases do efeito estufa (GEE): Um estudo por meio da decomposição da matriz insumo-produto do mundo de 1995 a 2009. **Racre (Creupi)**, v. 20, p. 61-81, 2016.

- POWELL, L. As potências em ascensão e as mudanças climáticas: o caso da Índia. In: *Cadernos Adenauer XIII* (2012), n. 2. **Potências emergentes e desafios globais**. Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, 2012.
- SACHS, I. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avançados**, USP, 19, n. 55, p. 197-214, 06/2005. USP, 21, n. 59, p. 21-38, 2007.
- SATHIENDRAKUMAR R. Greenhouse emission reduction and sustainable development, **International Journal of Social Economics**, v. 30, n. 12, p.1233-48, 2003.
- SCHETTE, G. R. Crise econômica ameaça liderança da união europeia no debate sobre energia e mudanças climáticas. **Boletim de Economia e Política Internacional**, n. 15, jan./abr. 2014. Disponível em: [Crishttp://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3787/1/BEPI\\_n16\\_criseeconomica](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3787/1/BEPI_n16_criseeconomica). Acesso em: 15 mai. 2017.
- SESSO FILHO, U. A. et al. Decomposição estrutural da variação do emprego no Brasil, 1991-2003. **Revista de Economia Aplicada**, v. 14, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-80502010000100007&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-80502010000100007&script=sci_arttext&tlng=es). Acesso em: 4 jun. 2017.
- SOLOW, R. M. A contribution to the theory of economic growth. **The Quarterly Journal of Economics**, V. 70, n.1, p 64-94, 1956.
- SOLOW, R. M. A. On the intergenerational allocation of natural resources. **The Scandinavian Journal of Economics**, v. 88, n. 1, p.141-49, mar. 1986.
- SOUZA, A. M. et al. Estrutura produtiva do Brasil, Rússia, Índia e China (BRIC) e seus impactos nas emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). **Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)**, v.1, p.10-15, 2015.
- STIGLITZ, J. Growth with exhaustible natural resources: efficient and optimal growth paths. *The Review of Economic Studies*, v. 41, **Symposium on the Economics of Exhaustible Resources**, p. 123-137, 1974.
- UNITED NATIONS. The world population prospects: the 2017 revision, 2017. Disponível em: [https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017\\_KeyFindings.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf). Acesso em: 14 dez. 2017.
- UNFCCC. UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE CONVENÇÃO. **21º Conference of the Parties**. Acordo de Paris, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/cop21/>. Acesso em: 21 nov. 2017.
- \_\_\_\_\_. **Kyoto Protocol**. United Nations, 1998. Disponível em: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2017
- WIOD. **World Input-Output Database**. 2014. Disponível em: <http://www.wiod.org>. Acesso em: 01 out. 2016.
- WORLD BANK. **World Development Indicators 2012**. World Bank-free PDF, 2016.
- ZAPPAROLI, I. D. et al. Análise dos transbordamentos nas emissões de dióxido de carbono: Brasil, Rússia, Índia e China - BRIC. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 48, p.149-164, 2018.
- ZHANG, Z.; GUO, J.; HEWINGS, G. J.d. The effects of direct trade within China on regional and national CO<sub>2</sub> emissions. Elsevier BV, **Energy Economics**, v. 46, p.161-175, nov. 2014.



## ANEXO A – ALTERAÇÃO ATMOSFÉRICA NO GRUPO DOS SETE (G-7) E PAÍSES SIGNATÁRIOS DO BRIC, EFEITO INTENSIDADE E TECNOLOGIA PARA OS GASES CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, NMVOC E NH<sub>3</sub>, 2000-2009

Tabela 3 – Efeito intensidade e tecnologia do CO<sub>2</sub> por setores nos países do G-7 e BRIC, 2000-2009

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Eletricidade, gás e água 27,26%	Intermediação financeira 10,29%	Atividades imobiliárias exceto construção -50,22%	Transporte aquático -45,60%
Japão	Extrativismo mineral 69,41%	Aluguel de equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 28,29%	Eletrônicos e equipamentos ópticos -53,80%	Extrativismo mineral -24,67%
Alemanha	Manufatura e reciclagem 30,12%	Transporte aquático 46,18%	Transporte aquático -125,09%	Extrativismo mineral -37,38%
Reino Unido	Transporte aéreo 78,86%	Transporte aquático 43,22%	Transporte aquático -87,86%	Extrativismo mineral -47,51%
França	Vestuário 59,55%	Refino de petróleo e combustível nuclear 63,49%	Refino de petróleo e combustível nuclear -135,49%	Extrativismo mineral -47,34%
Itália	Transporte aéreo 56,78%	Correios e Telecomunicações 24,08%	Correios e Telecomunicações -58,22%	Transporte aéreo -45,29%
Canadá	Vestuário 24,98%	Extrativismo mineral 21,27%	Refino de petróleo e combustível nuclear -50,79%	Vestuário -25,58%
Brasil	Transporte aéreo 75,85%	Extrativismo mineral 18,83%	Intermediação financeira -57,12%	Madeira e produtos da madeira -37,22%
Rússia	Transporte aéreo 302,93%	Venda, manutenção e reparação de veículos automotores 64,96%	Intermediação financeira -147,09%	Equipamentos de transporte -77,30%
Índia	Madeira e produtos da madeira 1.800,25%	Correios e Telecomunicações 125,26%	Correios e Telecomunicações -155,20%	Madeira e produtos da madeira -118,71%
China	Saúde e Assistência Social 754,90%	Outras atividades de suporte ao Transporte 139,16%	Comércio no Atacado -138,27%	Comércio no Atacado -5,59%

Fonte: elaborada pelos autores a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Tabela 4 – Efeito intensidade e tecnologia do CH<sub>4</sub> por setores nos países do G-7 e BRIC, 2000-2009

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Eletricidade, gás e água 24,38%	Intermediação financeira 8,55%	Comércio no Atacado -64,26%	Transporte aquático -41,72%
Japão	Papel, celulose e gráfica 76,04%	Aluguel de equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 27,39%	Borracha e plástico -45,46%	Papel, celulose e gráfica -32,61%
Alemanha	Madeira e produtos da madeira 5.325,16%	Refino de petróleo e combustível nuclear 65,22%	Transporte aquático -127,37%	Madeira e produtos da madeira -438,69%
Reino Unido	Papel, celulose e gráfica 6,33%	Transporte aquático 43,17%	Transporte aquático -93,58%	Extrativismo mineral -34,42%
França	Transporte terrestre 1.707,02%	Borracha e plástico 34,67%	Refino de petróleo e combustível nuclear -139,41%	Transporte terrestre -91,75%
Itália	Transporte aéreo 80,14%	Correios e Telecomunicações 21,41%	Correios e Telecomunicações -105,26%	Transporte aéreo -59,52%
Canadá	Vestuário 39,23%	Metalurgia 16,94%	Refino de petróleo e combustível nuclear -42,59%	Vestuário -27,06%
Brasil	Refino de petróleo e combustível nuclear 96,99%	Intermediação financeira 14,54%	Intermediação financeira -53,59%	Madeira e produtos da madeira -55,33%
Rússia	Equipamentos de transporte 427,33%	Transporte aéreo 45,45%	Intermediação financeira -175,11%	Equipamentos de transporte -116,85%
Índia	Equipamentos de transporte 239,92%	Correios e Telecomunicações 151,29%	Atividades imobiliárias exceto construção -134,28%	Madeira e produtos da madeira -45,10%
China	Saúde e Assistência Social 433,58%	Eletrônicos e equipamentos ópticos 115,04%	Comércio no Atacado -121,67%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -4,22%

Fonte: elaborada pelos autores a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Tabela 5 – Efeito intensidade e tecnologia do N2O por setores nos países do G-7 e BRIC, 2000-2009

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Eletricidade, gás e água 24,04%	Aluguel de equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 0,58%	Intermediação financeira -87,34%	Eletricidade, gás e água -42,04%
Japão	Extrativismo mineral 97,66%	Transporte aquático 22,95%	Aluguel de equipamentos para empresas e outras atividades comerciais -73,96%	Outros minerais não metálicos -28,55%
Alemanha	Madeira e produtos da madeira 192,92%	Transporte aquático 46,23%	Transporte aquático -127,29%	Extrativismo mineral -43,80%
Reino Unido	Transporte aéreo 70,85%	Aluguel de equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 23,76%	Transporte aquático -93,50%	Eletrônicos e equipamentos ópticos -34,57%
França	Extrativismo mineral 263,33%	Borracha e plástico 34,68%	Refino de petróleo e combustível nuclear -138,51%	Extrativismo mineral -71,61%
Itália	Refino de petróleo e combustível nuclear 48,09%	Correios e Telecomunicações 24,42%	Indústria química -87,62%	Transporte aéreo -40,04%
Canadá	Vestuário 47,94%	Extrativismo mineral 18,76%	Extrativismo mineral -40,96%	Vestuário -28,53%
Brasil	Refino de petróleo e combustível nuclear 94,40%	Extrativismo mineral 17,25%	Indústria química -61,24%	Madeira e produtos da madeira -55,19%
Rússia	Equipamentos de transporte 150,79%	Venda, manutenção e reparação de veículos automotores 63,12%	Intermediação financeira -132,68%	Equipamentos de transporte -64,20%
Índia	Transporte aquático 189,31%	Correios e Telecomunicações 147,21%	Atividades imobiliárias exceto construção -134,61%	Madeira e produtos da madeira -44,13%
China	Saúde e Assistência Social 433,58%	Eletrônicos e equipamentos ópticos 115,04%	Comércio no Atacado -121,67%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -4,22%

Fonte: elaborada pelos autores a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Tabela 6 – Efeito intensidade e tecnologia do NOx por setores nos países do G-7 e BRIC, 2000-2009

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Eletricidade, gás e água 24,04%	Intermediação financeira 7,44%	Intermediação financeira -87,34%	Eletricidade, gás e água -42,04%
Japão	Extrativismo mineral 66,95%	Transporte aquático 27,08%	Equipamentos de transporte -65,94%	Outros minerais não metálicos -24,12%
Alemanha	Madeira e produtos da madeira 155,87%	Transporte aquático 46,74%	Transporte aquático -127,39%	Extrativismo mineral -34,21%
Reino Unido	Transporte aéreo 80,49%	Transporte aquático 43,19%	Transporte aquático -87,83%	Extrativismo mineral -52,78%
França	Vestuário 44,78%	Refino de petróleo e combustível nuclear 64,17%	Refino de petróleo e combustível nuclear -137,50%	Extrativismo mineral -48,30%
Itália	Indústria química 37,58%	Correios e Telecomunicações 23,82%	Correios e Telecomunicações -76,22%	Transporte aéreo -35,81%
Canadá	Vestuário 33,40%	Extrativismo mineral 18,75%	Indústria química -47,21%	Vestuário -23,19%
Brasil	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 310,70%	Extrativismo mineral 19,53%	Correios e Telecomunicações -79,40%	Transporte aquático -32,15%
Rússia	Equipamentos de transporte 352,10%	Borracha e plástico 116,19%	Borracha e plástico -177,78%	Equipamentos de transporte -103,45%
Índia	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 1.322,25%	Correios e Telecomunicações 119,54%	Correios e Telecomunicações -152,08%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -101,44%
China	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 1.207,40%	Outras atividades de suporte ao Transporte 106,70%	Manufatura e reciclagem -147,12%	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca -42,23%

Fonte: elaborada pelos autores a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Tabela 7 – Efeito Intensidade e Tecnologia do SOx por setores nos países do G-7 e BRIC, 2000-2009

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Transporte aéreo 57,91%	Intermediação financeira 8,51%	Atividades imobiliárias exceto construção -75,82%	Transporte aquático -43,21%
Japão	Transporte aéreo 121,66%	Transporte aquático 27,90%	Equipamentos de transporte -72,00%	Outros minerais não metá- licos -32,72%
Alemanha	Agropecuária, caça, silvicultu- ra e pesca 136,20%	Transporte aquático 44,65%	Transporte aquático -120,23%	Extrativismo mineral -36,16%
Reino Unido	Transporte aéreo 96,93%	Transporte aquático 42,87%	Venda, manutenção e repara- ção de veículos automotores -128,29%	Extrativismo mineral -43,50%
França	Vestuário 8,29%	Refino de petróleo e com- bustível nuclear 50,18%	Refino de petróleo e com- bustível nuclear -134,86%	Transporte aquático -35,82%
Itália	Outros serviços comunitá- rios, sociais e pessoais 78,42%	Aluguel de equipamentos para empresas e outras ativi- dades comerciais 8,54%	Correios e Telecomunica- ções -129,60%	Transporte aéreo -39,79%
Canadá	Vestuário 33,28%	Refino de petróleo e com- bustível nuclear 19,23%	Refino de petróleo e com- bustível nuclear -51,36%	Vestuário -21,87%
Brasil	Agropecuária, caça, silvicultu- ra e pesca 1.067,52%	Extrativismo mineral 15,04%	Correios e Telecomunica- ções -107,73%	Agropecuária, caça, silvicultu- ra e pesca -26,54%
Rússia	Agropecuária, caça, silvicultu- ra e pesca 2.476,79%	Borracha e plástico 109,99%	Borracha e plástico -252,43%	Agropecuária, caça, silvicultu- ra e pesca -180,90%
Índia	Agropecuária, caça, silvicultu- ra e pesca 7.375,58%	Aluguel de equipamentos para empresas e outras ativi- dades comerciais 45,74%	Papel, celulose e gráfica -244,62%	Agropecuária, caça, silvicultu- ra e pesca -465,37%
China	Agropecuária, caça, silvicultu- ra e pesca 7.522,66%	Outras atividades de suporte ao Transporte 111,44%	Papel, celulose e gráfica -220,31%	Agropecuária, caça, silvicultu- ra e pesca -216,09%

Fonte: elaborada pelos autores a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Tabela 8 – Efeito intensidade e tecnologia do CO por setores nos países do G-7 e BRIC, 2000-2009

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Outros minerais não metálicos 20,18%	Intermediação financeira 7,44%	Transporte aquático -80,20%	Eletricidade, gás e água -39,94%
Japão	Metalurgia 45,13%	Aluguel de equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 21,61%	Transporte aquático -92,59%	Outros minerais não metálicos -24,12%
Alemanha	Vestuário 53,96%	Transporte aquático 44,25%	Transporte aquático -136,47%	Extrativismo mineral -37,73%
Reino Unido	Transporte aéreo 54,34%	Transporte aquático 43,03%	Venda, manutenção e reparação de veículos automotores -101,19%	Extrativismo mineral -43,41%
França	Transporte aquático 38,79%	Refino de petróleo e combustível nuclear 62,13%	Refino de petróleo e combustível nuclear -131,72%	Transporte aquático -65,67%
Itália	Transporte aéreo 45,69%	Correios e Telecomunicações 19,61%	Correios e Telecomunicações -106,50%	Transporte aéreo -44,13%
Canadá	Vestuário 26,77%	Metalurgia 19,89%	Transporte aquático -52,53%	Vestuário -18,78%
Brasil	Transporte aéreo 448,92%	Extrativismo mineral 77,61%	Transporte aquático -72,01%	Transporte aéreo -130,18%
Rússia	Transporte aéreo 993,72%	Venda, Manutenção e reparação de veículos automotores 137,00%	Intermediação financeira -173,64%	Equipamentos de transporte -207,13%
Índia	Madeira e produtos da madeira 1.800,25%	Correios e Telecomunicações 125,26%	Correios e Telecomunicações -155,20%	Madeira e produtos da madeira -118,71%
China	Saúde e Assistência Social 754,90%	Outras atividades de suporte ao Transporte 139,16%	Comércio no Atacado -138,27%	Comércio no Atacado -5,59%

Fonte: elaborada pelos autores a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Tabela 9 – Efeito intensidade e tecnologia do NMVOC por setores nos países do G-7 e BRIC, 2000-2009

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Outros minerais não metálicos 71,01%	Intermediação financeira 9,81%	Transporte aquático -80,28%	Eletricidade, gás e água -38,90%
Japão	Outros minerais não metálicos 105,28%	Aluguel de equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 32,00%	Transporte aquático -92,58%	Outros minerais não metálicos -36,33%
Alemanha	Papel, celulose e gráfica 191,63%	Transporte aquático 46,49%	Transporte aquático -129,01%	Extrativismo mineral -42,65%
Reino Unido	Agropecuária, caça, silvicultura e pesca 189,78%	Transporte aquático 41,80%	Aluguel de equipamentos para empresas e outras atividades comerciais -95,98%	Extrativismo mineral -34,90%
França	Transporte aquático 31,37%	Refino de petróleo e combustível nuclear 65,15%	Refino de petróleo e combustível nuclear -137,60%	Transporte aquático -64,22%
Itália	Transporte aéreo 41,99%	Correios e Telecomunicações 19,81%	Correios e Telecomunicações -105,53%	Transporte aéreo -47,44%
Canadá	Vestuário 37,93%	Extrativismo mineral 19,07%	Transporte aquático -54,44%	Vestuário -22,79%
Brasil	Refino de petróleo e combustível nuclear 111,81%	Extrativismo mineral 31,52%	Equipamentos de transporte -65,46%	Venda, manutenção e reparação de veículos automotores -41,80%
Rússia	Equipamentos de transporte 431,84%	Borracha e plástico 84,47%	Intermediação financeira -153,14%	Equipamentos de transporte -119,23%
Índia	Metalurgia 301,31%	Correios e Telecomunicações 136,51%	Transporte aéreo -190,77%	Madeira e produtos da madeira -58,85%
China	Saúde e Assistência Social 696,02%	Eletricidade, gás e água 189,27%	Transporte terrestre -207,32%	Comércio no Atacado -21,58%

Fonte: elaborada pelos autores a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).

Tabela 10 – Efeito intensidade e tecnologia do NH3 por setores nos países do G-7 e BRIC, 2000-2009

Países	Maior variação percentual positiva		Menor variação percentual negativa	
	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia	Efeito Intensidade	Efeito Tecnologia
Estados Unidos	Transporte terrestre 88,02%	Intermediação financeira 12,24%	Refino de petróleo e combustível nuclear -38,87%	Transporte aquático -56,62%
Japão	Extrativismo mineral 21,80%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 21,40%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais -73,60%	Extrativismo mineral -22,75%
Alemanha	Manufatura e reciclagem 144,39%	Transporte aquático 46,34%	Transporte aquático -122,08%	Extrativismo mineral -35,50%
Reino Unido	Transporte aéreo 921,87%	Aluguel de Equipamentos para empresas e outras atividades comerciais 16,35%	Transporte aquático -118,02%	Transporte aéreo -276,25%
França	Outros serviços comunitários, sociais e pessoais 123,18%	Refino de petróleo e combustível nuclear 57,36%	Refino de petróleo e combustível nuclear -130,68%	Transporte aquático -65,86%
Itália	Outros minerais não metálicos 3.090,02%	Correios e Telecomunicações 18,82%	Correios e Telecomunicações -104,85%	Outros minerais não metálicos -779,63%
Canadá	Vestuário 51,23%	Extrativismo mineral 25,55%	Extrativismo mineral -58,25%	Vestuário -30,43%
Brasil	Educação 97,80%	Intermediação financeira 26,66%	Extrativismo mineral -18,60%	Madeira e produtos da madeira -58,66%
Rússia	Transporte terrestre 687,43%	Correios e Telecomunicações 239,91%	Madeira e produtos da madeira -70,43%	Equipamentos de transporte -151,37%
Índia	Transporte terrestre 295,46%	Correios e Telecomunicações 192,84%	Manufatura e reciclagem -112,33%	Madeira e produtos da madeira -43,70%
China	Transporte terrestre 1.003,73%	Outras atividades de suporte ao Transporte 214,26%	Equipamentos de transporte -91,04%	Comércio no Varejo -11,57%

Fonte: elaborada pelos autores a partir da decomposição estrutural dos dados do WIOD (2012).