

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ECONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECONOMIA APLICADA

**VINÍCIUS DE ALMEIDA VALE**

**COMÉRCIO INTERNACIONAL E EMISSÕES: UMA ANÁLISE  
LONGITUDINAL DE INSUMO-PRODUTO**

JUIZ DE FORA  
2014

**VINÍCIUS DE ALMEIDA VALE**

**COMÉRCIO INTERNACIONAL E EMISSÕES: UMA ANÁLISE  
LONGITUDINAL DE INSUMO-PRODUTO**

Dissertação de mestrado do programa de Pós  
Graduação em Economia Aplicada da  
Faculdade de Economia da Universidade  
Federal de Juiz de Fora como requisito para  
obtenção de grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Salgueiro Perobelli  
Co-orientador: Prof. Dr. Ariaster Baumgratz Chimeli

JUIZ DE FORA  
2014

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Vale, Vinícius de Almeida.  
COMÉRCIO INTERNACIONAL E EMISSÕES : UMA ANÁLISE LONGITUDINAL DE INSUMO-PRODUTO / Vinícius de Almeida Vale. -- 2014.  
151 p.

Orientador: Fernando Salgueiro Perobelli  
Coorientador: Ariaster Baumgratz Chimeli  
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia. Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, 2014.

1. Emissões de CO2. 2. Comércio Internacional. 3. Insumo-Produto. I. Perobelli, Fernando Salgueiro, orient. II. Chimeli, Ariaster Baumgratz, coorient. III. Título.

**VINÍCIUS DE ALMEIDA VALE**

**COMÉRCIO INTERNACIONAL E EMISSÕES: UMA ANÁLISE  
LONGITUDINAL DE INSUMO-PRODUTO**

Dissertação de mestrado do programa de Pós Graduação em Economia Aplicada da Faculdade de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito para obtenção de grau de Mestre.

Aprovada em: 24 / 02 / 2014 .

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Fernando Salgueiro Perobelli (Orientador)  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Ariaster Baumgratz Chimeli (Co-orientador)  
Ohio University

Prof. Dr. Gustavo de Barros  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Alexandre Alves Porsse  
Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Joaquim José Martins Guilhoto  
Universidade de São Paulo

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a minha mãe, Marly, aos meus pais, Valquir e Vânia, aos meus irmãos, Felipe e Flávio, e a minha grande companheira e amiga, Camila.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Valquir e Vânia, e aos meus irmãos, Felipe e Flávio, pelo apoio, amor, confiança e dedicação. E por me mostrar a importância de sempre persistir e correr atrás dos meus sonhos.

À Camila, pela compreensão, incentivo, por acreditar no meu sucesso e por viver cada um dos meus sonhos. Por ter suportado cada segundo da minha ausência e estar sempre presente nos momentos mais difíceis. Obrigado por em cada momento de saudade, lágrima e vontade de largar tudo me receber com um sorriso e palavras acolhedoras.

Em especial, ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Fernando Perobelli pelo auxílio sobre o andamento desta dissertação e por todo aprendizado que me permitiu ter. Pelas oportunidades criadas, por acreditar no meu trabalho e estar sempre presente. Obrigado pelos incentivos, conselhos e ajuda à minha carreira profissional/estudantil. Espero um dia retribuir todo o carinho e dedicação.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Ariaster Chimeli, por ter me recebido durante cinco meses nos Estados Unidos, com toda atenção, vontade de ajudar e ensinar. Obrigado por tudo. Foi muito valioso cada segundo, palavra, conversa e conselho. À Janna e o Douglas, pois sempre estiveram presentes e com disposição para ajudar. Obrigado por me deixar fazer parte da família de vocês.

Ao Prof. Dr. Gustavo de Barros, por ter acompanhado de perto desde o início o trabalho, com sugestões e críticas sempre construtivas.

Aos Profs. Dr. Alexandre Porsse e Dr. Joaquim Guilhoto, a quem também agradeço por aceitar o convite de participar da defesa desta dissertação, pois engrandece esta pesquisa.

À todos os professores e funcionários do Programa de Pós Graduação em Economia Aplicada (PPGEA/UFJF), pelo conhecimento, dedicação e entusiasmo demonstrado.

Aos colegas de mestrado, em especial ao Antônio, Gabriel, Larissa, Rodger, Ronaldo e Verônica. Obrigado por todos os momentos de estudo, sofrimento, ajuda, companheirismo e claro pelas alegrias e conquistas.

Aos melhores “*roommates*” do mundo, Merle, Mohamed e Rami, obrigado por cada palavra de apoio e preocupação durante os cinco meses de convivência.

À todas as pessoas, e não menos importante, que contribuíram de alguma forma para a concretização deste trabalho.

Por fim, ao CNPq e a REDECLIMA pelo financiamento.

## RESUMO

Desde o início da industrialização é possível observar um aumento dos níveis de gases de efeito estufa (GEE) causados pelas atividades humanas (WTO, 2009). Diante desse cenário, os problemas em torno dos GEE e as mudanças climáticas relacionadas se tornaram relevantes pontos de debate. As discussões sobre o tema começam a ganhar o cenário mundial a partir do Protocolo de Quioto e estão em voga devido ao fato que o crescimento dos GEE se manteve, mesmo com o avanço e surgimento de políticas climáticas. Além disso, estão em voga devido à globalização acelerada das economias mundiais e à expansão do comércio internacional. Desta forma, o trabalho busca fazer uma investigação empírica sobre as responsabilidades pelas emissões e o comércio internacional para 27 países da União Europeia e 13 países selecionados para o período de 1995 a 2009. O trabalho também permeia questões e discussões em torno das teorias e hipóteses ambientais que envolvem o comércio internacional. Para tanto, foram utilizadas matrizes de insumo-produto para 40 países mais o “restante do mundo” que abrangem o período de 1995 a 2009, provenientes do Projeto WIOD. Os seguintes resultados podem ser destacados: i) a ascensão das emissões de CO<sub>2</sub> dos países em desenvolvimento (*e.g.* Brasil, Rússia, Índia e China); ii) comportamento antagônico entre os Estados Unidos e os BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China), com exceção da Índia, em termos dos saldos líquidos de emissões incorporadas no comércio internacional; iii) indícios de que o decréscimo das emissões de alguns países são provenientes de uma maior interação em termos de comércio; e iv) os países desenvolvidos apresentam um processo produtivo interno cada vez menos poluidor e, de forma contrária, os em desenvolvimento apresentam um processo produtivo interno mais poluidor, dado o pareamento entre eles. Além disso, o presente trabalho, por meio dos diferentes resultados, faz uma discussão em torno da teoria da curva de Kuznets ambiental, “*pollution haven effect*”, “*pollution haven hypothesis*”, padrões de comércio entre o Norte e o Sul, dentre outras.

**Palavras-Chave:** Emissões de CO<sub>2</sub>; Comércio Internacional; Insumo-Produto.

## ABSTRACT

Since the beginning of industrialization it is possible to observe an increase in the levels of greenhouse gas (GHG) emissions caused by human activities (WTO, 2009). Given this issues, the problem of greenhouse gas (GHG) and related climate change are relevant points today. Discussions began to gain the attention of the world with the Kyoto Protocol and they are in vogue due to the fact that the growth of GHG remained, even with emergence and advancement of climate policies. Moreover, they are in vogue due the sudden globalization of world economies and the expansion of international trade. Thus, this study seeks to make an empirical investigation of the responsibility for CO<sub>2</sub> emissions and international trade for the 27 countries of the European Union and 13 other selected countries for the period of 1995-2009. This paper also permeates issues and discussions about the environmental theories and hypotheses involving international trade. The input-output matrices were used for 40 countries plus the “rest of world” for the period of 1995-2009, through the database of WIOD project. The following results can be highlighted: i) the increase of CO<sub>2</sub> emissions in developing countries (*e.g.* Brazil , Russia, India and China) ; ii) the opposing behavior of the USA and BRIC ( Brazil , Russia, India and China), with the exception of India, in terms of net balances of emissions embodied in international trade; iii) evidence that the decrease of CO<sub>2</sub> emissions in some countries comes from greater interaction in terms of trade with other countries; iv) the developed countries have an internal production process increasingly less polluting, and contrary to, developing countries have an internal production process more polluting, given the pairing between them. Furthermore, this study, through the different results, makes a discussion on the theory of environmental Kuznets curve, pollution haven effect, pollution haven hypothesis, trade’s patterns between North and South, and others.

**Keywords:** CO<sub>2</sub> Emissions; International Trade; Input-Output.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Curva de Kuznets Ambiental: Diferentes Cenários .....	31
Figura 2 - Estrutura de Comércio dos USA (1995 e 2009) .....	53
Figura 3 - Estrutura de Comércio do BRA (1995 e 2009).....	54
Figura 4 - Estrutura de Comércio da CHN (1995 e 2009).....	55
Figura 5 - Representação esquemática da tabela de insumo-produto para uma única região e dois setores. ....	65

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Multiplicadores de Miyazawa (pareamento entre países) .....	128
Quadro 2 – Multiplicadores de Miyazawa (pareamento entre países e blocos) .....	129

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Participação VBP base WIOD x RoW (1995-2009).....	52
Gráfico 2 - Emissões de CO2 para os países selecionados - 1995 .....	56
Gráfico 3 - Emissões de CO2 para os países selecionados – 2000 .....	57
Gráfico 4 - Emissões de CO2 para os países selecionados – 2005 .....	57
Gráfico 5 - Emissões de CO2 para os países selecionados – 2009 .....	58
Gráfico 6 – Emissões de CO2 dos Estados Unidos (USA) – 1995 a 2009 .....	59
Gráfico 7 - Emissões de CO2 da China (CHN) – 1995 a 2009.....	60
Gráfico 8 - Emissões de CO2 do Brasil (BRA) – 1995 a 2009.....	60
Gráfico 9 - Emissões de CO2 da Rússia (RUS) e da Índia (IND)– 1995 a 2009 .....	61
Gráfico 10– Coeficientes de intensidade de emissões de CO2 – 1995 .....	86
Gráfico 11– Coeficientes de intensidade de emissões de CO2 – 2000 .....	87
Gráfico 12 – Coeficientes de intensidade de emissões de CO2 – 2005 .....	88
Gráfico 13 – Coeficientes de intensidade de emissões de CO2 – 2009 .....	89
Gráfico 14 – Coeficientes de intensidade de emissões de CO2 (Principais Economias).....	90
Gráfico 15 – Coeficientes de intensidade de emissões de CO2 (BRIC) .....	91
Gráfico 16 – Emissões de CO2 incorporadas no consumo e na produção (Principais Economias) 95	
Gráfico 17 – Emissões de CO2 incorporadas no consumo e na produção (BRIC) - [2009 = 100]..	96
Gráfico 18 – Importador líquido e exportador líquido de emissões de CO2 - [2009 = 100] .....	97
Gráfico 19 – Maiores importadores e exportadores líquidos de emissões de CO2 incorporadas no comércio – 1995 .....	99
Gráfico 20 – Maiores importadores e exportadores líquidos de emissões de CO2 incorporadas no comércio - 2000 .....	100
Gráfico 21 – Maiores importadores e exportadores líquidos de emissões de CO2 incorporadas no comércio - 2005 .....	101
Gráfico 22 – Maiores importadores e exportadores líquidos de emissões de CO2 incorporadas no comércio - 2009 .....	102
Gráfico 23 – Emissões de CO2 incorporadas na produção e no consumo - USA e RoW .....	103
Gráfico 24 – Emissões de CO2 incorporadas na produção e no consumo - CHN e RoW .....	104
Gráfico 25 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da China (R1) e dos Estados Unidos (R2) – [2009 = 100].....	107
Gráfico 26 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição dos Estados Unidos (R1) e da China (R2) – [2009 = 100].....	108
Gráfico 27 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do Brasil (R1) e da China (R2) – [2009 = 100].....	109
Gráfico 28 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da China (R1) e do Brasil (R2) – [2009 = 100].....	110
Gráfico 29 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do Brasil (R1) e dos Estados Unidos (R2) – [2009 = 100].....	111
Gráfico 30 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição dos Estados Unidos (R1) e do Brasil (R2) – [2009 = 100].....	112
Gráfico 31 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do Canadá (R1) e dos Estados Unidos (R2) – [2009 = 100].....	113
Gráfico 32 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição dos Estados Unidos (R1) e do Canadá (R2) – [2009 = 100] .....	114
Gráfico 33 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do México (R1) e dos Estados Unidos (R2) – [2009 = 100].....	115

Gráfico 34 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição dos Estados Unidos (R1) e do México (R2) – [2009 = 100].....	116
Gráfico 35 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do Brasil (R1) e da União Europeia (R2) – [2009 = 100].....	117
Gráfico 36 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da União Europeia (R1) e do Brasil (R2) – [2009 = 100].....	118
Gráfico 37 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do Brasil (R1) e do NAFTA (R2) – [2009 = 100].....	119
Gráfico 38 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do NAFTA (R1) e do Brasil (R2) – [2009 = 100].....	120
Gráfico 39 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da China (R1) e da União Europeia (R2) – [2009 = 100].....	121
Gráfico 40 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da União Europeia (R1) e da China (R2) – [2009 = 100].....	122
Gráfico 41 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição dos Estados Unidos (R1) e da União Europeia (R2) – [2009 = 100].....	123
Gráfico 42 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da União Europeia (R1) e dos Estados Unidos (R2).....	123
Gráfico 43 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição dos Estados Unidos (R1) e do BRIC (R2) – [2009 = 100].....	124
Gráfico 44 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do BRIC (R1) e dos Estados Unidos (R2) – [2009 = 100].....	125
Gráfico 45 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da União Europeia (R1) e do BRIC (R2) – [2009 = 100].....	126
Gráfico 46 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do BRIC (R1) e da União Europeia (R2) – [2009 = 100].....	127

## LISTA DE SIGLAS

BRIC	Brasil, Rússia, Índia e China
CI's	Coefficientes de Intensidade
CKA	Curva de Kuznets ambiental
CLRTAP	sigla em inglês: "Convention on Long Range Transboundary Air Pollution"- (Convenção sobre poluição atmosférica transfronteiriça a longa distância)
CQNUMC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças no Clima
EDGAR	sigla em inglês: "Emission Database for Global Atmospheric Research"
EU	sigla em inglês: "European Union" - (União Europeia)
EU ETS	sigla em inglês: "European Union Emissions Trading Scheme" – (Esquema de comércio de emissões da União Europeia)
GEE	Gases de Efeito Estufa
GRAM	sigla em inglês: "The Global Resource Accounting Model"
GTAP	sigla em inglês: "Global Trade Analysis Project"
IEA	sigla em inglês: "International Energy Agency" – (Agência Internacional de Energia)
IOTs	sigla em inglês: "Input-Output Tables" – (Tabelas de Insumo-Produto)
IPCC	sigla em inglês: "The Intergovernmental Panel on Climate Change" – (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)
IR-IP	Modelo Interregional de Insumo Produto
LCA	sigla em inglês: "Life-cycle analysis" – (Análise do ciclo de vida)
MRIO	sigla em inglês: "Multi-Region Input-Output" – (Modelo de insumo-produto multi-regional)
NAFTA	sigla em inglês: "North American Free Trade Agreement" – (Tratado Norte-Americano de Livre Comércio)
NFA	sigla em inglês: "National Footprint Accounts" – (Contas Nacionais das Pegadas)
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMC	Organização Mundial do Comércio
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNB	Produto Nacional Bruto
SUTs	sigla em inglês: "Supply and Use Tables" – (Tabelas de Recursos e Usos)
VBP	Valor Bruto da Produção
WIOD	sigla em inglês: "World Input-Output Database" – (Banco de Dados Mundial de Insumo-Produto)
WIOTs	sigla em inglês: "World Input-Output Tables" – (Tabelas Mundiais de Insumo-Produto)

## SÚMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	16
	<b>2.1</b> Responsabilidades pelas Emissões.....	16
	<b>2.2</b> Emissões e Comércio Internacional.....	25
	<b>2.3</b> Pegada Ecológica e Insumo-Produto.....	37
	<b>2.4</b> Aplicações Empíricas.....	41
<b>3</b>	<b>BASE DE DADOS</b> .....	47
	<b>3.1</b> Projeto WIOD .....	47
	<b>3.2</b> Descrição dos Dados Seleccionados.....	51
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	63
	<b>4.1</b> Modelos de Insumo-Produto (Modelo Conceitual e Representação) .....	64
	<b>4.2</b> Modelagem das Emissões de CO <sub>2</sub> .....	71
	<b>4.3</b> Multiplicadores de Miyazawa .....	74
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	84
	<b>5.1</b> Coeficientes de Intensidade de Emissões (Análise Descritiva).....	84
	<b>5.2</b> Saldos Comerciais Globais de Emissões de CO <sub>2</sub> .....	93
	<b>5.3</b> Multiplicadores de Miyazawa.....	105
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	130
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	138
	<b>ANEXOS</b> .....	144

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o relatório da Organização Mundial do Comércio (OMC), WTO (2009), desde o início da industrialização é possível observar um aumento dos níveis de gases de efeito estufa (GEE) causados pelas atividades humanas. Como resultado, a concentração dos GEE na atmosfera também tem aumentado.

Diante desse cenário, os problemas em torno dos gases de efeito estufa e as mudanças climáticas relacionadas são relevantes pontos de debate em torno da economia mundial.

As discussões sobre o tema começam a ganhar o cenário mundial a partir do protocolo assinado em Quioto, dezembro de 1997, onde um acordo internacional foi alcançado para redução das emissões globais para a atmosfera. Em termos de emissões de CO<sub>2</sub>, a maioria dos países europeus, incluindo a União Europeia como um todo, concordaram em reduzir tais emissões (MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001).

Entretanto, tal como apresentado por Bastianoni (2004), o debate está em voga, por exemplo, devido à política adotada pelos últimos governos dos Estados Unidos, em contraste com o Protocolo de Quioto<sup>1</sup>.

Além disso, tal como exposto por Peters *et al.* (2011), um dos motivos para que o debate esteja em voga é o fato de que o crescimento das emissões globais de CO<sub>2</sub> se manteve com toda a força, mesmo com o avanço e surgimento de políticas climáticas. Um exemplo, abordado pelos autores, é o fato de que no período entre 1990 e 2008 as emissões de CO<sub>2</sub> nos países desenvolvidos se estabilizaram de certa forma e, por outro lado, as emissões em países em desenvolvimento dobraram.

Assim, tal como o estudo realizado por Peters *et al.* (2011), muitos outros têm atribuído tal estabilização nos países desenvolvidos de forma parcial ao crescente volume de importações junto aos países em desenvolvimento. No contexto de mitigações, tal problema pode estar relacionado com o fato de que muitas políticas controladoras são baseadas na redução das emissões domésticas de gases de efeito estufa, o que ignora, por exemplo, as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas nos fluxos de comércio internacional (WYCKOFF e ROOP, 1994).

---

<sup>1</sup> Os Estados Unidos negaram-se a ratificar o Protocolo de Quioto, sob a alegação de que as metas traçadas pelo presente protocolo interfeririam de forma negativa na economia norte-americana.

Como abordado por Wiebe *et al.* (2012), acordos internacionais para a redução das emissões de GEE, como o alcançado na Conferência sobre Mudança Climática das Nações Unidas (dezembro de 2009), Protocolo de Quioto e Esquema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS)<sup>2</sup>, são baseados apenas nas emissões dentro das fronteiras geográficas do próprio país.

Nesse contexto, Peters *et al.* (2011) mostram que as transferências líquidas de emissões através do comércio internacional de países em desenvolvimento para os países desenvolvidos aumentaram, passando de 0,4 Gt de CO<sub>2</sub> em 1990 para 1,6 Gt de CO<sub>2</sub> em 2008. Assim, como dito pelos próprios autores, os resultados indicam que o comércio internacional é um fator significativo para explicar a mudança nas emissões em muitos países, tanto do ponto de vista da produção como do consumo.

Desta forma, a fim de diminuir as emissões de GEE é necessário investigar não só as principais fontes de emissões, mas também a localização de tais emissões e os setores envolvidos, sendo a atribuição das responsabilidades pelas emissões um importante passo para garantir tal redução (BASTIANONI *et al.*, 2004; MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001; FERNG, 2003; WYCKOFF e ROOP, 1994; SHIN, 1998; NEUMAYER, 2000; WIEBE *et al.*, 2012).

Além disso, diante da expansão e globalização acelerada das economias mundiais, a poluição incorporada nos fluxos de comércio torna-se importante para mensuração das responsabilidades pelas emissões, pois o uso de bens finais e insumos de produção que um país necessita não são necessariamente produzidos pelo próprio país (FERNG, 2003; HOEKSTRA e JANSSEN, 2006). Segundo Peters e Hertwich (2006), dado que as redes de produção estão cada vez mais globais, é possível observar que muitos processos de produção ocorrem fora do país de consumo final<sup>3</sup>.

O comércio internacional tem apresentado uma grande expansão nos últimos séculos. Segundo o relatório da Organização Mundial do Comércio (OMC), WTO (2009), desde

---

<sup>2</sup> Sigla em língua inglesa: *The European Union Emissions Trading System*. Também chamado de *European Union Emissions Trading Scheme*.

<sup>3</sup> Dentro desse contexto de expansão e globalização há uma vasta literatura que discute a questão da mudança do paradigma no que tange a mensuração do comércio internacional. Dietzenbacher, Guilhoto e Imori (2013), por exemplo, afirmam os processos produtivos têm sido caracterizados por sua fragmentação, onde extrapolam cada vez mais as fronteiras dos países. Segundo os autores tal fato coincide com a abordagem apresentada na literatura de que bens e serviços são produzidos em cadeias globais de valor e de que dessa forma as trocas em termos de valor adicionado podem constituir uma abordagem mais adequada para mensurar as relações de comércio. Entretanto, essa abordagem foge do escopo do presente trabalho, sendo vista como uma possível extensão do mesmo.

1950, o comércio mundial cresceu cerca de trinta e duas vezes em termos de volume, enquanto o nível do PIB mundial cresceu aproximadamente oito vezes durante o mesmo período. Assim, como exposto pela OMC, a participação do comércio internacional no PIB mundial passou de 5,5 por cento em 1950 para 21 por cento em 2007, por exemplo.

A expansão do comércio mundial é uma das razões pela qual o comércio está cada vez mais sendo envolvido em discussões sobre mudanças climáticas. Além disso, pode ajudar a explicar por que existem preocupações em torno do impacto do comércio sobre as emissões de GEE (WTO, 2009).

Diante disso, há uma crescente preocupação com o problema de fuga do carbono<sup>4</sup>, por exemplo, e, conseqüentemente, muitos estudos têm levado em consideração a estimativa das emissões incorporadas no comércio internacional através, por exemplo, da análise de insumo-produto (*e.g.* WYCKOFF e ROOP, 1994; SCHAEFFER e DE SÁ, 1996; LENZEN, 1998; MACHADO *et al.*, 2001; MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001; PETERS e HERTWICH, 2004; HOEKSTRA e JANSSEN, 2006; PETERS e HERTWICH, 2006).

Desta forma, o comércio internacional, as emissões incorporadas e o comércio implícito de carbono, segundo Wiebe *et al.* (2012), por exemplo, devem ser considerados na alocação das responsabilidades pelas emissões.

Assim, diante de toda a discussão, é importante incorporar as questões envolvendo a responsabilidade pelas emissões de gases de efeito estufa e o comércio internacional, dando enfoque para as interações entre os países com relação às emissões de CO<sub>2</sub>.

Além disso, o debate por trás das questões ambientais envolve também discussões acerca da liberalização comercial e as conseqüências ambientais relacionadas, conseqüências ambientais do crescimento econômico e comércio internacional (*e.g.* COPELAND e TAYLOR, 1994; NORDSTRÖM e SCOTT, 1999; DASGUPTA *et al.*, 2002; COPELAND e TAYLOR, 2004; BRUNNERMEIER e LEVINSON, 2004; dentre outros).

Além das discussões em torno da fuga de carbono (*Carbon Leakage*), outras teorias têm feito parte das discussões ambientais, tal como: a teoria da curva de Kuznets ambiental (CKA), “*pollution haven effect*”, “*pollution haven hypothesis*”<sup>5</sup>, o uso da política ambiental como um substituto para a política comercial, o uso da política comercial para atingir os objetivos ambientais, e padrões de comércio entre o Norte e o Sul, por exemplo.

---

<sup>4</sup> Do original em inglês *carbon leakage*.

<sup>5</sup> Conhecida como: hipótese de Refúgio da Poluição.

Dentro desse contexto, o presente trabalho busca fazer uma investigação empírica sobre as responsabilidades pelas emissões e o comércio internacional para os 27 países da União Europeia e 13 países selecionados<sup>6</sup> para o período de 1995 a 2009<sup>7</sup>. Além disso, o trabalho permeia questões e discussões em torno das teorias e hipóteses ambientais que envolvem o comércio internacional (*e.g.* “*pollution haven effect*”, “*pollution haven hypothesis*”, padrões de comércio entre o Norte e o Sul, dentre outras).

O objetivo geral é mensurar as emissões incorporadas no comércio internacional e analisar as interações, em termos regionais, entre tais países. Para tal, o presente trabalho propõe os seguintes objetivos específicos: a) observar o comportamento dos países com relação as emissões de CO<sub>2</sub>, se há concentração de tais emissões e se esse comportamento é mantido no decorrer dos anos (1995 a 2009); b) mensurar as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas na produção e no consumo; c) mensurar as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas nas exportações e importações de cada país; d) construir balanços de carbono para cada um dos países; e) verificar-se o comércio internacional tem sido utilizado como uma forma de reduzir as emissões por parte dos países; f) analisar o grau de interação econômica entre duas regiões<sup>8</sup> em termos de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>); e g) avaliar teorias e hipóteses ambientais em torno das emissões de CO<sub>2</sub> e o comércio internacional<sup>9</sup>.

Assim, busca-se contribuir de forma a utilizar um modelo interregional de insumo-produto e analisar as interações econômicas por meio dos multiplicadores de Miyazawa<sup>10</sup>.

Cabe ressaltar que a escolha do método (modelos de insumo-produto e multiplicadores de Miyazawa) se dá pela capacidade de avaliar os efeitos da interação (interdependência) e os tipos de interações sinérgicas entre os países em questão, com a possibilidade de extensão para uma avaliação em termos de emissões de CO<sub>2</sub>.

Com o intuito de alcançar os objetivos propostos e para que se tenha uma visão mais pormenorizada, em alguns pontos do presente trabalho é feita uma seleção dos países pertencentes à amostra de dados, *i.e.*, utiliza-se de exercícios para mostrar o comportamento

---

<sup>6</sup> Para conferir a lista completa de países ver: Anexo I – Países da Matriz de Insumo-Produto (Projeto WIOD).

<sup>7</sup> Para maiores detalhes sobre a base de dados ver o capítulo 3 do presente trabalho.

<sup>8</sup> A escolha das regiões se dá pela relevância dessas em termos econômicos, em termos de aplicação e discussão em torno da revisão de literatura sobre emissões e comércio internacional. Cabe ressaltar que tal seleção têm como intuito apresentar um exercício, *i.e.*, um exemplo, para interações entre países e blocos econômicos como, por exemplo, União Europeia, BRIC, dentre outros.

<sup>9</sup> Cabe ressaltar que o presente trabalho não tem como intuito testar tais hipóteses, mas sim fazer uma discussão dos resultados em paralelo com tais hipóteses.

<sup>10</sup> O capítulo 4 (Metodologia) seção 4.3 (Multiplicadores de Miyazawa) traz a descrição do método por trás de tais multiplicadores.

dos países em termos de emissões absolutas, interações econômicas, dentre outros aspectos. Cabe ressaltar que tais exercícios têm como objetivo motivar as discussões à luz das teorias descritas no capítulo 2 (Revisão da Literatura). Além disso, a seleção é feita levando em consideração a importância dos países no contexto mundial e no que tange às discussões acerca do comércio internacional e emissões de CO<sub>2</sub>, como por exemplo, em torno do estágio de desenvolvimento *i.e.* relação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Além disso, cabe ressaltar que as questões em torno do comércio internacional referem-se a uma discussão sobre os fluxos intermediários entre os países, ou seja, no âmbito das matrizes de insumo-produto abrange apenas as relações de comércio dentro do consumo intermediário (fluxos de insumos).

Assim, com o intuito de contextualizar o problema de pesquisa em tela e alcançar os objetivos propostos, o presente trabalho está dividido, além desta breve introdução, em mais cinco capítulos. O segundo traz uma revisão de literatura. O terceiro capítulo apresenta a base de dados utilizada no presente trabalho. O quarto descreve os métodos. O quinto apresenta os resultados empíricos. E, por fim, o sexto capítulo traz algumas considerações finais.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo tem por objetivo apresentar as discussões presentes na literatura, sem esgotar o tema, que relacionam meio ambiente, emissões de gases de efeito estufa (GEE) e comércio internacional. Dessa forma, dado o objetivo do trabalho, o capítulo está dividido em quatro seções. A primeira seção apresenta as discussões quanto às responsabilidades pelas emissões de GEE por diferentes princípios. A segunda seção apresenta as questões relativas às emissões de GEE e comércio internacional. A terceira seção aprofunda as discussões envolvendo a técnica de pegada ecológica e insumo-produto. Por fim, a quarta e última seção sumariza as diferentes aplicações empíricas envolvendo o tema e o uso de modelos de insumo-produto.

### 2.1 Responsabilidades pelas Emissões

Esforços de pesquisa têm levado em consideração o consumo sustentável. Entretanto, segundo Tukker *et al.* (2006), embora tenha sido possível observar algum progresso, iniciativas reais para um consumo mais sustentável não se materializam. Desta forma, as iniciativas para desenvolver sistemas de consumo mais eficientes e eficazes acabam por ser ainda desconhecidos e com pouco avanço prático.

Assim, formuladores de política buscam uma melhor compreensão de como os impactos ambientais estão relacionados às escolhas e às atividades específicas de consumo. Apesar de algumas certezas, Tukker *et al.* (2006) alegam a existência de inúmeras lacunas não preenchidas, tal como os impactos ambientais do consumo nos países desenvolvidos sobre os parceiros comerciais, especialmente os considerados como países em desenvolvimento. Ademais, as relações entre as práticas específicas de consumo e as atividades gerais (*e.g.* nutrição e lazer), as consequências ambientais de mudar os padrões de consumo e, por fim, as estruturas e relações que permitem desenvolver cenários e modelos de políticas para um futuro sustentável, também não estão efetivamente esclarecidas.

O pressuposto por trás disso, segundo Wiedmann *et al.* (2007), é que dada a crescente demanda no mundo por parte dos países desenvolvidos por bens e serviços importados, tem-

se, como consequência, um aumento da poluição e das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no processo produtivo em outros países.

Desta forma, no contexto de emissões, Bastianoni *et al.* (2004) argumentam que afim de diminuir as emissões de GEE é necessário investigar não só as principais fontes de emissões, mas também a localização de tais emissões e os setores envolvidos. Assim, para os autores a atribuição das responsabilidades pelas emissões é importante para garantir a redução de GEE.

De maneira similar às questões apresentadas por Bastianoni *et al.* (2004), há uma vasta literatura que aborda a questão da contabilidade dos gases de efeito estufa e fazem discussões acerca de como alocar a responsabilidade por tais emissões (*e.g.* WYCKOFF e ROOP, 1994; KONDO *et al.*, 1998; EDER e NARODOSLAWSKY, 1999; MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001; FERNG, 2003; MONGELLI *et al.*, 2006, HOEKSTRA e JANSSEN, 2006; WIEBE *et al.*, 2012).

Dentro desse contexto de alocar responsabilidade pelos GEE, Ferng (2003) sugere que um sistema de repartição de encargos justo envolve a escolha adequada do princípio de responsabilidade, ou seja, o princípio base no qual a quantidade de redução de emissões antropogênicas<sup>11</sup> de CO<sub>2</sub> que cada país é responsável.

Assim, de forma similar a Bastianoni *et al.* (2004), Ferng (2003) destaca a importância de uma participação global para que o objetivo de redução das emissões antropogênicas seja atingido. O autor ressalva que tal objetivo poderia ser obtido através de uma possível proposta de repartição dos encargos (responsabilidades), ou seja, uma repartição de forma justa entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento.

Ainda no contexto da redução dos GEE, Shin (1998) argumenta que com o intuito de evitar o advento do estado globalmente indesejável (*i.e.* tragédia dos comuns), é preciso uma coordenação internacional e regulamentação. Desta forma, o autor defende que a questão da partilha dos encargos e, em particular, a participação de países em desenvolvimento são questões a serem consideradas.

Assim, corroborando com a ideia de que a partilha da responsabilidade pelas emissões é importante para o processo de negociação internacional de redução das mesmas, Shin (1998) aborda a questão das responsabilidades dos países desenvolvidos e em desenvolvimento nas emissões de gases de efeito estufa. Para tal, o autor analisa a atividade

---

<sup>11</sup> Emissões antropogênicas são emissões que tem como origem a ação humana, ou seja, emissões relacionadas com as atividades dos seres humanos.

econômica e o efeito de mudança climática. Desta forma, conforme o autor, cada país sabe que a mudança climática não é desejável e pode causar sérios danos, no entanto, não é de seu interesse conter a atividade econômica, ou seja, cada país não deseja moderar sua atividade econômica em prol de uma redução das emissões de GEE.

Diante das diferentes atribuições das responsabilidades, cabe ressaltar que as discussões sobre os direitos de emissão e repartição do ônus começaram a partir de um princípio de responsabilidade territorial, como abordado por Shin (1998), Gupta e Bhandari (1999) e Neumayer (2000).

Uma primeira abordagem considerando o princípio da responsabilidade territorial, proposta pelo IPCC<sup>12</sup> (*The Intergovernmental Panel on Climate Change*), sugere apenas a aplicação de uma abordagem geográfica, onde somente as emissões diretamente envolvidas em cada setor e dentro das fronteiras do próprio país são contabilizadas (FERNG, 2003; BASTIANONI *et al.*, 2004). Entretanto, tal como abordado por Bastianoni *et al.* (2004), ao considerar um país importador de bens transformados, ou seja, sem transformá-los dentro dos limites geográficos do país, é possível observar uma situação paradoxal de um alto padrão de vida juntamente com um nível muito baixo de emissões de GEE.

Assim, tal como Ferng (2003) e Bastianoni *et al.* (2004), Neumayer (2000) argumenta que o alcance do objetivo de redução das emissões de gases de efeito estufa passa pela definição de quem tem o direito de emissão. Para o autor, tais direitos de emissões podem ser atribuídos de várias formas: alocação proporcional às emissões em um ano base específico, negócios futuros previstos (“direitos adquiridos”), distribuição igualitária com relação a uma base *per capita* e sem responsabilidade histórica, alocação igualitária *per capita* com responsabilidade histórica, ou qualquer combinação destas.

Entretanto, apesar das diferentes formas de atribuir os direitos de emissões, Neumayer (2000) defende a igualdade de emissões *per capita* com responsabilidade histórica como uma regra geral para a atribuição do direito de emitir gases de efeito estufa. Cabe ressaltar que o termo de responsabilidade histórica, também conhecido como dívida natural, foi atribuído dessa forma por Smith (1991).

A responsabilidade histórica leva em conta as desigualdades históricas de emissões *per capita* e de certa forma exige que os responsáveis pelas emissões do passado sejam os responsáveis pelas maiores reduções no futuro. A ideia por trás disso é que dado o acúmulo

---

<sup>12</sup> Sigla em língua inglesa.

de gases de efeito estufa na atmosfera, os grandes emissores do passado são os principais responsáveis e a capacidade de absorção que a natureza apresenta é atribuído de forma igualitária entre todos os seres humanos, não importando quando nem onde eles vivem (NEUMAYER, 2000).

Assim, a partir das tendências de emissões de gases de efeito estufa, Smith (1991) apresenta três questões: “Quanto deve ser feito para mudar essas tendências?”, “Que projetos devem ser desenvolvidos e onde?” e “Quem deve pagar?”.

Com o intuito de responder tais questões, o autor argumenta que a responsabilidade das nações pelas situações atuais seria melhor indicada se as emissões históricas fossem levadas em consideração. Diante de tal contexto, Smith (1991) atribui essa responsabilidade histórica como uma dívida natural, onde tal dívida representa esforços para manter altas taxas de crescimento econômico por meio de empréstimos, neste caso, empréstimo da capacidade de assimilação do meio ambiente.

Abordando também a questão da responsabilidade histórica, Shin (1998) defende que os países desenvolvidos devem tomar a liderança no combate às emissões de GEE, pois conforme exposto pelo autor, tais países são responsáveis por 63% do total de emissões de CO<sub>2</sub> e considerando as emissões cumulativas são responsáveis por mais de 90% do combustível fóssil acumulado no mundo relacionado às emissões de CO<sub>2</sub>.

Entretanto, Shin (1998) apresenta outros determinantes do aumento de emissões, tal como: participação da população, atividade econômica e consumo energético. A população segundo o autor é um fator fundamental, pois com a ampliação da população, a demanda por energia, alimentos, água também crescem e, como consequência, as emissões de GEE e outros poluentes aumentam. De forma análoga, com o aumento do nível de atividade econômica, o uso de combustíveis fósseis na fabricação, transporte e geração de energia elétrica também sofrem um acréscimo e, como resultado, as emissões de GEE e outros poluentes aumentam.

Diante desses diferentes determinantes, é possível observar um contraste entre as regiões em desenvolvimento e as regiões desenvolvidas. De forma geral, os países em desenvolvimento apresentam alto crescimento populacional, baixo nível de renda, desenvolvimento econômico rápido, baixo consumo de energia *per capita*, baixas emissões de GEE *per capita* e nível tecnológico muito baixo em comparação com os países desenvolvidos. Assim, representam economias dinâmicas e a utilização de mais energia é essencial para o seu desenvolvimento econômico (SHIN, 1998).

Por outro lado, os países desenvolvidos apresentam baixo crescimento populacional, nível de renda alta, desenvolvimento econômico lento, alto consumo de energia *per capita*, altas taxas de emissões de GEE *per capita* e nível tecnológico muito elevado. Desta forma, representam economias estáveis e amadurecidas (SHIN, 1998).

Dado o contraste existente, Shin (1998) argumenta que se deve levar em consideração a diferença qualitativa entre os países desenvolvidos e países em desenvolvimento em termos de sua capacidade e responsabilidades. Assim, o autor propõe algumas abordagens para a repartição de encargos: solução de igual direito, solução de igual sacrifício<sup>13</sup> e solução de igual capacidade<sup>14</sup>.

Entretanto, apesar das três abordagens propostas por Shin (1998), apenas a primeira é baseada no conceito de emissão histórica, pois a partilha se dá de forma que as emissões cumulativas *per capita* de GEE é a mesma para todos os países (igual direito de emitir GEE).

Diante de tais abordagens, o autor defende que para implementação de políticas eficientes, é essencial definir uma meta qualitativa, tal como a intensidade de emissão de CO<sub>2</sub> ou a elasticidade de emissão de CO<sub>2</sub> com relação ao PIB, sob a justificativa que uma meta qualitativa é aceitável e viável para muitos países em desenvolvimento, fornece um ponto de referência para os formuladores de política e conseqüentemente facilita a avaliação política.

Além dos autores mencionados, ainda no contexto da responsabilidade pelas emissões, Gupta e Bhandari (1999) argumentam que apesar das negociações internacionais estarem em curso para controlar a emissão de gases de efeito estufa, pouco tem sido feito em termos de compromissos e implementação. Os autores creditam que a falta de progresso se dá por uma falta de definição da partilha internacional do ônus das emissões dos GEE e para superar tal problema, é necessário desenvolver um princípio aceitável.

Assim, com o intuito de superar tal problema, Gupta e Bhandari (1999) exploram o princípio da igualdade de direitos de emissões *per capita*, adequando-os para os cortes de emissões necessários, usando a intensidade energética e a eficiência do uso de energia como ferramentas. Tal princípio é usado sob a justificativa que fornece uma base mais equitativa para a atribuição de direitos de emissão e dado que as emissões são geradas por seres humanos, o uso de um indivíduo como unidade de conta é aceitável.

---

<sup>13</sup> Baseia-se na distribuição da responsabilidade de acordo com o custo incorrido por cada um dos países. Sendo o PIB *per capita* frequentemente usado como medida de sacrifício (SHIN, 1998).

<sup>14</sup> Baseia-se em uma partilha proporcional à capacidade de cada um dos países. Uma medida da capacidade frequentemente usada é o PNB *per capita* (SHIN, 1998).

Entretanto, Munksgaard e Pedersen (2001) argumentam que as emissões de CO<sub>2</sub> por unidade de PIB per capita podem levar a conclusões errôneas quando se trabalha em um contexto com economias abertas.

Assim, a fim de alcançar políticas mais eficazes e justas, outras abordagens têm sido propostas na literatura, principalmente as que distinguem a responsabilidade do consumidor e a responsabilidade do produtor, como alternativa ao princípio da responsabilidade territorial e as que concentram na degradação do meio ambiente em geral (*e.g.* ROSE, 1990; KONDO *et al.*, 1998; EDER e NARODOSLAWSKY, 1999; MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001; FERNG, 2003; BASTIANONI *et al.*, 2004; WIEBE *et al.*, 2012).

Segundo Munksgaard e Pedersen (2001) pelo princípio contábil da produção, ou seja, pelo princípio da responsabilidade do produtor, este é responsável pelas emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da produção de energia, bens e serviços.

Cabe ressaltar que tal princípio (*i.e.* princípio da responsabilidade do produtor) é o método de contabilização das emissões do Protocolo de Quioto. Entretanto, tal como apresentado por Munksgaard e Pedersen (2001), uma desvantagem de tal princípio resume-se à falta de distinção entre exportação e consumo interno.

Assim, de forma contrária ao princípio utilizado no Protocolo de Quioto, outros conceitos têm sido propostos para assegurar a responsabilidade do consumidor de bens e serviços pelas emissões causadas durante o processo de produção (MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001; WIEDMANN *et al.*, 2007).

O princípio contábil do consumo, ou seja, pelo princípio da responsabilidade do consumidor, este é responsável pelas emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da produção de energia, bens e serviços. Desta forma, as emissões de CO<sub>2</sub> estão relacionadas ao uso de bens finais e serviços, mesmo que sejam importados de países estrangeiros (MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001).

Diante disso, as responsabilidades dos produtores e dos consumidores contemplam dois princípios contábeis extremos. Entretanto, tal como exposto por WIEDMANN *et al.* (2007) existem sugestões para quantificar as responsabilidades de forma partilhada, ou seja, alocar o impacto ambiental causado pelas emissões durante a produção de um determinado produto a todos os agentes envolvidos (*e.g.* BASTIANONI *et al.*, 2004; GALLEGO e LENZEN, 2005; RODRIGUES *et al.*, 2006).

A importância de adotar a responsabilidade partilhada, segundo Bastianoni *et al.* (2004) se dá pelo fato de que ao atribuir a responsabilidade ao consumidor, os produtores

não são diretamente motivados a reduzir as emissões de GEE. E de forma análoga, ao atribuir a responsabilidade ao produtor, os consumidores não são sensíveis com relação às responsabilidades ambientais.

Diante disso, Bastianoni *et al.* (2004) propõem que a adoção de um método em que se leva em consideração a energia incorporada, ou seja, que divide o processo produtivo em várias etapas e, para cada uma delas, um consumidor individual e produtor são definidos, seria a melhor forma de atribuir corretamente a responsabilidade pelas emissões.

A ideia por trás é supor que o consumidor é responsável de certa forma pelas emissões geradas em todas as etapas, ou seja, está no topo do processo produtivo e, portanto, corresponsável pelas emissões geradas, por exemplo, pelos produtores e fornecedores de bens e serviços. Para tal, em uma cadeia de países ou processos, desde a extração de matérias-primas para o uso final de um bem transformado, todas as emissões são contabilizadas e incorporadas ao longo do processo produtivo, ou seja, dando a ideia de um acúmulo de emissões (*i.e.* memória de emissões). E assim, seguindo o raciocínio da responsabilidade partilhada, a emissão de GEE deve ser atribuída a países ou fases do processo na proporção das emissões de GEE acumulados ao longo da cadeia, dando uma perspectiva de emissão de carbono adicionada (BASTIANONI *et al.*; 2004).

Assim, conforme Bastianoni *et al.* (2004), a abordagem de emissão de carbono adicionada permite compartilhar as responsabilidades entre todos os indivíduos interessados de maneira eficaz e mais justa, onde os consumidores são tidos como responsáveis pela maior parte das emissões, mas tem a possibilidade de escolher o produtor ideal, e os produtores estão sujeitos a uma menor responsabilidade, porém precisa e justa.

No contexto da globalização, a emissão de CO<sub>2</sub> nacional (*i.e.* direta) difere da responsabilidade de emissão de CO<sub>2</sub> nacional em termos de princípio de responsabilidade e estimativas resultantes (FERNG, 2003). E como abordado anteriormente, o regime de contabilidade atual, Protocolo de Quioto, adota o princípio da responsabilidade territorial e consequentemente o resultado obtido é uma quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> nacionais diretas (MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001; FERNG, 2003).

Assim, segundo Ferng (2003) ao fazer a partilha da responsabilidade pelas emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> entre países participantes de acordos como o Protocolo de Quioto, ou seja, que respeitam o princípio da responsabilidade territorial, podemos nos deparar com problema conhecido como *carbon leakage* (*i.e.* fuga de carbono).

Desta forma, como abordado por Ferng (2003), o sistema de contabilidade das emissões precisa incorporar outros princípios de responsabilidade e perspectivas tal como a equidade. Apesar de não haver uma definição aceita internacionalmente, a equidade tem sido sugerida como um princípio unificador para a participação global sobre a redução das emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> (*e.g.* ROSE, 1990).

Assim, com o intuito de obter êxito no contexto da redução das emissões de GEE, Ferng (2003) propõe duas perspectivas, princípio do benefício e déficit ecológico. Tais perspectivas, conforme exposto pelo autor, são importantes para compartilhar a responsabilidade de reduzir emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> do ponto de vista dos países em desenvolvimento e de economias abertas com alta exportação líquida de produtos carbono-intensivos. Além disso, a estrutura proposta pode ajudar a desencorajar os países desenvolvidos a reduzir suas emissões nacionais de CO<sub>2</sub> (*i.e.* diretas) através de aumento das importações carbono-intensivas ou pela migração da produção de produtos carbono-intensivos por meio das fronteiras nacionais (FERNG, 2003).

Os defensores do princípio do benefício argumentam que as atividades de produção e consumo são ambas responsáveis pelas excessivas emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub>. A produção alimentada pela queima de combustíveis fósseis contribui significativamente para a geração de renda nos países industrializados, e a riqueza resultante, aumenta o seu consumo, que por sua vez induz a maior expansão na produção. Como resultado, grandes quantidades de CO<sub>2</sub> são emitidas para a atmosfera, interferindo severamente no ciclo global do carbono (FERNG, 2003).

Assim, a noção de responsabilidade nacional pelas emissões de CO<sub>2</sub> desenvolvida a partir do princípio de benefício, parece ser uma base razoável para compartilhar a responsabilidade pela redução das emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> (FERNG, 2003).

A ideia por trás de tal princípio consiste que há benefícios na produção e no consumo, tal como geração de renda e aumento de padrões de vida, respectivamente, e assim a produção e o consumo devem compartilhar a responsabilidade pelas emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> em excesso (FERNG, 2003).

Desta forma, segundo Ferng (2003) ao dividir a responsabilidade pela redução das emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> de acordo com o princípio do benefício, pode ajudar a desencorajar o fenômeno *carbon leakage* (*i.e.* fuga de carbono) e ao mesmo tempo acelerar o declínio da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, pois qualquer país participante também é responsável pelo CO<sub>2</sub> emitido.

Entretanto, cabe ressaltar que Ferng (2003) defende que a partilha das responsabilidades deve ser decidida através de negociação internacional com plena consideração das diferenças nas estruturas econômicas, padrões e níveis de consumo entre os países participantes, bem como as necessidades básicas iguais em base *per capita*.

Com relação à segunda perspectiva, déficit ecológico, Ferng (2003) define que tal conceito decorre da análise da pegada ecológica, iniciada por Rees e Wackernagel no início de 1990. Segundo o autor, o déficit ecológico é utilizado como uma metáfora para transmitir três argumentos. O primeiro refere-se ao fato de que a responsabilidade de compensar déficits financeiros aplica-se também ao déficit de assimilação do meio ambiente. O segundo refere-se à autossuficiência, ou seja, de forma mais clara, refere-se ao uso da ideia de autossuficiência como critério de repartição da responsabilidade pela redução das emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub>. E o terceiro e último argumento, refere-se ao uso do déficit ecológico para enfatizar que equilibrar as fontes e sumidouros<sup>15</sup> de carbono é importante para combater o aquecimento global.

Diante dos três argumentos apresentados, algumas ressalvas são necessárias. Em termos de emissão antropogênicas de CO<sub>2</sub>, um déficit ecológico ocorre quando a quantidade de emissões ultrapassa a capacidade de sequestro de carbono<sup>16</sup> que um país pode proporcionar. Assim, um país pode reduzir os seus déficits em termos de emissão de CO<sub>2</sub> através do aumento de sumidouros de carbono, como os ecossistemas florestais ou por meio da redução das fontes de carbono pelo uso de energia renovável, sem comprometer a sua necessidade de energia (FERNG, 2003).

Entretanto, como abordado por Ferng (2003), os problemas de poluição estão além das fronteiras políticas e nacionais. Desta forma, ser autossuficiente em termos de utilização de recursos em escala local e regional não é suficiente, pois bens finais e insumos de produção geralmente podem ser obtidos através do comércio. Assim, é importante ter em mente que o comércio não pode servir como uma solução para o aquecimento global, pois pode levar a uma deficiência global na capacidade de sequestro de carbono.

Assim, se faz necessário apresentar as diferentes discussões e abordagens em torno do comércio internacional propriamente dito e a questão ambiental. Para tal, a próxima seção traz uma revisão de literatura acerca de tais questões.

---

<sup>15</sup> Reservatório natural ou artificial que acumula e armazena algum composto químico que contém carbono por um período indefinido.

<sup>16</sup> Processo pelo qual os sumidouros de carbono removem dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera.

## 2.2 Emissões e Comércio Internacional

Apesar de toda a discussão quanto às responsabilidades pelas emissões de GEE pelos diferentes princípios, apresentada na seção anterior, é importante levar em consideração o comércio internacional e toda a discussão de responsabilidade pelas emissões de GEE que o envolve. Além disso, é importante levar em consideração a literatura em torno da liberalização do comércio internacional e as consequências ambientais relacionadas.

A poluição incorporada nos fluxos de comércio torna-se necessária devido à expansão e globalização acelerada das economias mundiais, onde o uso de bens finais e insumos de produção que um país necessita não são necessariamente produzidos pelo próprio país, pois tal demanda pode ser suprida através do comércio internacional (FERNG, 2003; HOEKSTRA e JANSSEN, 2006). Assim, estudos recentes têm abordado e evidenciado que uma quantidade significativa de poluição está incorporada no comércio internacional (*e.g.* WYCKOFF e ROOP, 1994; LENZEN, 1998; MACHADO *et al.*, 2001; MURADIAN *et al.*, 2002; AHMAD e WYCKOFF, 2003; LENZEN *et al.*, 2004; dentre outros).

Além disso, como abordado por Peters e Hertwich (2004), a demanda dos consumidores é uma das causas centrais da utilização de fatores e poluentes ambientais, de forma direta e indireta. Devido ao aumento da concorrência em economias abertas, o comércio pode levar a ampliação da produção em países estrangeiros para consumo interno. Assim, segundo os autores a regulação da poluição incorporada no comércio é um problema crítico e crucial para conter os níveis de poluição global.

Desta forma, o uso de princípios de responsabilidade que não consideram o comércio internacional captam apenas as emissões nacionais de CO<sub>2</sub> diretas, apresentando assim uma mensuração diferente das emissões de CO<sub>2</sub> calculadas com base, por exemplo, no princípio do benefício (FERNG, 2003).

Entretanto, conforme Wyckoff e Roop (1994), muitas políticas controladoras são baseadas na redução das emissões domésticas de gases de efeito estufa (GEE), o que ignora, por exemplo, as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas nos fluxos de comércio internacional. Ademais, como abordado por Ferng (2003), com o aumento do comércio internacional e migração da produção para além das fronteiras nacionais, as questões ambientais relacionadas com a responsabilidade pela degradação ambiental ganham força (*e.g.* ROSE,

1990; JAYADEVAPPA e CHHATRE, 2000; MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001), e assim há uma necessidade de mudança no foco das forças motrizes por trás das atividades que emitem poluentes, onde ao invés de se concentrar exclusivamente nas emissões domésticas é preciso levar em consideração, por exemplo, o consumo.

Assim, a incorporação de CO<sub>2</sub> no comércio internacional é importante para realizar a discussão quanto à atribuição da responsabilidade pelas emissões de CO<sub>2</sub> e conseqüentemente observar qual o método mais apropriado. Com a incorporação de CO<sub>2</sub> no comércio internacional é possível discutir questões como: “Quem é responsável pela emissão de CO<sub>2</sub> quando temos a produção de bens intensivos em CO<sub>2</sub> para exportação?” “O consumidor ou produtor?” (MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001).

Ademais, considerando o comércio internacional, Antweiler (1996) introduz o conceito de poluição em termos de comércio e aborda outra questão: “Quais países ganham ou perdem em termos ambientais ao se envolver no comércio internacional?”

Por meio da construção de um número índice que mede os ganhos ambientais de um país ou perdas em termos do comércio internacional, Antweiler (1996) mostra que as exportações de países altamente industrializados parecem ser menos limpas ambientalmente do que são as suas importações, enquanto o oposto é válido para os países em desenvolvimento<sup>17</sup>.

Além disso, no contexto da atribuição da responsabilidade pelas emissões de forma partilhada, Bastianoni *et al.* (2004) advertem que o comércio internacional tem sua importância, pois é uma atividade que envolve duas partes, sendo fundamental para atribuir a responsabilidade pelas emissões de forma partilhada entre os produtores e consumidores.

Diante de tais questões e do fato que no contexto do Protocolo de Quioto apenas o princípio da responsabilidade do produtor é levado em consideração, quando nos referimos à contabilidade feita por tal protocolo, temos que as emissões incorporadas no consumo de bens e serviços importados não são atribuídas como responsabilidade do consumidor. Entretanto, em alguns países há um deslocamento da produção nacional para o exterior e uma subsequente substituição de importações, provocando impactos ambientais em outros lugares ao redor do mundo. Desta forma, é necessário que se leve em consideração as

---

<sup>17</sup> O índice faz uma distinção entre o efeito de composição do comércio e do efeito da tecnologia ambiental. Entretanto, cabe ressaltar, tal como exposto pelo autor, que a versão do índice utilizado para o exercício empírico baseia exclusivamente no efeito de composição.

emissões de gases de efeito estufa nos fluxos comerciais internacionais e conseqüentemente seja feita uma contabilidade correta (TURNER *et al.*, 2007).

Como mencionado anteriormente, diante do processo de globalização, os países desenvolvidos podem atingir as suas metas de redução de emissões através do comércio internacional e/ou pelo deslocamento da sua produção intensiva em emissões de GEE para outros países, continuando com a degradação do meio ambiente (WYCKOFF e ROOP, 1994; KONDO *et al.*, 1998; FERNG, 2003; WIEBE *et al.*, 2012).

Assim, há uma crescente preocupação com o problema da fuga do carbono (*i.e. carbon leakage*) e conseqüentemente muitos estudos têm levado em consideração a estimativa das emissões incorporadas no comércio internacional através da análise de insumo-produto (*e.g.* WYCKOFF e ROOP, 1994; SCHAEFFER e DE SÁ, 1996; MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001; MACHADO *et al.*, 2001; WIEBE *et al.*, 2012)<sup>18</sup>.

Desta forma, dentro do contexto da atribuição das responsabilidades, tem havido uma série de tentativas de desenvolver uma abordagem mais abrangente para a questão de medir o uso de recursos e geração de poluição incorporada nos fluxos de comércio, incluindo as contribuições que combinam técnicas de insumo-produto e análise de pegada ecológica - *Ecological Footprint Analysis* – (TURNER *et al.*, 2007).

Entretanto, além dessa discussão quanto as responsabilidades pelas emissões de GEE e comércio internacional, o debate por trás das questões ambientais envolve também a discussão acerca da liberalização comercial e as conseqüências ambientais relacionadas.

A economia mundial vem passando por uma contínua mudança ao longo dos anos. O tamanho da atividade econômica, população e renda per capita, por exemplo, apresentaram significativas mudanças. Além disso, a economia mundial tornou-se mais integrada, *e.g.* avanços tecnológicos nos ramos de comunicação e informação, redução de barreiras comerciais e investimento estrangeiro (NORDSTRÖM e SCOTT, 1999).

Segundo Nordström e Scott (1999) com as economias mais integradas, os custos de transações de comércio internacional reduziram substancialmente, levando a um aumento de 14 vezes no comércio desde 1950. E em paralelo, as indústrias tornaram-se mais móveis.

Entretanto, a evolução e crescimento da economia mundial pode ser acompanhada pela degradação ambiental (*e.g.* desmatamento, aquecimento global, poluição do ar, destruição da camada de ozônio).

---

<sup>18</sup> Para maiores detalhes sobre os objetivos, métodos e conclusões destes trabalhos, ver seção 2.4 (Aplicações Empíricas) do presente capítulo.

Diante desse cenário, discussões em torno do comércio internacional, os efeitos das políticas ambientais e as consequências ambientais da liberalização do comércio têm sido realizadas pela comunidade ambientalista e também pela comunidade comercial, *e.g.*, negociações sobre o Acordo de Comércio Livre da América do Norte - NAFTA<sup>19</sup> (NORDSTRÖM e SCOTT, 1999; COPELAND e TAYLOR, 2004).

A criação do NAFTA no início dos anos 1990, como abordado por Taylor (2005), colocou as empresas localizadas em países ricos e bem regulados (os Estados Unidos e Canadá) e empresas localizadas em um país menos desenvolvido e com regulamentação supostamente menos restrigente (México) em concorrência direta no mercado norte-americano.

Os críticos do acordo argumentavam que a divergência óbvia entre questões de controle dos custos ambientais nos países e o fraco desempenho ambiental na região seria uma certeza de desastre ambiental para o México, e um desastre em termos de emprego para os Estados Unidos e Canadá. Desde então, as questões ambientais têm continuado a desempenhar um papel importante nos debates sobre comércio (TAYLOR, 2005).

Além disso, segundo Copeland e Taylor (2004) o debate foi intensificado com a criação da Organização Mundial do Comércio (OMC) e as propostas para futuras rodadas de negociações comerciais.

Entretanto, o debate envolvendo o comércio e as consequências ambientais não é novo. A raiz do debate remonta ao início dos anos 1970, quando as leis ambientais nos países industrializados provocaram preocupações sobre como as diferenças nos padrões nacionais de controle da poluição pode influenciar os fluxos comerciais e as decisões de localização da indústria (BRUNNERMEIER e LEVINSON, 2004).

No entanto, o debate tem sido muitas vezes improdutivo, pois os agentes envolvidos valorizam o meio ambiente de forma diferente, por exemplo (COPELAND e TAYLOR, 2004). Como abordado por Machado *et al.* (2001), o debate envolve a possibilidade de alguns países obter ganhos ambientais ao se envolver em comércio internacional e outros perderem, de acordo com suas próprias escolhas.

Diante dessa discussão em torno de questões ambientais, tem sido possível encontrar na literatura muitos autores que abordam as consequências ambientais do crescimento econômico e comércio internacional (*e.g.* COPELAND e TAYLOR, 1994; NORDSTRÖM

---

<sup>19</sup> Sigla em língua inglesa.

e SCOTT, 1999; DASGUPTA *et al.*, 2002; COPELAND e TAYLOR, 2004; BRUNNERMEIER e LEVINSON, 2004; dentre outros).

Segundo Taylor (2005) o impacto ambiental que a liberalização do comércio pode gerar é um ponto central do debate em torno das políticas comerciais. Assim, algumas questões são levantadas: “Regras de comércio devem ser alteradas para garantir que o comércio internacional tenha um impacto ambiental favorável? Acordos comerciais e acordos ambientais multilaterais devem estar ligados, e se sim, de que forma?”

E nesse contexto, Copeland e Taylor (2004) abordam teorias e trabalhos empíricos para responder três perguntas básicas: “O que sabemos sobre a relação entre o comércio internacional, o crescimento econômico e o meio ambiente? Como essas evidências podem nos ajudar a avaliar debates políticos em curso nesta área? Para onde nós vamos a partir daqui?”

Uma primeira teoria abordada por Copeland e Taylor (2004) é conhecida como a curva de Kuznets ambiental (CKA). Segundo os autores, a literatura da CKA postula uma relação simples entre renda *per capita* e poluição. Segundo Atweiler *et al.* (2001) a principal questão por trás de tal teoria é a seguinte: "Como o crescimento econômico afeta o meio ambiente?".

A hipótese da CKA é a de que temos uma relação em forma de U invertido entre a renda *per capita* de um país (desenvolvimento econômico) e seu nível de qualidade ambiental (níveis de poluição), *i.e.*, aumento da renda está associado a um aumento da poluição em estágios iniciais do desenvolvimento econômico e a um declínio da poluição em estágios mais avançados (NORDSTRÖM e SCOTT, 1999; DASGUPTA *et al.*, 2002; COPELAND e TAYLOR, 2004).

Segundo Dasgupta *et al.* (2002), na primeira etapa de industrialização, a poluição cresce rapidamente, porque as pessoas estão mais interessadas em emprego e renda do que em qualidade ambiental, as comunidades são pobres para arcar com o custo da redução da poluição e a regulamentação ambiental é fraca.

Entretanto o equilíbrio se desloca com o aumento da renda, onde os principais setores industriais tornam-se mais limpos, as pessoas passam a valorizar mais o meio ambiente, sendo possível ver uma regulamentação maior e mais eficaz. Assim, ao longo da CKA, os

níveis de poluição estabilizam no alcance de uma renda média e depois cai em direção a níveis pré-industriais em sociedades ricas<sup>20</sup> (DASGUPTA *et al.*, 2002).

Entretanto, os autores afirmam que o modelo de curva de Kuznets ambiental provocou reações conflitantes de pesquisadores e formuladores de políticas, sendo possível ver pelo menos quatro diferentes abordagens.

A primeira abordagem, utilizada em econometria aplicada (*i.e. cross-section* para países ou regiões), tem aceitado os princípios básicos do modelo e suas regressões têm sugerido um aumento da poluição (*e.g.* do ar e da água) com o desenvolvimento econômico até que a renda *per capita* atinja uma determinada faixa de renda, US\$ 5000 a US\$ 8000. E quando a renda aumenta e atinge esse nível, a poluição começa a diminuir, como mostrado na Figura 1, linha "CKA Convencional" (DASGUPTA *et al.* 2002).

De forma contrária, segundo os autores, inúmeros críticos têm desafiado a curva de Kuznets ambiental convencional, tanto em termos de representação do que acontece no processo de desenvolvimento, como em termos de política. Em uma segunda abordagem, alguns críticos pessimistas argumentam que a curva sobe para uma linha horizontal com níveis máximos de poluição, pois a globalização promove uma “corrida para o fundo<sup>21</sup>” das normas ambientais<sup>22</sup> (linha “corrida para o fundo” na Figura 1).

Além disso, uma corrente ainda mais pessimista afirma que mesmo que determinados poluentes sejam reduzidos com o aumento da renda, sociedades industriais criam continuamente novos poluentes, não regulamentados e potencialmente tóxicos. Assim, os riscos ambientais globais desses novos poluentes continuam a crescer mesmo que algumas das fontes de poluição sejam reduzidas, linha "Novos Tóxicos" na Figura 1 (DASGUPTA *et al.* 2002).

Entretanto, Dasgupta *et al.* (2002) argumentam que apesar de ambas as escolas pessimistas apresentarem argumentos plausíveis, não há avanços com pesquisa empírica. Em contraste, trabalhos empíricos promoveram uma crítica otimista da curva de Kuznets ambiental convencional.

---

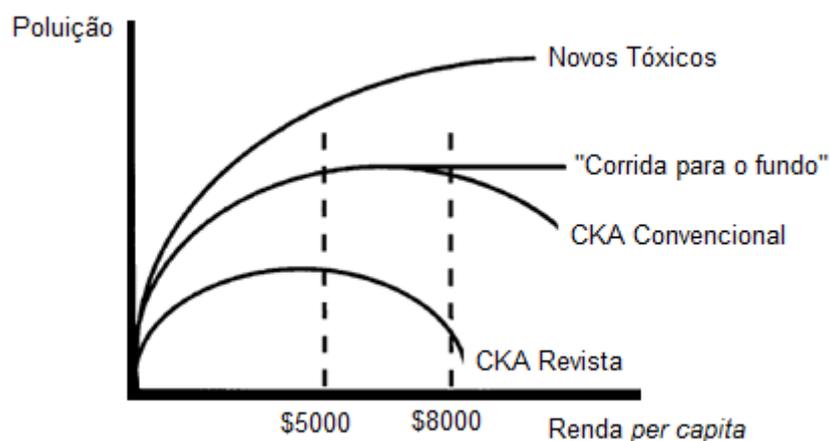
<sup>20</sup> Segundo Dasgupta *et al.* (2002), nos países em desenvolvimento, alguns políticos têm interpretado tais resultados como transmitir uma mensagem sobre prioridades: crescer em primeiro lugar, em seguida, limpar.

<sup>21</sup> Do original em inglês “*race to the bottom*”.

<sup>22</sup> Nesse contexto, “corrida para o fundo” consiste em uma competição por mercados e recursos que leva a uma degradação ambiental generalizada.

Segundo os autores, os novos resultados sugerem que o crescimento gera menos poluição nos estágios iniciais de industrialização e a poluição começa a cair com níveis de renda mais baixos, como ilustrado pela linha "CKA revista" na Figura 1.

Figura 1– Curva de Kuznets Ambiental: Diferentes Cenários



Fonte: Adaptado de Dasgupta *et al.* (2002).

Além das diferentes abordagens da curva de Kuznets apresentadas por Dasgupta *et al.* (2002), outros autores abordam os diferentes resultados em torno da CKA, como, por exemplo, Chimeli e Braden (2005) e Chimeli (2007).

Segundo Chimeli e Braden (2005), há vários estudos empíricos que suportam a hipótese da curva de Kuznets ambiental (CKA) para alguns poluentes. Entretanto, os autores afirmam que muitos dos estudos negligenciam o papel das características específicas de cada país, ignorando possíveis problemas econométricos e introduzindo equívocos políticos.

Por exemplo, os autores afirmam que as diferenças na produtividade total dos fatores são responsáveis por grande parte da variação da renda em todos os países, e consequentemente são importantes para questão da qualidade ambiental. Assim, Chimeli e Braden (2005) desenvolvem um modelo teórico para investigar como as diferenças na produtividade total dos fatores afetam a qualidade ambiental em diferentes países.

Como conclusão, os autores afirmam que uma resposta em forma de U da qualidade ambiental à variação na produtividade total dos fatores depende da curvatura da função de utilidade no que diz respeito ao consumo relativo à curvatura da função de proteção do meio ambiente, e da elasticidade do consumo e proteção ambiental no que diz respeito a

produtividade total dos fatores. Evidências, segundo os autores de que ao utilizar dados em painel, ignorando as características específicas de cada país provavelmente correlacionados com a produtividade total dos fatores e renda, podem produzir estimativas tendenciosas e, por fim, de que o crescimento econômico não implica, necessariamente, em eventuais melhorias ambientais.

Seguindo o modelo proposto inicialmente por Chimeli e Braden (2005), Chimeli (2007) oferece uma explicação teórica para os resultados contraditórios entre estudos de séries temporais e longitudinais. Segundo o autor, os estudos com séries temporais têm apresentado evidências de uma curva de Kuznets ambiental (CKA), enquanto que os estudos longitudinais não têm produzido estimativas robustas em prol da hipótese da CKA. Além disso, o autor expõe que alguns estudos têm rejeitado a suposição de que os coeficientes de inclinação são iguais para todos os países e sugerem a existência de variáveis altamente correlacionadas que variam de país para país e que são omitidas nos estudos em torno da CKA.

Assim, de forma mais específica, a explicação teórica para os resultados contraditórios dada por Chimeli (2007) é baseada em um modelo que concilia as evidências contraditórias em torno das duas abordagens. Além da heterogeneidade das condições iniciais para o capital e para o ambiente, o autor também concentra nas diferenças entre países com base em produtividade total dos fatores heterogêneas, eficiência dos gastos em proteção ambiental e intensidade de poluição do capital. Diante das evidências teóricas, o autor conclui que os estudos empíricos em torno da relação entre o meio ambiente e renda com base em informações mais refinadas sobre esses parâmetros podem ser um caminho promissor para as pesquisas futuras.

Apesar de toda a discussão, críticas e diferentes abordagens propostas, Copeland e Taylor (2004) expõem duas contribuições da literatura em torno da curva de Kuznets ambiental. Uma primeira, de que a literatura levantou questões empíricas sobre como o comércio e o crescimento afetam o meio ambiente. E uma segunda de que apresentou provas convincentes de que há um efeito de renda que aumenta a qualidade ambiental.

Entretanto, apesar da relação e relevância entre o crescimento da renda e o meio ambiente, Copeland e Taylor (2004) abordam o fato de que o comércio pode alterar os resultados ambientais por meio de uma variedade de outros canais, como por exemplo com o deslocamento de indústrias intensivas em poluição provenientes de países com rigorosas políticas ambientais para aqueles com políticas menos rigorosas.

Segundo Atweiler *et al.* (2001), esse ramo da literatura busca examinar a relação entre os custos de redução da poluição e os fluxos comerciais e buscam responder a seguinte pergunta: "Como que as regulamentações ambientais afetam os fluxos de comércio? ".

Entretanto, segundo Copeland e Taylor (2004), a literatura nem sempre foi clara sobre a hipótese a ser testada. Como abordado por Brunnermeier e Levinson (2004), diante de uma grande variedade de concepções envolvendo o debate entre comércio e questões ambientais, existe um vasto leque de preocupações. No entanto, Copeland e Taylor (2004) mostram que grande parte da atenção tem sido dirigida para três hipóteses do efeito da regulação da poluição sobre os fluxos comerciais.

A primeira hipótese é a de que uma forte regulação da poluição apresenta efeitos sobre as decisões de localização das plantas e dos fluxos comerciais. A ideia por trás de tal hipótese, conhecida como "*pollution haven effect*", é a de que mantendo todo o resto constante, um enfraquecimento da política ambiental muda a curva de oferta relativa ao exterior, levando a uma tendência de aumento das exportações líquidas de "bens sujos" (COPELAND e TAYLOR, 2004). De forma semelhante, como exposto por Taylor (2005), a "*pollution haven effect*" surge quando um endurecimento da legislação ambiental impede ou estimula as exportações (importações) de "bens sujos".

Por outro lado, a segunda hipótese, denominada como "*pollution haven hypothesis*", segundo Copeland e Taylor (2004) e Taylor (2005) é uma versão mais forte da primeira, pois de acordo com tal hipótese, uma redução das barreiras comerciais levará a um deslocamento da indústria intensiva em poluição dos países com rigorosas normas para países com normas mais fracas, *i.e.*, uma abertura comercial leva à deslocamento da produção de "bens sujos" de países com regulamentação rígida (o Norte) para os países com regulação fraca (o Sul).

Assim, dada a definição das duas primeiras hipóteses é importante observar que a existência de uma "*pollution haven effect*" é normalmente necessária, mas não suficiente para assegurar uma "*pollution haven hypothesis*", pois a evidência indireta da "*pollution haven hypothesis*" pode ser fornecida a partir de outras fontes, além da regulação da poluição (COPELAND e TAYLOR, 2004; TAYLOR, 2005).

Além disso, segundo Copeland e Taylor (2004) um corolário frequentemente mencionado com a segunda hipótese é que a "*pollution-haven-driven trade*" aumenta a poluição nos países em desenvolvimento e por outro lado diminui no mundo desenvolvido<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> Segundo Copeland e Taylor (2004), em muitas versões desta hipótese, os países com a política ambiental fraca também são países de baixa renda.

E por fim, uma terceira hipótese e principal alternativa para as duas primeiras aborda que a direção do comércio de “bens sujos” é deliberada principalmente por determinantes convencionais da vantagem comparativa do fator dotação inicial e por diferenças de tecnologia (COPELAND e TAYLOR, 2004).

Entretanto, apesar de recentes debates sobre comércio e políticas ambientais abordarem que o rigor regulatório em países desenvolvidos leva a um refúgio das indústrias poluentes para os países em desenvolvimento, esse efeito tem sido empiricamente difícil de demonstrar (LEVINSON e TAYLOR, 2008).

Diante do debate envolvendo a liberalização comercial e meio ambiente, Copeland e Taylor (2004) atentam para uma distinção entre comércio e crescimento. Para os autores, a liberalização do comércio muda os preços relativos dos bens dado o aumento da concorrência estrangeira, enquanto o crescimento aumenta a renda ou melhora a tecnologia dado os preços externos.

Em termos de efeito, Copeland e Taylor (2004) abordam que não há razão para esperar que o comércio tenha o mesmo efeito em todos os países, pois o efeito da liberalização do comércio sobre o meio ambiente depende de vantagem comparativa de um país, que por sua vez depende das características do país. Além disso, os efeitos do comércio sobre o meio ambiente dependem da política ambiental, *i.e.*, se a política ambiental é rígida ou sensível às mudanças trazidas pelo comércio.

Segundo Antweiler *et al.* (2001), uma crítica a abordagem envolvendo política ambiental, é que apesar de serem bem-sucedidas em prever padrões de comércio em um mundo onde a política é fixa, seus resultados podem levar a conclusões errôneas em um mundo onde a proteção ambiental responde de forma endógena às novas condições.

Entretanto, a questão da política ambiental envolve outras considerações. Copeland e Taylor (2004) expõem duas preocupações, uma primeira que envolve o uso da política ambiental como um substituto para a política comercial, *i.e.*, os efeitos da política ambiental sobre a competitividade, e uma segunda preocupação que abrange o uso da política comercial para atingir os objetivos ambientais.

A primeira, envolvida com o debate em torno da "corrida para o fundo", surge devido ao fato de que a liberalização do comércio pode colocar pressões para que os governos enfraqueçam suas políticas ambientais com o intuito de proteger as empresas da maior concorrência estrangeira, *i.e.*, o comércio mais livre pode prejudicar o meio ambiente por causa de um enfraquecimento endógeno da política ambiental (COPELAND e TAYLOR,

2004). O que corrobora com a abordagem apresentada por Nordström e Scott (1999) de que uma "corrida para o fundo" pode surgir em meio a um processo político tendencioso (*e.g.* se o *lobby* industrial tem a vantagem sobre o *lobby* verde).

Por outro lado, segundo Copeland e Taylor (2004) a segunda preocupação (*i.e.* política comercial utilizada para atingir os objetivos ambientais) aparece em dois contextos. Em um primeiro, onde devido a uma preocupação com o fato de que o comércio pode aumentar a poluição, restrições ao comércio podem ser utilizadas para reduzir a poluição. E em um segundo contexto, referente ao fato de que os formuladores de política de um país podem desejar alcançar seus objetivos ambientais através da poluição em outros países.

Entretanto além dessas preocupações, Chichilnisky (1994) argumenta que para desenvolver políticas ambientais adequadas é preciso entender a conexão entre os mercados e o meio ambiente. Diante desse contexto a autora levanta algumas questões: “Por que os países em desenvolvimento tendem a se especializar na produção e na exportação de bens que esgotam os recursos ambientais como as florestas tropicais? Eles têm uma vantagem comparativa em “indústrias sujas”, e em caso afirmativo, a eficiência dita que essa vantagem deva ser explorada? É possível proteger os recursos naturais sem interferir no livre mercado? As políticas de comércio baseadas em tradicionais vantagens comparativas são compatíveis com a preservação ambiental?”

Além dessas questões, um outro ponto é abordado por Chichilnisky (1994) quando se discute comércio e meio ambiente: “Como os direitos de propriedade afetam o comércio?”

Segundo a autora, as diferenças nos regimes de direitos de propriedade para os recursos ambientais podem ser responsáveis por alguns aspectos intrigantes dos padrões de comércio entre o Norte e o Sul.

Cabe ressaltar, segundo Chichilnisky (1994), que o ambiente global tem tratado da questão Norte-Sul, devido a uma preocupação generalizada sobre os problemas internacionais relacionados com o meio ambiente (*e.g.* a chuva ácida, o aquecimento global, a biodiversidade e a preservação das florestas tropicais remanescentes do mundo). E conseqüentemente, tem havido uma preocupação em vincular política ambiental com questões econômicas de interesse dos países industrializados e em desenvolvimento (*e.g.* transferência de tecnologia).

Assim, os problemas que envolvem os regimes de direitos de propriedade, surgem quando as sociedades que estão em transição da economia agrícola para a industrial comercializam com sociedades já industrializadas.

Segundo Nordström e Scott (1999), direitos de propriedade indefinidos sobre os recursos naturais podem levar muitas das vezes a uma exploração em excesso, fenômeno conhecido como a "tragédia dos comuns". Além disso, segundo Chichilnisky (1994) a exploração em excesso de "bens públicos" emerge de situações não-cooperativas, ou por casos de "*free riders*".

A principal fonte do uso ambiental em excesso são os recursos ambientais de baixo custo, e tal fato não ocorre apenas porque os moradores de uma determinada região usam demais os seus recursos, mas devido as exportações desses recursos para um mercado internacional rico a preços abaixo dos custos sociais (CHICHILNISKY, 1994).

E diante desse contexto, segundo Chichilnisky (1994) a questão ambiental global está intimamente ligada com o comércio Norte-Sul, pois o Sul produz em excesso e o Norte consome em excesso. Desta forma o mercado internacional transmite e amplia as externalidades do uso em excesso dos "bens públicos" globais. E de acordo com a autora, nenhuma política que ignora esta conexão pode funcionar.

Dessa forma, segundo Chichilnisky (1994) o principal argumento a favor das políticas de direitos de propriedade é que uma vez que estes tenham sido implementados, não é necessária uma intervenção no mercado.

Ainda no contexto de bens públicos e falhas de mercado em decorrência de direitos de propriedade mal definidos, bem como discurso de coordenação internacional de políticas públicas, Copeland e Taylor (2005) expõem que a participação global é essencial para redução das emissões de gases de efeito estufa, pois sem ela, espera-se que qualquer acordo seja prejudicado pelo problema do "*free rider*", *i.e.*, países fora do acordo tendem a aumentar suas emissões em resposta aos cortes dos outros.

Segundo Copeland e Taylor (2005) a fuga de carbono ocorre quando os países não-participantes de acordos pró redução das emissões aumentam a sua produção de "bens sujos" e conseqüentemente suas emissões, em resposta a efeitos de preços criados em outros lugares.

Assim, com o comércio internacional (*i.e.* economias abertas), cortes de emissões unilaterais podem levar a dois problemas, "*free rider*" e a fuga de carbono, que combinados elevam as emissões em outros lugares. Segundo Copeland e Taylor (2005), a fuga de carbono pode compensar 25% do corte original de emissões.

Assim, diante de toda a discussão envolvendo comércio internacional, crescimento e questões ambientais, Dasgupta *et al.* (2002) argumentam que em termos de regulamentação

e eficiência, se a renda *per capita* e qualidade ambiental estão aumentando em conjunto (hipótese da CKA convencional), os países em desenvolvimento necessitam de adotar medidas eficazes de regulação.

Além disso, os autores abordam a importância de desenvolver e disseminar informações sobre a qualidade ambiental e as fontes de poluição, pois para os mesmos a comunidade internacional pode desempenhar um papel importante no controle da qualidade ambiental, por meio de formação adequada e reformas políticas, por exemplo.

E nesse contexto, para Nordström e Scott (1999) o comércio pode desempenhar um papel positivo, por meio de difusão de tecnologias em favor do meio ambiente, o que segundo os autores requer o rompimento de barreiras comerciais em tecnologias modernas e fornecedoras de serviços ambientais. Além disso, por meio das rodadas de negociações de liberalização comercial, questões envolvendo políticas que prejudicam o meio ambiente podem ser discutidas, como alguns subsídios, por exemplo.

Assim, é importante pensar em políticas ambientais dentro de um contexto onde a economia mundial está cada vez mais integrada.

### **2.3 Pegada Ecológica e Insumo-Produto**

Com o desenvolvimento de abordagens que utilizam a combinação de técnicas de pegada ecológica e insumo-produto, é importante ter em mente o que cada uma delas pode nos proporcionar em termos de emissões e comércio internacional e conseqüentemente representar um avanço para o problema de emissões de gases de efeito estufa.

Segundo Wiedmann e Lenzen (2007) inicialmente desenvolvida e descrita por Rees e Wackernagel<sup>24</sup>, a pegada ecológica é uma estimativa da proporção da produtividade biológica e capacidade de assimilação efetivamente apropriada pelo consumo de uma determinada população ou a atividade ao longo de um determinado período de tempo. De forma mais específica, como abordado por Ferng (2003), apresenta-se como uma metáfora para enfatizar que a degradação ambiental ocorre quando a quantidade de emissões de GEE é maior que a capacidade de assimilação do meio ambiente.

---

<sup>24</sup> Para maiores detalhes ver REES (1992); REES e WACKERNAGEL (1994); WACKERNAGEL e REES (1996).

Para Turner *et al.* (2007), pegada ecológica mede a demanda humana sobre bioprodutividade, avaliando a quantidade de terra biologicamente produtiva e área marítima necessária para manter o consumo de uma determinada população humana.

De forma geral, a análise da pegada ecológica estima os recursos que são usados, ou seja, necessários para sustentar o consumo, a produção, ou outros tipos de atividade. E expressa esses requisitos usando unidades de área (WACKERNAGEL e REES, 1996; FERNG, 2003).

O pressuposto por trás disso corresponde ao fato de que todos os indivíduos, cidades ou países impactam a Terra, pois consomem os produtos e serviços da natureza. Assim, Wackernagel *et al.* (1999) descrevem que o impacto ecológico corresponde à quantidade de natureza que ocupam para viver. Denominado assim como capital natural, esse é a quantidade que os indivíduos precisam e usam da natureza para se sustentar e, conseqüentemente, quando mensuráveis são denominados de pegadas ecológicas.

Desta forma, a pegada ecológica representa de certa forma, segundo Wackernagel *et al.* (1999), o capital natural requerido por uma economia ou população em termos de áreas biologicamente produtivas e, conseqüentemente, as pessoas competem por tal espaço.

Ademais, segundo Wiedmann e Lenzen (2007) o indicador de pegada ecológica é uma técnica utilizada para informar diferentes públicos sobre o desenvolvimento sustentável e é frequentemente retratado como uma ferramenta educacional. Para Wiedmann *et al.* (2007), a pegada ecológica é um indicador que tenta capturar a demanda da humanidade por recursos naturais, seguindo o princípio denominado de responsabilidade do consumidor.

No que se refere às Contas Nacionais da Pegada (*National Footprint Accounts - NFA*) estas são geradas anualmente pela Rede Global da Pegada Ecológica (*Global Footprint Network*) tendo como abrangência a maioria dos países do mundo (GFN, 2005; WWF, 2006). Além disso, dado que segue o princípio da responsabilidade do consumidor<sup>25</sup>, a pegada ecológica associada a produtos importados é adicionada à conta dos consumidores (TURNER *et al.*, 2007).

Entretanto, apesar da técnica de pegada ecológica levar em consideração a responsabilidade do consumidor e de todo fundamento envolvido, Turner *et al.* (2007) argumentam que o conceito de pegada ecológica capta os impactos incorporados no comércio apenas de uma forma rudimentar.

---

<sup>25</sup> Cabe ressaltar que o princípio da responsabilidade do consumidor é um termo introduzido no contexto das discussões sobre a contabilidade de gases de efeito estufa (TURNER *et al.*, 2007).

A técnica de Pegada Ecológica é prática para calcular o consumo de recursos, entretanto há deficiências fundamentais na metodologia. De modo mais geral, Turner *et al.* (2007) argumentam que as cadeias comerciais não são identificadas, e assim nenhuma distinção pode ser feita de onde ou como os produtos importados são produzidos. Desta forma, não é possível captar a intensidade da pegada ecológica incorporada de forma direta e indireta nos fluxos comerciais de bens e serviços (TURNER *et al.*, 2007).

Assim, Wiedmann *et al.* (2007) sugerem que as pegadas ecológicas deveriam ser estimadas baseadas em um modelo de insumo-produto multi-regional (MRIO - *Multi-Region Input-Output*). Os autores argumentam que o método é mais apropriado e preciso para alocar a poluição total e recursos de uso embutidos nas commodities negociadas, dado o princípio de responsabilidade escolhido.

A análise de insumo-produto é baseada em torno de um conjunto de contas econômicas desagregadas setorialmente, tendo como principal função a quantificação da interdependência de diferentes atividades dentro da economia (LEONTIEF, 1970; TURNER *et al.* 2007; MILLER e BLAIR, 2009). E como exposto por Turner *et al.* (2007), as matrizes de insumo-produto são geralmente construídas em unidades monetárias para fins contábeis nacionais, no entanto, Leontief (1970) faz uma exposição ambiental inicial utilizando unidades físicas.

Diante do crescente número de estudos, Turner *et al.* (2007) descrevem a combinação do uso de técnicas de insumo-produto e análise de pegada ecológica, defendendo que a adoção de uma abordagem multi-regional de insumo-produto é o método mais adequado para calcular as pegadas ecológicas. Entretanto, esse artigo é apenas a primeira parte de um trabalho elaborado pelos autores. Na segunda parte, Wiedmann *et al.* (2007) apresentam uma revisão da literatura sobre os recentes desenvolvimentos metodológicos e empíricos, ou seja, revisam as aplicações de insumo-produto existentes para estimar os impactos ambientais incorporados no comércio.

Entretanto, uma ressalva quanto ao uso dos modelos de insumo-produto para calcular as pegadas ecológicas consiste no fato de que a assimilação por parte do meio ambiente não é levada em consideração (*i.e.* sumidouros de carbono, *e.g.* oceano).

Quanto à questão energética, tal como os custos de energia dos produtos, a energia incorporada ou intensidade energética, são questões constantemente discutidas, conforme Ferng (2003), a partir da escassez de petróleo que afetou significativamente a economia mundial.

Segundo Ferng (2003) o método de insumo-produto é apropriado para abordar as questões envolvendo energia, pois apresentam uma estrutura e capacidade de incorporação dos fluxos de energia associado aos fluxos de mercadorias.

Desta forma, é possível observar que nos últimos anos, modelos mais sofisticados e elaborados têm sido utilizados com base em estatísticas ambientais incorporadas no comércio por meio do uso do modelo de insumo-produto multi-regional.

Cabe ressaltar que o uso de modelos multi-regionais, ou seja, modelos que ligam de forma multilateral as tabelas de insumo-produto de várias regiões, são importantes para evitar problemas e limitações, tal como a exposta por Wyckoff e Roop (1994), onde a análise dos autores não levava em conta o fato de que a incorporação de carbono na importação de alguns países não deveria ser totalmente contabilizada como uma adição líquida de emissões do país importador, pois é possível que uma parte do carbono incorporado em um bem já tenha sido atribuída ao país importador, na forma de exportações.

Assim, tal fato corrobora com a discussão apresentada por Wiedmann *et al.* (2007), que atribuem o uso de modelos mais sofisticados e elaborados às melhorias na disponibilidade de dados e na qualidade dos mesmos.

Entretanto, apesar do surgimento de modelos mais sofisticados, segundo Wiedmann *et al.* (2007), ainda há uma ausência de como proceder de forma ideal com o cálculo das pegadas ecológicas a partir do uso de modelos de insumo-produto multi-regional.

Como consequência, tal como exposto anteriormente, uma ampla discussão sobre a repartição das emissões de gases de efeito estufa é realizado na literatura (*e.g.* WYCKOFF e ROOP, 1994; MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001; FERNG, 2003; BASTIANONI *et al.*, 2004; SÁNCHEZ-CHÓLIZ e DUARTE, 2004; HOEKSTRA e JANSSEN, 2006). Em paralelo a esta discussão, há o desenvolvimento de modelos que são capazes de explicar a poluição incorporada no comércio (WIEDMANN *et al.*, 2007).

Assim, em termos de discussões envolvendo emissões de GEE, a estimativa das emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> nos estágios de produção e consumo vem cada vez mais se destacando e a análise de insumo-produto tem-se mostrado como um importante e apropriado método (*e.g.* PROOPS, 1988; MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001; HOEKSTRA e JANSSEN, 2006).

## 2.4 Aplicações Empíricas

Em termos de aplicação, com relação ao uso de modelos de insumo-produto, como exposto por Wyckoff e Roop (1994), uma advertência deve ser feita. A análise não aborda a questão do que aconteceria no futuro, por exemplo, para estudos que envolvem a redução de emissões de GEE, a análise não aborda o que aconteceria se as políticas de redução de emissão de carbono fossem adotadas, de forma contrária, examina os acontecimentos passados. Apesar disso, o uso de modelos de insumo-produto apresenta vantagens relativas por estimar o que aconteceu no passado próximo com a maior desagregação setorial possível, de modo a proporcionar uma base relativamente detalhada e extensa para julgar se deve ou não considerar o carbono incorporado no comércio internacional como um fator relevante nas discussões de políticas de redução de emissões (WYCKOFF e ROOP,1994).

Diante de tais considerações, algumas aplicações, como a feita pelos próprios autores (*i.e.* Wyckoff e Roop,1994) contribuem para o entendimento e desenvolvimento de modelos que são capazes de explicar a poluição incorporada no comércio.

Com auxílio das matrizes de insumo-produto e, conseqüentemente, captando as emissões de carbono em termos setoriais, associados de forma direta e indireta<sup>26</sup> com a produção, Wyckoff e Roop (1994) estimam a quantidade de carbono incorporado nas importações de produtos manufaturados para os seis maiores países da OCDE (Canadá, França, Alemanha, Japão, Reino Unido e Estados Unidos), com o intuito de determinar se a importação de produtos intensivos em carbono é um problema que deve ser considerado nas atuais propostas de redução das emissões de gases de efeito estufa.

Conforme Wyckoff e Roop (1994), a ideia por trás de tal estudo é a de que o nível de emissões de um país pode ser artificialmente baixo, pois quantidades significativas de carbono podem estar incorporadas na importação de produtos. Ademais, os autores argumentam que isso não seria um problema no que tange à contabilização das emissões se as importações de um país têm como origem países que são participantes dos mesmos

---

<sup>26</sup> O uso de insumo-produto torna possível explicar e atribuir as emissões associadas aos insumos para a indústria, ou seja, atribuir de forma correta onde as emissões foram geradas. Como ilustração disso, Wyckoff e Roop (1994) apresentam o seguinte exemplo: as emissões de carbono podem ser geradas no processo de fabricação de um automóvel (diretamente), bem como na produção de outros produtos (indiretamente), tal como o aço, que é usado como insumo para a fabricação de automóveis.

acordos de redução de emissões, mas no caso em que as importações são provenientes de países não participantes, tais emissões não seriam contabilizadas.

Nesse contexto, Ferng (2003) destaca que a adoção de uma responsabilidade pela poluição com base em um princípio inadequado, pode levar a resultados não desejados, ou seja, em vez de uma redução da poluição, pode levar a uma maior degradação.

Assim, países podem obter ganhos econômicos e políticos com a adoção de estratégias que mantêm as emissões de CO<sub>2</sub> em patamares baixos através da importação de países não participantes de acordos pro-redução, levando a uma redução artificial, onde se pode ter um aumento em vez de diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> em uma escala global. Como mencionado anteriormente, fenômeno denominado de *carbon leakage* (WYCKOFF e ROOP, 1994; SCHAEFFER e DE SÁ, 1996).

Com um modelo similar ao utilizado por Wyckoff e Roop (1994), *i.e.* matrizes de insumo-produto, Schaeffer e De Sá (1996) estimam a quantidade de energia e de carbono incorporada nas exportações e importações não-energéticas do Brasil para o período 1970-1993. O objetivo segundo os autores é determinar se o comércio internacional de produtos intensivos em carbono é um problema ou não para o país.

Como resultado, Schaeffer e De Sá (1996) mostram que as estimativas de carbono incorporadas nas exportações, a partir de 1980, foram consideravelmente maiores do que as incorporadas nas importações. Diante de tais resultados, os autores discutem a importância de futuras políticas energéticas e de emissões do Brasil.

Com o intuito de analisar de forma mais detalhada a estrutura de emissão de CO<sub>2</sub> japonesa, Kondo *et al.* (1998) afirmam que as importações para satisfazer as demandas internas e as exportações japonesa para satisfazer as demandas externas devem ser incluídas na análise. Para tal, os autores utilizam tabelas de insumo-produto para os anos de 1975, 1980, 1985 e 1990 para estimarem as quantidades de CO<sub>2</sub> incorporadas nas importações e exportações do Japão.

Além disso, baseado no princípio do benefício, Kondo *et al.* (1998) atribuem um novo conceito de emissão de CO<sub>2</sub> para cada país e concluem que tal indicador é mais razoável do que os indicadores que levam em consideração apenas as emissões de CO<sub>2</sub> nacionais diretas.

Muradian *et al.* (2002) desenvolvem indicadores de "deslocamento de carga ambiental", *i.e.*, desenvolve a noção de "memória ambiental" dos fluxos físicos. Para tal, os

autores estimam a poluição incorporada no comércio de 18 países industrializados, com o “restante do mundo” e países em desenvolvimento, para os anos de 1976 a 1994.

Diante dos indicadores, Muradian *et al.* (2002) mostram que na década de 1990 o mundo industrializado teve um déficit ecológico, no sentido de que as emissões incorporadas nas importações foram maiores do que as emissões incorporadas nas exportações. Além disso, os autores mostram a existência de uma relação positiva entre emissões incorporadas nas importações e a maturidade econômica de uma nação. Segundo os autores, tal evidência oferece atraentes perspectivas para reavaliar a hipótese da curva ambiental de Kuznets (*i.e.* intensidade de poluição diminui com o aumento da renda per capita).

Os autores também verificam que a Europa, o Japão e os Estados Unidos diferem em termos ambientais de comércio com os países em desenvolvimento. No período de análise, as emissões americanas incorporadas nas exportações para os países em desenvolvimento têm aumentado mais do que as emissões americanas incorporadas nas importações dos mesmos países, enquanto que o contrário é válido para o Japão e Europa.

As importações totais do Japão, Estados Unidos e Europa Ocidental provocaram, segundo os autores, maiores emissões de poluentes atmosféricos do que as exportações locais. Diante dos resultados, os autores afirmam que não existe um único padrão para descrever a evolução dos termos ambientais de comércio entre áreas industrializadas e em desenvolvimento.

Além disso, como conclusão geral, Muradian *et al.* (2002) observam que o balanço de emissões incorporadas no comércio parece seguir uma forma de *U* invertido ao longo do tempo no Japão e na Europa Ocidental, e uma forma *N* nos Estados Unidos.

Ainda no contexto em torno do comércio internacional, Sánchez-Chóliz e Duarte (2004) argumentam que um importante fator de desenvolvimento econômico é a abertura das economias, pois as relações comerciais de um país com os outros são importantes determinantes de sua evolução econômica.

Assim, Sánchez-Chóliz e Duarte (2004) abordam os efeitos que as relações internacionais têm sobre a situação ambiental de um país (Espanha) e que parte da poluição é gerada por suas próprias necessidades e por exigências externas. Para investigar as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no comércio internacional espanhol os autores utilizam do método de insumo-produto e o conceito de integração vertical.

O modelo de insumo-produto é utilizado pelos autores para captar quais setores são altamente poluentes e quais setores estão evitando parte da poluição por meio da importação.

Além disso, o modelo é usado para captar como as mudanças nos padrões do comércio afetam os níveis de poluição. Assim, os autores utilizam do modelo de insumo-produto para mapear o fluxo de poluição entre a economia espanhola e o “restante do mundo”, oferecendo de forma geral o papel desempenhado pelas relações comerciais espanholas (exportação e importação) nas emissões de CO<sub>2</sub> (SÁNCHEZ-CHÓLIZ e DUARTE, 2004).

Os resultados e conclusões, expostos por Sánchez-Chóliz e Duarte (2004), ilustram a importância de se mensurar as emissões incorporadas no comércio internacional, pois é possível observar, por exemplo, que a Espanha além de contribuir com as emissões incorporadas no seu processo produtivo, “importa” grandes quantidades de emissões em produtos acabados, *i.e.*, para satisfazer o seu consumo.

No contexto das discussões acerca da contabilidade dos GEE e da atribuição das responsabilidades, Munksgaard e Pedersen (2001) abordam a seguinte questão: “Quem é responsável pela emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera - o consumidor ou o produtor?”.

Para abordar essa questão do princípio da responsabilidade do consumidor e o princípio da responsabilidade do produtor, Munksgaard e Pedersen (2001) trabalham com a contabilização das emissões nacionais de CO<sub>2</sub> em economias abertas, ou seja, consideram a incorporação de CO<sub>2</sub> no comércio internacional.

De forma mais específica, Munksgaard e Pedersen (2001) desenvolveram dois modelos para o cálculo das emissões nacionais de CO<sub>2</sub>, um que considera a abordagem da produção e outro que considera a do consumo. O modelo voltado para a contabilidade da produção considera as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da produção nacional, incluindo a produção para exportação, enquanto que o modelo voltado para a contabilidade do consumo considera as emissões de CO<sub>2</sub> causadas pelo consumo interno, incluindo as emissões nos países que produzem os produtos importados. Diante dos modelos, os autores desenvolvem o conceito de balança comercial de CO<sub>2</sub>.

Como exercício empírico Munksgaard e Pedersen (2001) mostram que a Dinamarca apresenta uma quantidade significativa de CO<sub>2</sub> incorporada no comércio exterior. Diante disso, os autores sugerem que o conceito de uma balança comercial de CO<sub>2</sub> poderia ter implicações para futuras negociações sobre estratégias de redução de CO<sub>2</sub>, *i.e.*, uma metodologia para avaliar gases de efeito estufa incorporadas no comércio internacional.

Além dos autores citados, diante do objetivo de ampliar a participação na redução das emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub>, Ferng (2003) aborda questões envolvendo o princípio da responsabilidade. Para tal, o autor utiliza do modelo de insumo-produto com o intuito de

obter um sistema contábil que combina princípios seletivos de responsabilidade através de um sistema de ponderação e combinações que correspondem à estrutura econômica específica e padrão de consumo de cada um dos países participantes.

Em outras palavras, Ferng (2003) utiliza o modelo de insumo-produto para incorporar duas perspectivas de responsabilidade, o princípio do benefício e o déficit ecológico. Assim, o trabalho propõe o cálculo das responsabilidades pelo excesso de emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub>.

Diante das informações necessárias e do consenso sobre as responsabilidades em termos de emissões dos países participantes, Ferng (2003) também propõe o cálculo de ações de redução das emissões, cujos valores são sugeridos serem proporcionais à quantidade de excesso de emissão de cada país. O cálculo das responsabilidades pela redução de CO<sub>2</sub> pode ser realizado por meio de uma estimativa, ou seja, por meio da multiplicação das ações de redução pelo nível desejado de redução de emissões de CO<sub>2</sub> globais.

Entretanto, devido à falta de dados, o autor não apresenta os cálculos da partilha das reduções e a quantidade de emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> por área que deve ser reduzida. Além disso, o próprio autor expõe algumas limitações e sugestões.

Conforme Ferng (2003), deve ser feita uma distinção detalhada sobre as origens dos insumos intermediários utilizados pelos setores de produção nos países estrangeiros. O autor ressalva que o método de cálculo do valor líquido de CO<sub>2</sub> sequestrado por florestas locais por ano deve ser melhor trabalhado e verificado. Outros sumidouros de carbono pertencentes aos ecossistemas locais devem ser identificados e incluídos no cálculo. Por fim, além da queima de combustíveis fósseis, o estudo deve ser ampliado para incluir as emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> provenientes de outras fontes.

De forma a apresentar um embasamento empírico para a discussão quanto à responsabilidade pelas emissões, Wiebe *et al.* (2012) utilizam um modelo ambiental estendido de insumo-produto, com abertura para 48 setores, 53 países e inclusão de emissões de CO<sub>2</sub> e outras diversas categorias de recursos. A partir de tal modelo, denominado de GRAM<sup>27</sup>, os autores estimam a quantidade de emissões de carbono incorporadas no comércio internacional para cada ano entre 1995 e 2005. Desta forma, os resultados incluem todas as origens e destinos de emissões, a fim de que sejam atribuídas aos países que consomem os produtos que incorporam tais emissões.

---

<sup>27</sup> Sigla em língua inglesa: *The Global Resource Accounting Model*.

As emissões incorporadas no comércio internacional são resultados do uso da modelagem MRIO em conjunto com a intensidade de uso de carbono. Assim, como abordado pelos próprios autores, o principal resultado do modelo é a obtenção de uma matriz de comércio de carbono por ano e desagregada de acordo com os 48 setores e 53 países. E a partir desta matriz, balanços comerciais de carbono, consumo e produção baseada em emissões de carbono são calculadas.

Além dessas aplicações, Machado *et al.* (2001) avaliam os impactos do comércio internacional sobre o uso de energia e as emissões de carbono do Brasil. Para tal utiliza um modelo de insumo-produto por setor e em unidades híbridas, para a economia brasileira e para o ano de 1995.

Segundo os autores, o uso das técnicas de insumo-produto permitiram traçar tanto os impactos diretos e indiretos das exportações e importações brasileiras sobre o uso total de energia do país e emissões de carbono. Além disso, foi possível estimar o total de energia e de carbono incorporados nos bens não energéticos negociadas pelo Brasil no mercado internacional.

Assim, diante das aplicações empíricas (*e.g.* WYCKOFF e ROOP, 1994; KONDO *et al.*, 1998; SÁNCHEZ-CHÓLIZ e DUARTE, 2004; SCHAEFFER e DE SÁ, 1996; e WIEBE *et al.* 2012, dentre outras) e dos objetivos traçados e especificados no primeiro capítulo (*i.e.* Introdução), o presente trabalho busca contribuir de forma a utilizar um modelo interregional de insumo-produto, possibilitando fazer uma interação entre as 27 economias da União Europeia, 13 países selecionados e mais o “restante do mundo”.

Além disso, em termos de contribuição ao trabalho, por exemplo, dos autores Wiebe *et al.* (2012), o presente trabalho busca por meio dos multiplicadores de Miyazawa abordar as questões de *feedback loop* entre os diversos países. Assim sendo, o trabalho é capaz de classificar os tipos de interações sinérgicas entre regiões e examinar, por meio das interdependências internas e externas, a estrutura das relações comerciais entre as regiões em termos de emissões de CO<sub>2</sub>.

### 3 BASE DE DADOS

Este capítulo tem por objetivo sumarizar as informações referentes à base de dados. Para tal, o capítulo está dividido em duas seções. A primeira seção apresenta uma breve descrição do projeto subjacente ao banco de dados (Projeto WIOD), as informações que o compõe e sua capacidade de aplicação. Por fim, a segunda e última seção, descreve os dados selecionados de tal projeto para o desenvolvimento do presente trabalho.

#### 3.1 Projeto WIOD

A estrutura de dados usada no presente trabalho é proveniente do “Banco de Dados Mundial de Insumo-Produto” (WIOD - *World Input-Output Database*)<sup>28</sup>.

Como abordado por Timmer (2012), a base de dados foi desenvolvida para analisar os efeitos da globalização sobre os padrões de comércio, pressões ambientais e desenvolvimento socioeconômico através de um vasto conjunto de países.

Com propósito de descrever a construção das Tabelas Mundiais de Insumo-Produto (WIOTs<sup>29</sup>) que compõem o WIOD, Dietzenbacher *et al.* (2013) delimitam que o projeto WIOD<sup>30</sup> (construção e aplicação) foi desenvolvido para criar um banco de dados abrangente e assim, permitir abordar tanto a busca por indicadores pelos formuladores de política e a necessidade por observações para testar e quantificar as teorias de pesquisadores acadêmicos.

Desta forma, como abordado pelos autores, o banco de dados permite levar em consideração questões relacionadas com aspectos socioeconômicos (*e.g.* emprego ou criação

---

<sup>28</sup> O banco de dados completo é público e está disponível em: <<http://www.wiod.org/database/index.htm>>.

<sup>29</sup> Sigla em língua inglesa: *World Input-Output Tables*.

<sup>30</sup> Segundo Dietzenbacher *et al.* (2013), o projeto durou três anos (maio de 2009 a abril de 2012) e contou com a participação de 11 parceiros internacionais. (*i.e.* *University of Groningen, The Netherlands; Institute for Prospective Technological Studies, Seville, Spain; The Vienna Institute for International Economic Studies (wiiw), Vienna, Austria; Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim, Germany; Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Vienna, Austria; HochschuleKonstanz, Germany; The Conference Board Europe, Brussels, Belgium; CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis, The Hague, The Netherlands; Institute of Communication and Computer Systems, Athens, Greece; Central Recherche SA, Paris, France; OECD, Paris, France*).

de valor adicionado), bem como aspectos ambientais (*e.g.* uso de energia, emissões de gases de efeito estufa ou uso de água).

O WIOD reúne informações detalhadas sobre as atividades de produção nacional e comércio internacional<sup>31</sup>. E, como explicitado por Dietzenbacher *et al.* (2013), as informações estão disponíveis da seguinte forma:

- Tabelas de Recursos e Usos<sup>32</sup> internacionais a preços correntes e a preços básicos do ano anterior (35 indústrias por 59 produtos);
- Tabelas de Insumo-Produto a preços correntes e a preços básicos do ano anterior (35 indústrias por 35 indústrias);
- Tabelas de Insumo-Produto Interregionais para 6 regiões (35 indústrias por 35 indústrias);
- Tabelas de Recursos e Usos Nacionais a preços correntes e a preços básicos do ano anterior (35 indústrias por 59 produtos); e
- Tabelas de Insumo-Produto a preços correntes (35 indústrias por 35 indústrias).

Ademais, tais informações estão disponíveis para um conjunto de 40 países (27 países da União Europeia e outros 13 países selecionados) além de estimativas para o “Restante do Mundo” (RoW – *Rest of World*) e para o período de 1995 a 2009 (DIETZENBACHER *et al.*, 2013).

Entretanto, como ressaltado pelos autores, é importante ter em mente que a construção de um grande banco de dados como o do Projeto WIOD implica em várias escolhas. Como exemplificado pelos autores, uma escolha deliberada pode envolver a inclusão do maior número possível de países ou a busca por um alto nível de confiabilidade, limitando o número de países, sob a justificativa que para alguns países os dados são de baixa qualidade ou não são oficiais.

---

<sup>31</sup> Os dados da WIOD são obtidos a partir de estatísticas oficiais nacionais e estão de acordo com as Contas Nacionais (DIETZENBACHER *et al.*, 2013).

<sup>32</sup> Erumban *et al.* (2012b) e Timmer (2012) apresentam informações gerais sobre as fontes de dados utilizadas na construção das Tabelas de Recursos e Usos (SUTs) publicadas no WIOD.

Com relação ao projeto WIOD, Dietzenbacher *et al.* (2013) apontam algumas escolhas envolvendo a construção do banco de dados:

- As Tabelas de Recursos e Usos (SUTs - *Supply and Use Table*<sup>33</sup>) nacionais foram usadas como ponto de partida para a construção da WIOD;
- As Contas Nacionais foram usadas como referência;
- Para obter uma série temporal de WIOTs foi necessário desenvolver um método para estimar SUTs nacionais para alguns anos específicos<sup>34</sup>;
- Os dados utilizados no projeto WIOD são disponíveis ao público;
- Uma melhor distribuição das importações de bens foi aplicada, dado que no processo de construção as SUTs nacionais foram combinadas com informações das tabelas de insumo-produto (IOTs - *Input-Output Tables*) para construir as SUTs internacionais;
- Dado a não existência de um banco de dados padronizado sobre os fluxos bilaterais envolvendo o comércio de serviços, os dados foram coletados a partir de várias fontes (*e.g.* ONU, OCDE, Eurostat);
- Com o intuito de obter dados a preços constantes, WIOTs a preços básicos do ano anterior foram construídas com base nos deflatores de produção bruta das Contas Nacionais de cada país; e
- Com o intuito de ligar as contas satélites (*e.g.* socioeconômicos e ambientais)<sup>35</sup>, as WIOTs foram construídas com o mesmo nível de indústria.

Com relação às contas satélites socioeconômicas<sup>36</sup> o banco de dados apresenta produção da indústria e valor adicionado a preços correntes e a preços constantes para os 40 países, com abertura setorial para 35 setores e para os anos de 1995 a 2009. Além disso, apresenta capital, investimento, salários e emprego por tipo de habilidade (baixa, média e alta qualificação), para os mesmos 40 países e 35 setores (DIETZENBACHER *et al.*, 2013).

---

<sup>33</sup> SUTs são fontes estatísticas na qual as IOTs nacionais são derivadas. Nas IOTs, presume-se que cada indústria produz bens e serviços em uma classe de produto, e conseqüentemente, a distinção entre indústria e produto desaparece e as tabelas se tornam quadradas (simétrica). Por outro lado, as SUTs são geralmente não-quadradas e permitem a produção secundária, refletindo melhor a realidade (DIETZENBACHER *et al.*, 2013).

<sup>34</sup> Para maiores detalhes sobre as o método usado (SUT-RAS), ver Dietzenbacher *et al.* (2013).

<sup>35</sup> Para obter uma melhor descrição das contas satélites socioeconômicos e ambientais, ver Erumban *et al.* (2012a) e Genty *et al.* (2012), respectivamente.

<sup>36</sup> Erumban *et al.* (2012a) descreve as fontes e os métodos utilizados para a estimativa de dados sobre o investimento e estoques de capital e de emprego por tipo de habilidade para os 40 países incluídos no banco de dados, denominadas de Contas Socioeconômicos (SEAs – *Socio-Economic Accounts*).

Como exposto por Timmer (2012), a fim de expandir o potencial analítico, um conjunto de contas satélites ambientais foram desenvolvidos no projeto WIOD com a mesma abrangência de tempo (1995-2009), país (27 Estados-Membros, 13 países não membros da UE e as regiões restantes do mundo agregadas) e desagregação setorial (35 indústrias).

Assim, apesar de outros projetos<sup>37</sup> (e.g. GTAP<sup>38</sup> e EXIOPOL<sup>39</sup>) fornecerem dados ambientais associados a tabelas de insumo-produto, as contas ambientais WIOD representam uma primeira tentativa de disponibilizar séries de dados públicas com um grande número de indicadores ambientais e com uma desagregação setorial razoável (TIMMER, 2012).

As contas satélites ambientais do projeto WIOD consideram as emissões atmosféricas como indicador fundamental de energia e inclui a extração de materiais, uso do solo e uso da água como indicadores adicionais. Além disso, as contas das emissões atmosféricas incluem dois conjuntos de dados: as emissões de CO<sub>2</sub> (em mil toneladas) por setor e outras emissões de poluentes atmosféricos (em toneladas), incluindo o N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, NMVOC e CO (TIMMER, 2012).

Conforme Timmer (2012), as emissões relacionadas com a energia são estimadas utilizando contas de energia e fatores de emissão específicos da tecnologia. O autor ressalta que as contas de energia são compiladas utilizando balanços energéticos da Agência Internacional de Energia (IEA - *International Energy Agency*) como um ponto de partida. Assim, as emissões atmosféricas são estimadas a partir de contas de energia, utilizando dados de atividade e fatores de emissão.

Desta forma, grande parte das emissões atmosféricas que o projeto WIOD aborda (aquecimento global, acidificação e formação de ozono troposférico) são oriundas de gases emitidos em processos de uso de energia. Entretanto, são complementadas com as emissões não energéticas<sup>40</sup>, utilizando dados oriundos de relatórios da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças no Clima (CQNUMC)<sup>41</sup> e da convenção sobre poluição atmosférica transfronteiriça a longa distância - CLRTAP<sup>42</sup> - (TIMMER, 2012).

---

<sup>37</sup> Para maiores detalhes sobre outras bases de dados ver Tukker e Dietzenbacher (2013).

<sup>38</sup> Sigla em língua inglesa: *Global Trade Analysis Project*. Para maiores informações sobre o projeto: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/databases/default.asp>>.

<sup>39</sup> *A new environmental accounting framework using externality data and input-output tools for policy analysis, FP6 Research Project*. Disponível em: <<http://www.feemproject.net/exiopol>>.

<sup>40</sup> Emissões não oriundas do processo de uso de energia.

<sup>41</sup> Do original em inglês *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC).

<sup>42</sup> Sigla em língua inglesa: *Convention on Long Range Transboundary Air Pollution*.

Com relação aos fatores de emissão, segundo Timmer (2012) estes são obtidos a partir de documentos de orientação técnica, em particular aqueles preparados para a compilação de inventários nacionais de emissões ao abrigo de convenções internacionais, como a CQNUMC e a CLRTAP. Além disso, o autor ressalva que outras duas fontes são utilizadas: os resultados do projeto FP6 EXIOPOL e do Banco de Dados de Emissões para Pesquisa Atmosférica Global (EDGAR<sup>43</sup>).

### 3.2 Descrição dos Dados Selecionados

Tomando por base o Projeto WIOD, a estrutura de dados utilizada no presente trabalho consiste das Tabelas de Insumo-Produto para 40 países (27 países da União Europeia e outros 13 países selecionados)<sup>44</sup> mais o “restante do mundo” para o período de 1995 a 2009<sup>45</sup>. É importante salientar que as IOTs apresentam uma abertura para 35 setores produtivos, ou seja, apresenta as transações entre as 35 indústrias<sup>46</sup> nos 40 países e o “restante do mundo”, e destas indústrias para famílias, governos e usuários de bens de capital para o mesmo conjunto de países (DIETZENBACHER *et al.*, 2013).

Este trabalho também utiliza as emissões atmosféricas de CO<sub>2</sub> (em mil toneladas) para os mesmos 40 países selecionados mais o “restante do mundo”, e com a mesma abrangência de tempo e desagregação setorial que as tabelas de insumo-produto.

Assim, diante da gama de países selecionados, cabe ressaltar como exposto por Dietzenbacher *et al.* (2013), que a seleção é feita com base na qualidade e na disponibilidade pública dos dados e de acordo com a importância econômica dos países.

Em termos de importância econômica, os países em conjunto são responsáveis por cerca de 85% do PIB mundial (DIETZENBACHER *et al.*, 2013).

---

<sup>43</sup>Sigla em língua inglesa: *Emission Database for Global Atmospheric Research*. Base disponível em: <<http://www.pbl.nl/en/themesites/edgar/index.html>>.

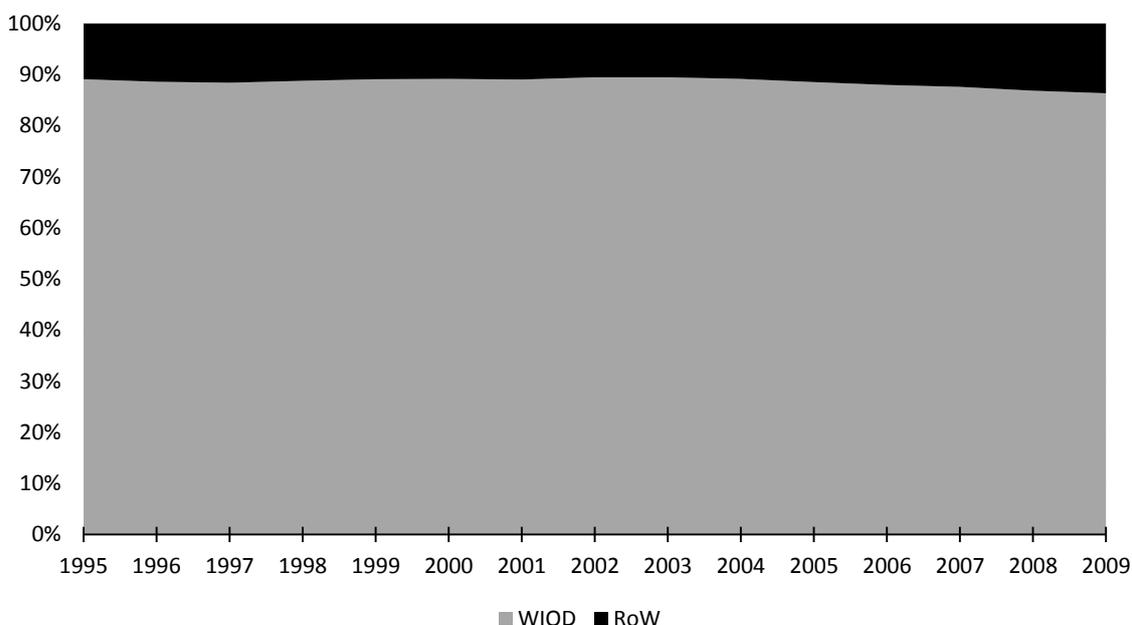
<sup>44</sup> Para conferir a lista completa dos países ver: Anexo I – Países da Matriz de Insumo-Produto (Projeto WIOD).

<sup>45</sup> Recentemente a base de dados do Projeto WIOD (matriz de insumo-produto) foi atualizada para os anos de 2010 e 2011. Entretanto, as contas satélites não foram atualizadas para os dois anos, o que justifica o fato do presente trabalho não considerar esse novo período na análise.

<sup>46</sup> Para conferir a lista completa dos setores ver: Anexo II – Setores da Matriz de Insumo-Produto (Projeto WIOD).

Para fins de ilustração, o gráfico a seguir (Gráfico 1) traz a participação do Valor Bruto da Produção (VBP) dos 40 países selecionados no presente trabalho (Base WIOD) contra o “restante do mundo”<sup>47</sup>.

Gráfico 1 – Participação VBP base WIOD x RoW (1995-2009)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Por outro lado, em termos do período analisado, a base de dados abrange um período de 15 anos (1995 – 2009), sendo oportuna para captar mudanças na estrutura de comércio entre os países e para analisar as diferentes questões envolvendo as discussões pelas emissões de carbono e acontecimentos relacionados.

Em termos de mudanças na estrutura de comércio, é possível observar, por exemplo, a ascensão da China (CHN) em termos de parceira comercial de outros países como Estados Unidos (USA) e Brasil (BRA).

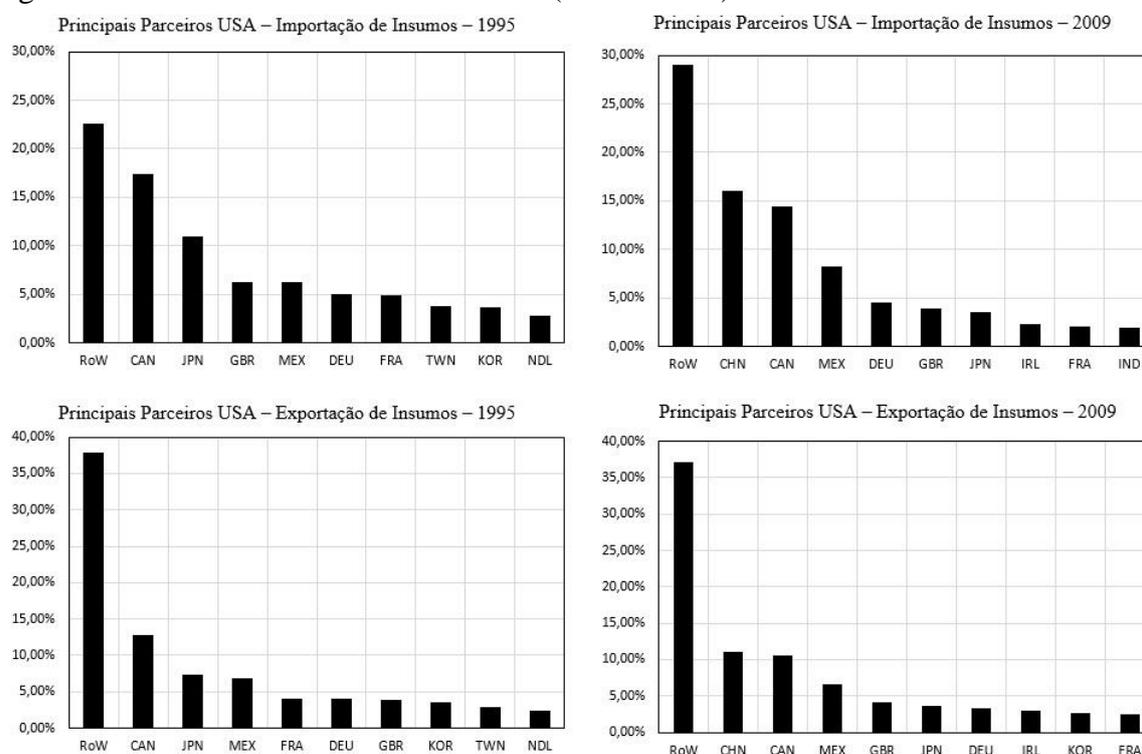
Por meio da Figura 2, por exemplo, é possível observar a importância relativa que a China (CHN) assume em relação a estrutura de comércio dos Estados Unidos (USA). Em 1995, a China (CHN) não figurava entre os principais parceiros comerciais dos Estados

<sup>47</sup> Cabe ressaltar que os dados do VBP para o “restante do mundo” também foram obtidos através da base de dados do projeto WIOD.

Unidos (USA), entretanto, em 2009 passa a ser o principal país exportador e importador de insumos para os Estados Unidos (USA).

Além disso, é possível observar outras mudanças na estrutura de comércio dos Estados Unidos (USA). Em termos de importação de insumos (gráficos superiores na Figura 2), é possível observar, por exemplo, uma perda de importância relativa do Canadá (CAN) e do México (MEX) com relação a estrutura de comércio dos Estados Unidos (USA). De forma semelhante, em termos de exportação de insumos dos Estados Unidos (gráficos inferiores na Figura 2), é possível evidenciar também uma perda de importância relativa do Canadá (CAN) e do México (MEX).

Figura 2 - Estrutura de Comércio dos USA (1995 e 2009)



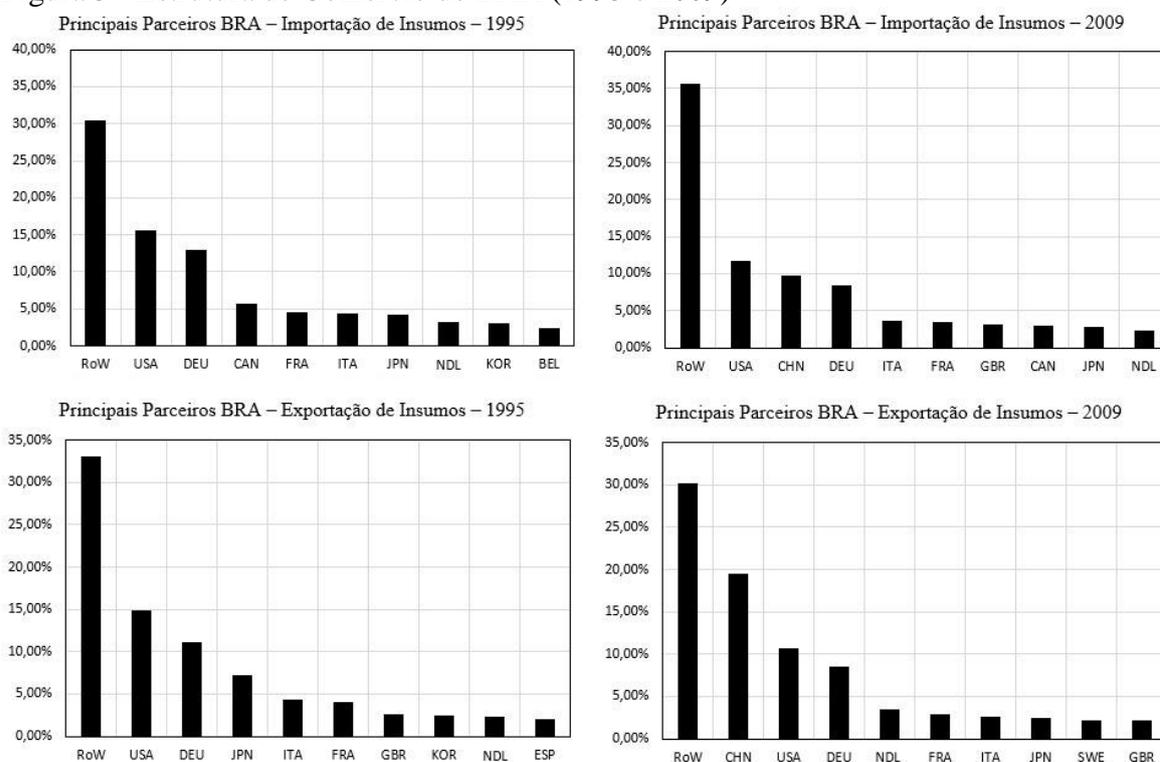
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: Alemanha (DEU), Canada (CAN), China (CHN), Coreia (KOR), França (FRA), Holanda (NDL), Irlanda (IRL), Indonésia (IND), Japão (JPN), México (MEX), Reino Unido (GBR), “restante do mundo” (RoW) e Taiwan (TWN).

Assim como para os Estados Unidos (USA), para o Brasil (Figura 3), é possível observar uma ascensão relativa da China (CHN) em relação a estrutura de comércio. Em 1995, a China (CHN) não figurava entre os principais parceiros comerciais do Brasil (BRA), entretanto, em 2009 passa a ser um dos principais países exportador e importador de

insumos, com destaque para a participação no que tange a exportação de insumos do Brasil (BRA) para o ano de 2009, representando aproximadamente 19,57% do mercado brasileiro.

Figura 3 - Estrutura de Comércio do BRA (1995 e 2009)



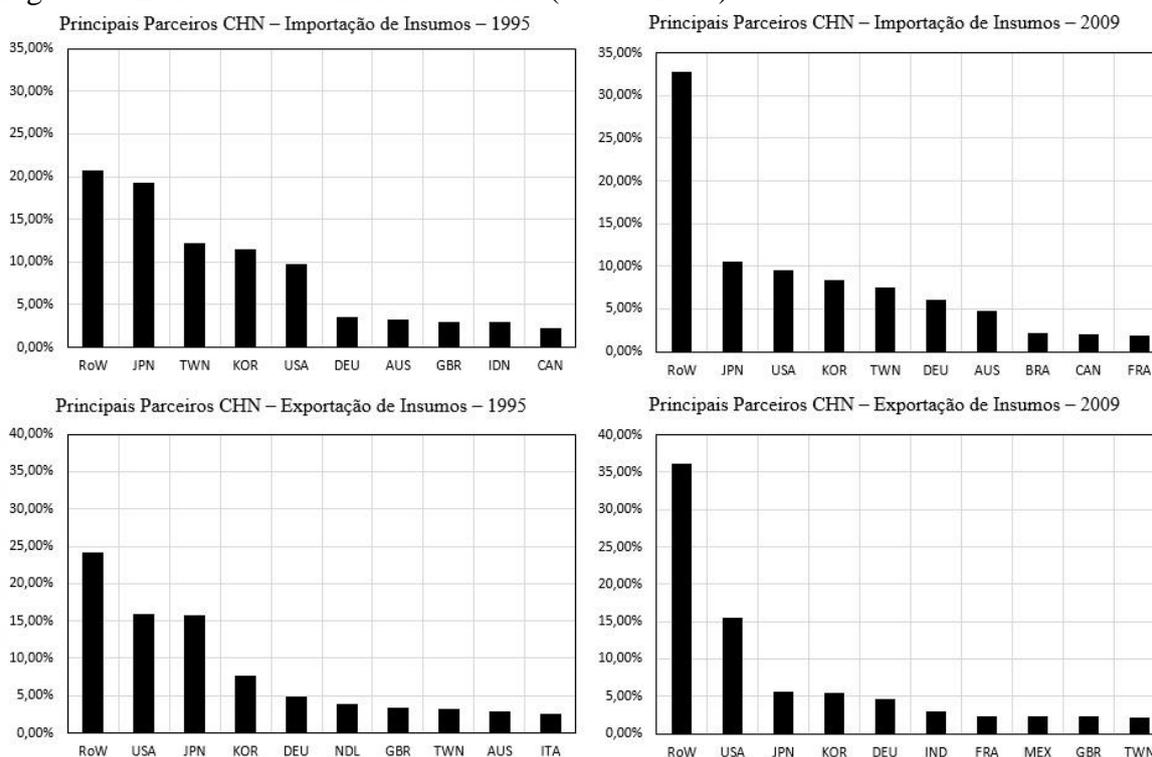
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: Alemanha (DEU), Bélgica (BEL), Canadá (CAN), China (CHN), Coreia (KOR), Espanha (ESP), Estados Unidos (USA), França (FRA), Holanda (NDL), Itália (ITA), Japão (JPN), Reino Unido (GBR), “restante do mundo” (RoW) e Suécia (SWE).

Por fim, diante da própria estrutura de comércio da China, é possível observar, por meio da Figura 4, uma mudança na estrutura de comércio do país, como, por exemplo, uma mudança entre os principais parceiros em termos de importação e exportação de insumos. Entretanto, um importante fato a ser observado refere-se a participação relativa do “restante do mundo” (RoW), pois é possível observar um maior espreadimento das relações comerciais da China (CHN). Em termos de importação e exportação de insumos, há um aumento de aproximadamente 12% com o “restante do mundo”<sup>48</sup>.

<sup>48</sup> Países que não apresentam dados separados (*i.e.* individuais) nas tabelas de insumo-produto do projeto WIOD, porém apresentam suas contas agrupadas como “restante do mundo”.

Figura 4 - Estrutura de Comércio da CHN (1995 e 2009)



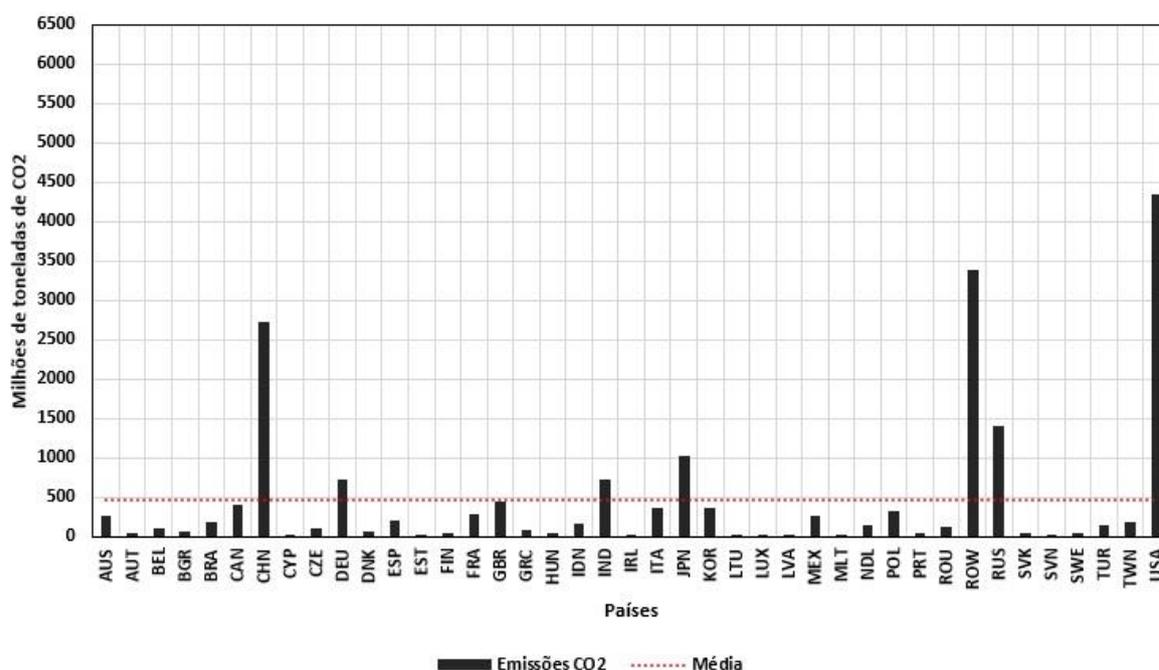
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: Alemanha (DEU), Austrália (AUS), Canadá (CAN), Coreia (KOR), Estados Unidos (USA), França (FRA), Holanda (NDL), Índia (IND), Indonésia (IDN), Itália (ITA), Japão (JPN), México (MEX), Reino Unido (GBR), “restante do mundo” (RoW), e Taiwan (TWN).

Em termos de descrição das emissões atmosféricas de CO<sub>2</sub>, os Gráficos 2 a 5 trazem as emissões de CO<sub>2</sub> para os 40 países selecionados mais o “restante do mundo” e para os anos de 1995, 2000, 2005 e 2009, respectivamente.

Diante de tais gráficos (Gráficos 2 a 5), um ponto a se destacar é o comportamento da média dos coeficientes (em vermelho), para os respectivos anos. É possível perceber um acréscimo da média ao longo dos anos. Para o ano de 1995, a média é igual a 462,11 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>. Enquanto que para o ano de 2000 a média é igual a 498,08 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>. E para os demais anos, 2005 e 2009, é igual a 557,67 e 606,59, respectivamente.

Por meio do Gráfico 2, é possível observar que os Estados Unidos (USA), China (CHN) e Rússia (RUS) são os países com maiores níveis de emissões de CO<sub>2</sub> para o ano de 1995.

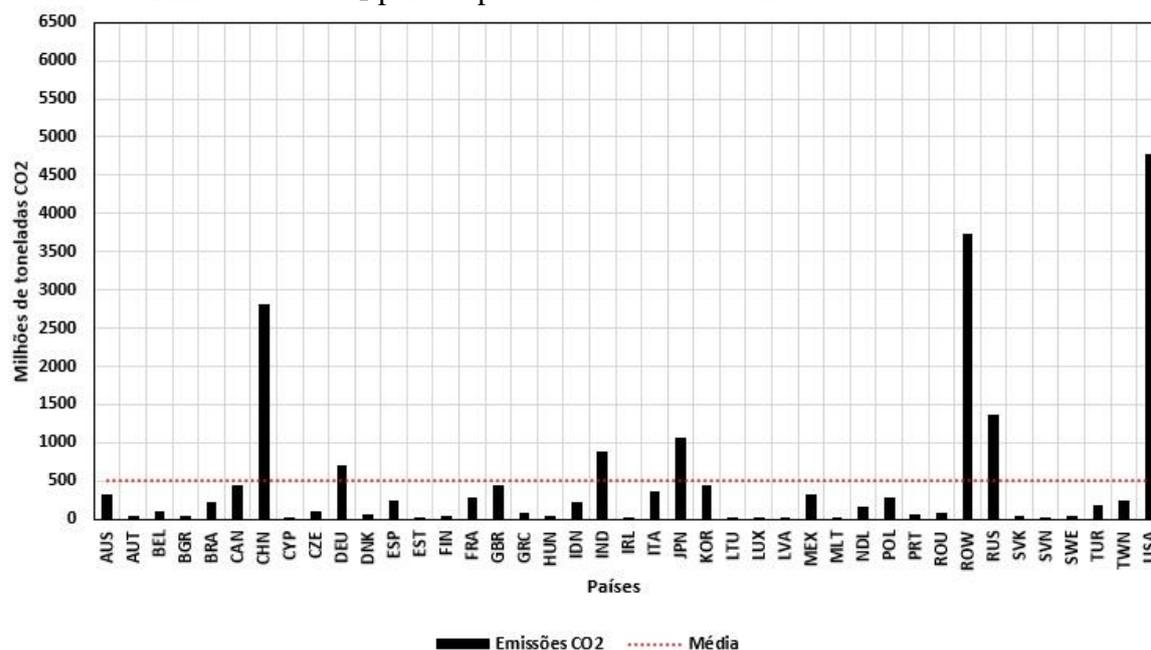
Gráfico 2 - Emissões de CO<sub>2</sub> para os países selecionados - 1995

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: (a) Média igual a 462,11 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

(b) Alemanha (DEU), Austrália (AUS), Áustria (AUT), Bélgica (BEL), Brasil (BRA), Bulgária (BGR), Canada (CAN), China (CHN), Chipre (CYP), Coreia (KOR), Dinamarca (DNK), Eslováquia (SVK), Eslovênia (SVN), Espanha (ESP), Estados Unidos (USA), Estônia (EST), Finlândia (FIN), França (FRA), Grécia (GRC), Holanda (NDL), Hungria (HUN), Índia (IND), Indonésia (IDN), Irlanda (IRL), Itália (ITA), Japão (JPN), Letônia (LVA), Lituânia (LIU), Luxemburgo (LUX), Malta (MLT), México (MEX), Polónia (POL), Portugal (PRT), Reino Unido (GBR), República Checa (CZE), “restante do mundo” (RoW), Romênia (ROM), Rússia (RUS), Suécia (SWE), Taiwan (TWN) e Turquia (TUR).

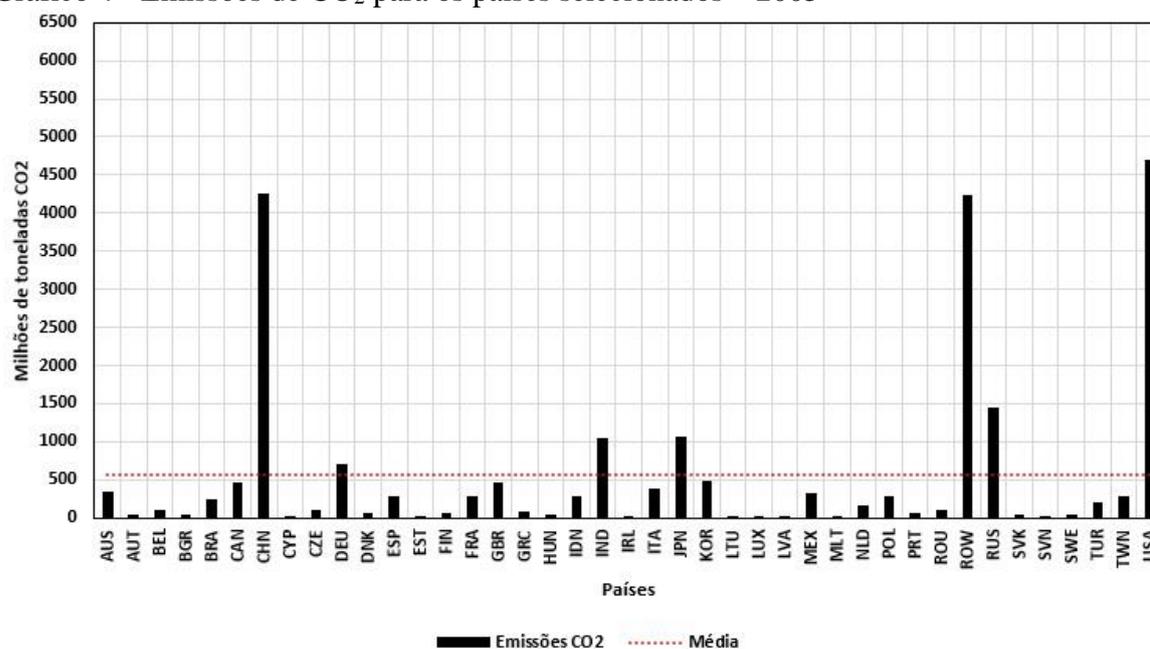
Quando se analisa os níveis de emissões de CO<sub>2</sub> para o ano de 2000 (Gráfico 3) e para o ano de 2005 (Gráfico 4), é possível observar que o mesmo grupo de países apresentam os maiores níveis de emissões de CO<sub>2</sub> (*i.e.* Estados Unidos, China e Rússia). Entretanto, o acréscimo no nível de emissões da China (CHN) é um ponto relevante em 2005, pois com um nível de 2804,93 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2000 (Gráfico 3), a China (CHN) passa à apresentar um nível de 4255,48 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2005 (Gráfico 4).

Gráfico 3 - Emissões de CO<sub>2</sub> para os países selecionados – 2000

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: (a) Média igual a 498,08 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

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

Gráfico 4 - Emissões de CO<sub>2</sub> para os países selecionados – 2005

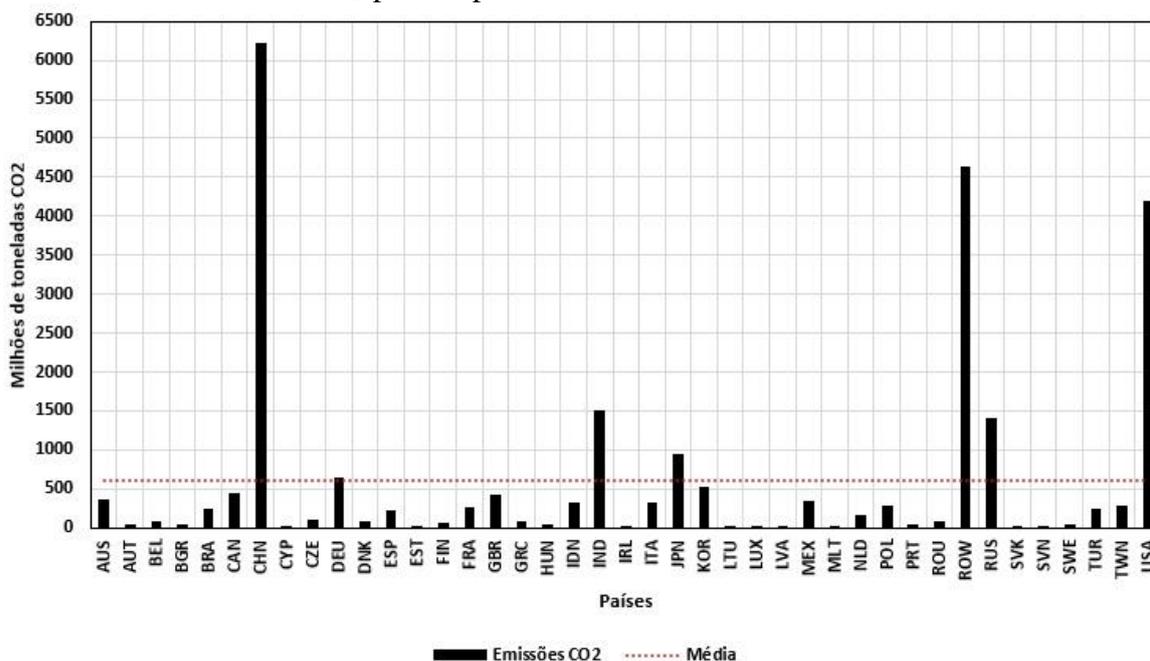
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: (a) Média igual a 557,67 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

(b) Para maiores detalhes acerca das siglas (*i.e.* países), ver notas do Gráfico 3.

Para o ano de 2009 (Gráfico 5), o comportamento observado em 2005 se repete, com exceção de que a Índia (IND) passa a figurar entre o grupo de países com maiores níveis de emissões de CO<sub>2</sub>. E como destaque, a China (CHN) apresenta um acréscimo no nível de emissões de CO<sub>2</sub>, *i.e.*, passa para um nível igual a 6213,55 milhões de toneladas e maior que o nível dos Estados Unidos (USA).

Gráfico 5 - Emissões de CO<sub>2</sub> para os países selecionados – 2009



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: (a) Média igual a 606,59 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

(b) Alemanha (DEU), Austrália (AUS), Áustria (AUT), Bélgica (BEL), Brasil (BRA), Bulgária (BGR), Canada (CAN), China (CHN), Chipre (CYP), Coreia (KOR), Dinamarca (DNK), Eslováquia (SVK), Eslovênia (SVN), Espanha (ESP), Estados Unidos (USA), Estônia (EST), Finlândia (FIN), França (FRA), Grécia (GRC), Holanda (NDL), Hungria (HUN), Índia (IND), Indonésia (IDN), Irlanda (IRL), Itália (ITA), Japão (JPN), Letônia (LVA), Lituânia (LIU), Luxemburgo (LUX), Malta (MLT), México (MEX), Polônia (POL), Portugal (PRT), Reino Unido (GBR), República Checa (CZE), “restante do mundo” (RoW), Romênia (ROM), Rússia (RUS), Suécia (SWE), Taiwan (TWN) e Turquia (TUR).

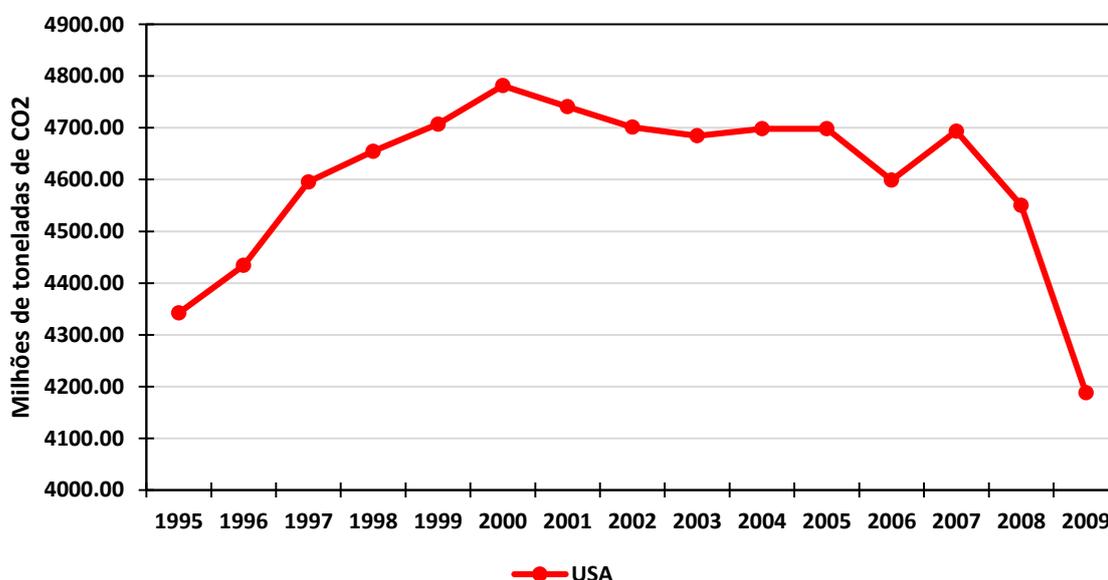
Apesar dos Gráficos 2 a 5 apresentarem os níveis de emissões para os 40 países selecionados mais o “restante do mundo” e para os anos de 1995, 2000, 2005 e 2009, respectivamente, dado a relevância e foco do presente estudo, é importante observar o comportamento em termos de emissões de CO<sub>2</sub> para alguns países separados<sup>49</sup> e com um maior detalhamento (*i.e.* evolução temporal completa).

<sup>49</sup> A escolha dos países se dá pela relevância desses em termos econômicos, em termos de aplicação e discussão em torno da revisão de literatura sobre emissões e comércio internacional. Além disso, cabe ressaltar que o intuito de tal seleção é fazer um exercício acerca das hipóteses e teorias discutidas no capítulo 2 (Revisão de Literatura).

Diante disso, os Gráficos 6 a 9, trazem a evolução temporal dos níveis de emissões de CO<sub>2</sub> para os Estados Unidos (USA), China (CHN), Brasil (BRA), Índia (IND) e Rússia (RUS), respectivamente.

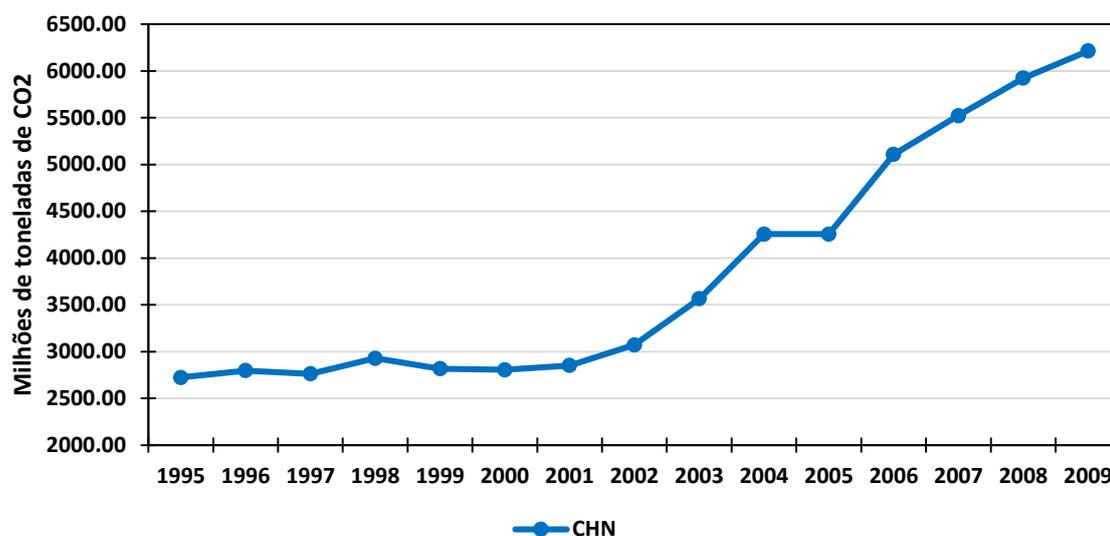
A partir do Gráfico 6, é possível observar que os Estados Unidos (USA) apresentam um comportamento de acréscimo nos níveis de emissões de CO<sub>2</sub> até o ano de 2000 e a partir de tal ano passa a apresentar um comportamento de decréscimo, com exceção do ano de 2007. Para o ano de 2008 e 2009, os decréscimos são mais acentuados quando comparados com os anos anteriores, reflexos da crise do mercado financeiro iniciada nos Estados Unidos.

Gráfico 6 – Emissões de CO<sub>2</sub> dos Estados Unidos (USA) – 1995 a 2009



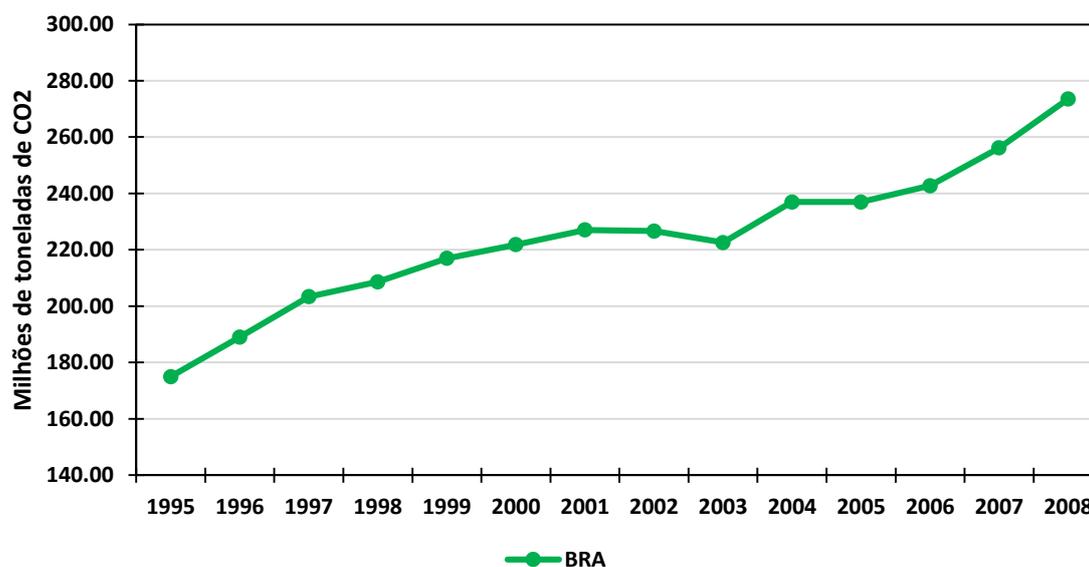
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

O Gráfico 7 traz os resultados para a China (CHN). É possível observar um comportamento de certa forma diferente do apresentado pelos Estados Unidos (USA), pois a China (CHN) apresenta pequenos acréscimos nos níveis de emissões para os primeiros anos (1995 a 2001) e a partir do ano de 2002 apresenta acréscimos mais significativos. Assim, enquanto o comportamento dos Estados Unidos (USA), Gráfico 6, muda a partir de 2001 para um comportamento de decréscimo nos patamares de emissões de CO<sub>2</sub>, a China (CHN) apresenta um comportamento de acréscimo para a maioria dos anos da presente amostra (1995 a 2009).

Gráfico 7 - Emissões de CO<sub>2</sub> da China (CHN) – 1995 a 2009

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

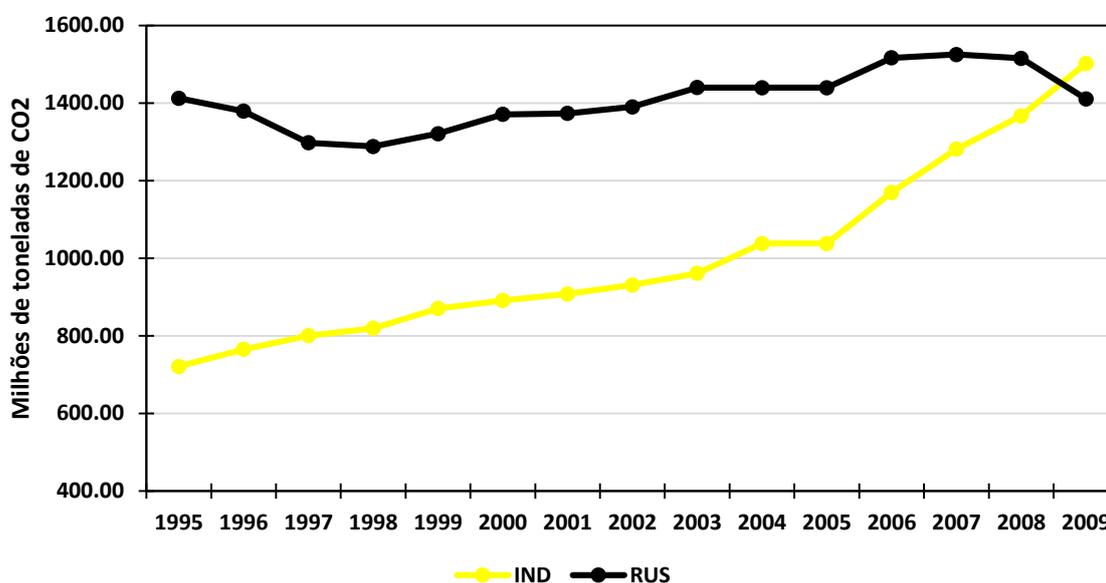
Como mencionado anteriormente, o Gráfico 8 traz as emissões de CO<sub>2</sub> para o Brasil (BRA), sendo possível observar um comportamento parecido com observado para a China (Gráfico 7), pois o Brasil (BRA) também apresenta um comportamento de acréscimo para a maioria dos anos da presente amostra (1995 a 2009). Entretanto, cabe ressaltar que os patamares de emissões de CO<sub>2</sub> para o Brasil (BRA) são bem menores do que os apresentados pela China.

Gráfico 8 - Emissões de CO<sub>2</sub> do Brasil (BRA) – 1995 a 2009

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

O Gráfico 9 traz a evolução temporal das emissões de CO<sub>2</sub> para a Rússia (RUS) e para a Índia (IND). Para a Índia, assim como para o Brasil (BRA) e para a China (CHN), é possível observar um comportamento de acréscimo nas emissões de CO<sub>2</sub> ao longo dos anos (1995 a 2009). Por outro lado, para a Rússia (RUS), é possível observar um comportamento com maiores oscilações, pois para os primeiros anos há um decréscimo (até 1998) e depois é possível observar acréscimos, com exceção dos anos de 2008 e 2009.

Gráfico 9 - Emissões de CO<sub>2</sub> da Rússia (RUS) e da Índia (IND)– 1995 a 2009



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Assim, é possível observar um comportamento de certa forma diferente em termos de emissões absolutas de CO<sub>2</sub> entre os Estados Unidos (USA) e os BRIC, por exemplo (*i.e.* Brasil, Rússia, Índia e China). Dado que os dois grupos de países apresentam diferentes estágios de desenvolvimento, o primeiro considerado desenvolvido e o segundo em desenvolvimento, importantes questões apresentadas na revisão de literatura podem ser discutidas, tais como: teoria da curva de Kuznets ambiental (CKA), fuga de carbono (*Carbon Leakage*), “*pollution haven effect*”, “*pollution haven hypothesis*”, dentre outras. Além disso, outras questões podem ser abordadas, tal como as diferenças na composição das reservas

naturais de combustíveis dos países e as diferentes reformas institucionais adotadas pelos mesmos.

Entretanto, tal resultado deve ser visto em um primeiro momento apenas como um indício e motivação para analisar e testar tais teorias, pois outros fatores podem estar envolvidos. Além disso, cabe ressaltar que uma análise de tais resultados, no contexto das diferentes hipóteses e teorias, é feita no capítulo 5 (Análise dos Resultados).

## 4 METODOLOGIA

Como apresentado por Wiebe *et al.* (2012), duas abordagens são utilizadas para o cálculo das emissões de carbono incorporadas no comércio internacional: uma primeira conhecida como análise do ciclo de vida (LCA – *Life-cycle analysis*) e uma segunda que utiliza técnicas de insumo-produto.

O uso da LCA considera produtos individuais e calcula as emissões incorporadas em cada um dos componentes do produto, com base em coeficientes de emissão, e como consequência, as pegadas de carbono são calculadas para produtos selecionados. Entretanto, a segunda abordagem, modelos de insumo-produto, é mais adequada para se ter uma aproximação das emissões de carbono incorporadas no comércio das nações (WIEBE *et al.*, 2012).

De forma mais específica, enquanto o primeiro método (LCA) permite apenas calcular os efeitos diretos de cada produto transacionado no mercado internacional, o segundo método, modelos de insumo-produto, permite, através das relações de compras e vendas, o cálculo dos efeitos diretos, indiretos e induzidos de cada atividade produtiva no mercado internacional.

Assim, para fins do presente trabalho, como apresentado no capítulo anterior (base de dados), a metodologia a ser utilizada envolve o uso de tabelas de insumo-produto, ou seja, apesar de a literatura apresentar como possibilidade o uso da LCA, o trabalho se limitará a utilizar das técnicas de insumo-produto para cálculo das emissões de carbono incorporadas no comércio internacional.

Além disso, dado que o interesse do presente trabalho não se resume apenas a poluição produzida em um país, mas sim as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no comércio internacional, o trabalho utilizará de modelos de insumo-produto multi-regionais (MRIO).

O conceito, a representação do modelo e suas ferramentas de análise são apresentados no presente capítulo, dividido em três seções. Na primeira seção é apresentada uma descrição dos modelos de insumo-produto, partindo de um modelo simples com apenas uma região (modelo regional) até a especificação do modelo multi-regional. A segunda seção descreve as diferentes modelagens das emissões de CO<sub>2</sub> utilizando matrizes de insumo-produto. E por fim, na terceira seção é feita uma descrição dos multiplicadores de Miyazawa, metodologia

que aborda as questões de *feedback loop* entre os diversos países, por meio da decomposição da matriz inversa de Leontief em diferentes submatrizes.

#### 4.1 Modelos de Insumo-Produto (Modelo Conceitual e Representação)<sup>50</sup>

Um modelo de insumo-produto para uma dada região ou país específico descreve os fluxos monetários de bens e serviços entre as indústrias locais e os segmentos da demanda final. A análise de insumo-produto tornou-se um dos métodos mais utilizados para avaliar a economia, devido à sua possibilidade de agrupar informações sobre o processo de produção, consumo intermediário, distribuição de renda gerada, comércio exterior, pagamentos de salários e pagamentos de impostos, no âmbito da chamada tabela de insumo-produto (MILLER e BLAIR, 2009).

De forma geral, as tabelas de insumo-produto têm como objetivo proporcionar uma análise acerca das relações intersetoriais da produção, sendo útil para a definição de políticas setoriais e para as atividades de planejamento de modo geral. As matrizes de insumo-produto representam uma desagregação, por ramo de atividade, dos agregados presentes num sistema usual de contas nacionais, em particular os pertencentes à conta de produção. Porém, além da demanda final e do valor adicionado, a desagregação também representa a demanda intermediária, ou seja, o consumo intermediário (PAULANI e BRAGA, 2007).

Com o intuito de exemplificar, a Figura 5 apresenta de forma esquemática as relações fundamentais da tabela de insumo-produto para uma única região e com apenas dois setores.

As linhas da tabela de insumo-produto (Figura 5) correspondem às vendas em termos monetários da produção de cada setor de atividade. Desta forma, as células em verde claro descrevem as vendas de cada setor para si mesmo ( $Z_{11}$  e  $Z_{22}$ ) e para o outro setor ( $Z_{12}$  e  $Z_{21}$ ), ou seja, representam as vendas de insumos intermediários dos respectivos setores.

Por tal ótica, as células em lilás correspondem as vendas de cada setor para os componentes da demanda final, representados por: consumo das famílias ( $C_1$  e  $C_2$ ), investimento ( $I_1$  e  $I_2$ ), governo ( $G_1$  e  $G_2$ ) e as exportações ( $E_{X1}$  e  $E_{X2}$ ).

---

<sup>50</sup> Baseado em Miller e Blair (2009) e Guilhoto (2011).

Figura 5 - Representação esquemática da tabela de insumo-produto para uma única região e dois setores.

		Compras ( j )						Demanda Total
		Demanda Intermediária		Demanda Final				
Vendas ( i )	Setores	1	2	C	I	G	E <sub>x</sub>	DT
	1	Z <sub>11</sub>	Z <sub>12</sub>	C <sub>1</sub>	I <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	E <sub>x1</sub>	X <sub>1</sub>
	2	Z <sub>21</sub>	Z <sub>22</sub>	C <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	E <sub>x1</sub>	X <sub>2</sub>
Importações		M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>c</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>G</sub>	ME <sub>x</sub>	
Impostos ( T )		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>I</sub>	T <sub>G</sub>	TE <sub>x</sub>	
Valor Adicionado ( VA )		VA <sub>1</sub>	VA <sub>2</sub>					
Valor Bruto da Produção		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>					

Fonte: Adaptação de Miller e Blair (2009) e Guilhoto (2011).

Por outro lado, as colunas correspondem as compras e pagamentos, em termos monetários, feitas por cada setor de atividade (demanda intermediária) e cada segmento da demanda final. Assim, pela ótica das compras (*i.e.* coluna), as células em verde claro correspondem as compras de bens e serviços feitas por cada setor de atividade de si mesmo ( $Z_{11}$  e  $Z_{22}$ ) e do outro setor ( $Z_{12}$  e  $Z_{21}$ ).

De forma análoga, as células em lilás correspondem as compras de cada segmento da demanda final feita aos setores de atividade, isto é: consumo das famílias ( $C_1$  e  $C_2$ ), investimento fixo ( $I_1$  e  $I_2$ ), gastos do governo ( $G_1$  e  $G_2$ ) e exportações ( $E_{x1}$  e  $E_{x2}$ ).

Ademais, as células em roxo correspondem aos pagamentos de importações de bens e serviços feitas pelos setores de atividade ( $M_1$  e  $M_2$ ) e pelos segmentos da demanda final ( $M_c$ ,  $M_I$ ,  $M_G$  e  $ME_x$ ).

As células em laranja descrevem os pagamentos de impostos feitos por cada setor de atividade ( $T_1$  e  $T_2$ ), e pelos segmentos da demanda final ( $T_c$ ,  $T_I$ ,  $T_G$  e  $TE_x$ ). As células em cinza mostram o pagamento aos fatores de produção: salários, lucros, aluguéis e juros ( $VA_1$  e  $VA_2$ ).

Por fim, as células em bege (última linha e última coluna), para os dois setores de atividade, mostram a produção total de cada setor ( $X_1$  e  $X_2$ ) e a demanda total ( $X_1$  e  $X_2$ ), que, por definição contábil, são iguais.

Dessa forma, as compras se igualam às vendas e portanto a determinação dos totais,  $X_1$  e  $X_2$ , pode ser feita tanto pela ótica das compras como pela ótica das vendas.

Entretanto, com o intuito de generalizar, o modelo, apresentado a seguir, é descrito considerando uma economia com um número genérico de  $n$  setores de atividade, e não apenas 2 setores como na Figura 5.

Desta forma, é possível representar as relações, matematicamente, sob a ótica das vendas e sob a ótica das compras, respectivamente, da seguinte forma:

a) Sob a ótica das vendas (ou das linhas da tabela de Insumo-Produto):

$$X_i = \sum_{j=1}^n Z_{ij} + C_i + I_i + G_i + E_{Xi} \quad i = 1, 2, 3 \dots n \quad (1)$$

em que:

$X_i$  = demanda total pela produção total do setor  $i$ ;

$Z_{ij}$  = produção do setor  $i$ , vendida como insumo intermediário ao setor  $j$ ;

$C_i$  = produção do setor  $i$  vendida às famílias;

$G_i$  = produção do setor  $i$ , vendida ao governo;

$I_i$  = produção do setor  $i$ , vendida para fins de investimento fixo; e

$E_{Xi}$  = produção do setor  $i$ , vendida ao exterior, isto é, exportação do setor  $i$ .

b) Sob a ótica das compras (ou das colunas da tabela de Insumo-Produto):

$$X_i = \sum_{j=1}^n Z_{ij} + M_j + T_j + VA_j \quad j = 1, 2, 3 \dots n \quad (2)$$

em que:

$X_j$  = produção total do setor  $j$ ;

$Z_{ij}$  = produção do setor  $i$  comprada como insumo pelo setor  $j$ ;

$M_j$  = importações (compras externas) feitas pelo setor  $j$ .

$T_j$  = total dos impostos indiretos líquidos gerados pelo setor  $j$ ; e

$VA_j$  = total do valor adicionado (pagamentos de rendas) gerado pelo setor  $j$ .

Assim, no desenvolvimento do modelo de insumo-produto, pela ótica das linhas, é possível perceber que a equação (1) pode ser vista como um sistema de  $n$  equações, como segue:

$$\begin{aligned} X_1 &= Z_{11} + Z_{12} + \dots + Z_{1n} + Y_1 \\ \vdots & \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \\ X_n &= Z_{n1} + Z_{n2} + \dots + Z_{nn} + Y_n \end{aligned} \quad (3)$$

onde  $Y_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) representa as vendas do setor  $i$  para os segmentos ou componentes da demanda final, isto é,  $Y_i =$  consumo das famílias ( $C_i$ ) + investimento fixo ( $I_i$ ) + gastos do governo ( $G_i$ ) + exportações ( $E_{Xi}$ ).

Tal como apresentado por Guilhoto (2011), assumindo que os fluxos intermediários por unidade do produto final são fixos, é possível por meio dos fluxos intersetoriais ( $Z_{ij}$ ) e da produção total ( $X_i$ ), para um dado período de tempo, determinar o coeficiente técnico, pela seguinte equação:

$$a_{ij} = \frac{Z_{ij}}{X_j} \quad (4)$$

O coeficiente técnico  $a_{ij}$  expressa o requerimento direto de insumo do setor  $i$  necessário para a produção de uma unidade monetária de produto do setor  $j$ .

Assim, tendo o coeficiente técnico calculado e substituindo os fluxos monetários  $Z_{ij}$  por  $a_{ij}X_j$  nas equações em (3), o sistema de equações lineares pode ser reescrito da seguinte maneira (sistema aberto de Leontief):

$$\begin{aligned} X_1 &= a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n + Y_1 \\ \vdots & \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \\ X_n &= a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \dots + a_{nn}X_n + Y_n \end{aligned} \quad (5)$$

Ademais, a representação da equação (5) pode ser descrita em notação matricial:

$$X = AX + Y \quad (6)$$

Na representação em notação matricial,  $A$  corresponde a matriz  $n$  por  $n$  de coeficientes técnicos. E  $X$  e  $Y$  são vetores coluna ( $n$  por 1) que representam, respectivamente, a produção total e a demanda final, como se segue:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1i} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2i} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{ni} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Após manipulações algébricas sobre a equação (5), tem-se:

$$X = BY \quad (8)$$

onde  $B = (I - A)^{-1}$  é denominada como a matriz Inversa de Leontief.

A matriz  $B$  capta os requerimentos totais (diretos mais indiretos) de produção de cada um dos  $n$  setores da economia para atendimento de uma unidade monetária de demanda final. Ou seja, cada coeficiente de  $B$ , ou cada  $b_{ij}$ , representa o montante de produção do setor  $i$ , medido em termos monetários, necessário para atender a uma unidade monetária de demanda final pelo setor  $j$ .

Os requerimentos de produção de cada setor para o atendimento à demanda final podem ser classificados em: requerimento direto ( $a_{ij}$ ), requerimento total ( $b_{ij}$ ), e requerimento indireto ( $b_{ij} - a_{ij}$ ).

A representação do modelo, até o presente momento, considera apenas uma única região. Entretanto, é possível imaginar um modelo inter-regional de insumo-produto que descreve os fluxos monetários de bens e serviços através da economia, considerando diferentes regiões.

Desta forma, diante do fato do modelo inter-regional admitir várias regiões, uma versão do mesmo para o caso específico do presente trabalho, isto é, de uma economia dividida em 41 regiões (27 países da EU, outros 13 países selecionados e o “restante do mundo”) é apresentada. Assim, para fins de notação e, conseqüentemente, apresentação da metodologia a ser utilizada, cada região (país) será representada por um número (1 a 41) nas equações.

Em termos matriciais, a equação básica da versão inter-regional é a mesma que a equação (8) para o modelo insumo-produto com uma região apenas. Conforme será visto a seguir, a diferença consiste na maneira como são definidos os componentes da equação, isto é, os vetores  $X$  e  $Y$  e as matrizes  $B$  e  $A$ . Agora, esses elementos passam a conter informações setoriais referentes às regiões que compõem o modelo inter-regional.

O modelo inter-regional de insumo-produto pode ser representado matematicamente, em notação matricial, da seguinte maneira:

$$Z^* i_{41n} + Y^* = X^* \quad (9)$$

em que:

$Z^*$  = matriz  $41n \times 41n$  e representa a tabela de insumo-produto inter-regional;

$i_{41n}$  = vetor unitário (todos os seus elementos são iguais a 1) de ordem  $41n \times 1$ ;

$Y^*$  = vetor  $41n \times 1$  e representa as demandas finais das regiões; e

$X^*$  = vetor  $41n \times 1$  e representa as produções setoriais das regiões.

Ou seja, os elementos da equação (9) passam ser constituídos da seguinte forma:

$$Z^* = \begin{bmatrix} Z_{ij}^{1,1} & Z_{ij}^{1,2} & \dots & Z_{ij}^{1,40} & Z_{ij}^{1,41} \\ Z_{ij}^{2,1} & Z_{ij}^{2,2} & \dots & Z_{ij}^{2,40} & Z_{ij}^{2,41} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ Z_{ij}^{41,1} & Z_{ij}^{41,2} & \dots & Z_{ij}^{41,40} & Z_{ij}^{41,41} \end{bmatrix} \quad Y^* = \begin{bmatrix} Y^1 \\ Y^2 \\ \vdots \\ Y^{41} \end{bmatrix} \quad X^* = \begin{bmatrix} X^1 \\ X^2 \\ \vdots \\ X^{41} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Assim, a matriz insumo-produto inter-regional é representada por  $Z^*$ , e as submatrizes  $Z_{ij}^{1,1}$ ,  $Z_{ij}^{2,2}$  .....  $Z_{ij}^{40,40}$  e  $Z_{ij}^{41,41}$  são as sub-matrizes com os fluxos intra-regionais, e as demais sub-matrizes são referentes aos fluxos inter-regionais. Os componentes  $Y^1$ ,  $Y^2$  .....  $Y^{40}$  e  $Y^{41}$ ; e  $X^1$ ,  $X^2$  .....  $X^{40}$  e  $X^{41}$  são vetores  $n \times 1$  contendo as demandas finais e os produtos setoriais, respectivamente, nas 41 unidades espaciais ( *i.e.* 40 países mais o “restante do mundo”).

Uma forma mais conveniente de escrever a equação (9) é definir a matriz de coeficientes técnicos, que expressa os requerimentos diretos da matriz inter-regional:

$$A^* = Z^*(\widehat{X}^*)^{-1} \quad (11)$$

Reescrevendo-a:

$$A^*X^* + Y^* = X^* \quad (12)$$

Os elementos de  $A^*$ , chamados de coeficientes técnicos se dividem em dois tipos: coeficientes técnicos intra-regionais e coeficientes técnicos inter-regionais. Sendo possível decompor a matriz A em 1681 submatrizes:

$$A^* = \begin{bmatrix} A^{1,1} & A^{1,2} & \dots & A^{1,40} & A^{1,41} \\ A^{2,1} & A^{2,2} & & A^{2,40} & A^{2,41} \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ A^{40,1} & A^{40,2} & & A^{40,40} & A^{40,41} \\ A^{41,1} & A^{41,2} & \dots & A^{41,40} & A^{41,41} \end{bmatrix} \quad (13)$$

em que:

$A^{1,1}; A^{2,2} \dots A^{40,40}$  e  $A^{41,41}$  = matrizes  $n \times n$  de coeficientes intra-regionais; e  
 $A^{1,2}; A^{2,1} \dots A^{40,41}$  e  $A^{41,40}$  = matrizes  $n \times n$  de coeficientes inter-regionais.

Manipulando algebricamente a equação (12), tem-se:

$$X^* = B^*Y^* \quad (14)$$

onde  $B^* = (I - A^*)^{-1}$  corresponde à matriz de Leontief para o modelo IR-IP.

Assim, é possível escrever o modelo inter-regional completo da seguinte forma:

$$\begin{bmatrix} X^1 \\ X^2 \\ \vdots \\ X^{40} \\ X^{41} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B^{1,1} & B^{1,2} & \dots & B^{1,40} & B^{1,41} \\ B^{2,1} & B^{2,2} & \dots & B^{2,40} & B^{2,41} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ B^{40,1} & B^{40,2} & \dots & B^{40,40} & B^{40,41} \\ B^{41,1} & B^{41,2} & \dots & B^{41,40} & B^{41,41} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y^1 \\ Y^2 \\ \vdots \\ Y^{40} \\ Y^{41} \end{bmatrix} \quad (15)$$

## 4.2 Modelagem das Emissões de CO<sub>2</sub><sup>51</sup>

Após a descrição dos modelos de insumo-produto, tal como apresentado por Wiebe *et al.* (2012), é importante ressaltar a existência de duas formas de modelagem das emissões de CO<sub>2</sub> em tais modelos.

A primeira, sugerida por Leontief (1970), e utilizada por outros autores (*e.g.* HETHERINGTON, 1996; LENZEN, 1998; LABANDEIRA e LABEAGA, 2002; HILGEMBERG, 2004; LENZEN *et al.*, 2004; MILLER e BLAIR, 2009; CARVALHO *et al.*, 2013), utiliza da técnica de adicionar uma linha na matriz de Leontief para o setor de poluição, fornecendo a poluição de todos os outros setores e tendo a poluição total como a soma da linha. A segunda forma de modelagem, utilizada por Peters e Hertwich e coautores (*e.g.* PETERS e HERTWICH, 2004, 2006), consiste em pré-multiplicar a inversa de Leontief por uma matriz de coeficientes de intensidade de poluição (WIEBE *et al.*, 2012).

Segundo Wiebe *et al.* (2012), em termos de emissões totais, os dois métodos apresentam o mesmo resultado. Desta forma, dado que o objetivo do presente trabalho passa por analisar as emissões de CO<sub>2</sub> em termos de comércio internacional como um todo e não em termos de um setor específico de poluição, o segundo método será utilizado para modelar as emissões de CO<sub>2</sub> no contexto das tabelas de insumo-produto.

Em tal modelagem é preciso ter em mente que as emissões de CO<sub>2</sub> de um setor se referem à quantidade de poluição que um setor, em particular, emite para viabilizar sua

---

<sup>51</sup> Baseado em Wiebe *et al.* (2012).

produção. Por outro lado, os chamados coeficientes de intensidade de uso de CO<sub>2</sub> (CI's) correspondem à razão entre a emissão de CO<sub>2</sub> e o valor bruto da produção do setor *i*, isto é:

$$CI_i^n = \frac{ECO2_i^n}{VBP_i^n} \quad (16)$$

onde:

$CI_i^n$  é o coeficiente de intensidade de uso de CO<sub>2</sub> do setor *i* da região (país) *n*;

$ECO2_i^n$  é a emissão de CO<sub>2</sub> do setor *i* da região (país) *n*;

$VBP_i^n$  é o valor bruto da produção do setor *i* da região (país) *n*<sup>52</sup>.

Ao permitir medir a intensidade que o setor *i* emite de CO<sub>2</sub>, o CI possibilita classificar o setor como intensivo ou não no que tange à emissão de CO<sub>2</sub>, ou seja, observar o comportamento de cada setor para os 40 países da base de dados do presente trabalho mais o “restante do mundo” quanto à emissão de CO<sub>2</sub>.

Assim, os CI's constituem o fator de ponderação da matriz de insumo-produto. Portanto, com o intuito de captar melhor a dependência e as emissões de CO<sub>2</sub> entre os países, os coeficientes de intensidade são calculados e devidamente utilizados para ponderar a matriz de insumo-produto.

Para tanto, são feitas as seguintes operações algébricas:

$$\hat{E} = \begin{bmatrix} CI_i^1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & CI_i^{41} \end{bmatrix} \quad (17)$$

onde:

$CI_i^n$  é o coeficiente de intensidade de emissão de CO<sub>2</sub> do setor *i* da região (país) *n*; e

$\hat{E}$  é uma matriz diagonal cujos elementos da diagonal principal são coeficientes de intensidade de emissão de CO<sub>2</sub>.

---

<sup>52</sup> Cabe ressaltar que o VBP é extraído das tabelas de insumo-produto do Projeto WIOD.

Assim, a matriz  $\hat{E}$ , cujos elementos da diagonal principal são coeficientes de intensidade de emissão de CO<sub>2</sub>, é utilizada para ponderar a matriz inversa de Leontief do modelo de insumo-produto, por meio de uma simples pré-multiplicação:

$$B^{\pi} = \hat{E}B^* \quad (18)$$

onde  $B^{\pi}$  representa a matriz inversa de Leontief ponderada pelas emissões de CO<sub>2</sub>.

Desta forma, o modelo de insumo-produto que utiliza da matriz de coeficiente de intensidade de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>) pode ser escrito na forma matricial da seguinte forma:

$$\pi = \hat{E}X^* = \hat{E}(I - A^*)^{-1}Y^* \quad (19)$$

Substituindo a equação (18) em (19) tem-se:

$$\pi = B^{\pi}Y^* \quad (20)$$

onde  $\pi$  corresponde a um vetor de poluição derivado da ponderação da inversa de Leontief pelo coeficiente de intensidade de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>) e as respectivas propriedades do modelo de insumo-produto<sup>53</sup>.

---

<sup>53</sup> O que denominamos no presente trabalho como  $\pi$ , é denominado por Wiebe *et al.* (2012) como  $P$ .

### 4.3 Multiplicadores de Miyazawa<sup>54</sup>

Tal como exposto por Fritz *et al.* (1998), é importante que seja feita uma distinção entre os setores poluentes e não poluentes de uma economia. Desta forma, a noção de geração de poluição, direta e indireta, se torna um outro fator a ser observado.

Assim, conforme Fritz *et al.* (1998), tais relações podem ser exploradas por meio da estrutura metodológica proposta inicialmente por Miyazawa (1966, 1968, 1971) e posteriormente estendida por Sonis e Hewings (1993, 1995, 1997).

O trabalho de Miyazawa consiste em uma aplicação de multiplicadores internos e externos. Denominados como multiplicadores de Miyazawa interno e externo, estes são derivados para particionar a matriz inversa de Leontief em propagação da atividade interna e propagação da atividade externa, respectivamente, para estratégias industriais ou regionais (OKYAMA; SONIS; HEWINGS, 1999).

Conforme exposto por Sesso Filho *et al.* (2006, p. 231), a metodologia “permite classificar os tipos de interações sinérgicas entre regiões e possibilita examinar, por meio das interdependências internas e externas, dadas pelas ligações, a estrutura das relações comerciais entre duas regiões.”

Desta forma, através do uso de sistemas de insumo-produto partilhados é possível produzir multiplicadores à esquerda e à direita da inversa de Leontief, mediante o preestabelecido de pares de combinações hierárquicas dos subsistemas econômicos (SESSO FILHO *et al.*, 2006).

Em termos das relações existentes entre as atividades econômicas e as questões ambientais, as tabelas de insumo-produto têm sido utilizadas para modelar e estudar tais relações (FRITZ *et al.*, 1998). E como exposto na seção anterior, existem diferentes formas de modelar as emissões de CO<sub>2</sub>, entretanto, o presente trabalho modela as emissões de CO<sub>2</sub> por meio da pré-multiplicação da inversa de Leontief por uma matriz de coeficientes de intensidade de poluição.

Apesar disso, para fins didáticos, primeiro é importante expor a estrutura metodológica por trás dos multiplicadores de Miyazawa. A partir dessa decomposição

---

<sup>54</sup> Baseado em Fritz, Sonis e Hewings (1998) Sonis e Hewings (1999b) e Okuyama, Sonis e Hewings (1999).

inicial, proposta por Miyazawa e baseado em Fritz *et al.* (1998), as questões envolvendo poluição (emissões de CO<sub>2</sub>) podem ser derivadas.

Sendo assim, considere o seguinte sistema insumo-produto com duas regiões<sup>55</sup>:

$$\begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} \\ X_{21} & X_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix} \quad (21)$$

onde  $Z$  representa os fluxos de comércio (consumo intermediário),  $Y$  corresponde à demanda final. Assim,  $X$  equivale ao valor bruto da produção.

Reescrevendo a matriz  $X$ :

$$X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} \quad (22)$$

A partir do vetor  $X$  e da matriz de fluxos de comércio ( $Z$ ), se pode obter facilmente a matriz de coeficientes técnicos (insumos diretos)<sup>56</sup>:

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} \quad (23)$$

onde  $A_{11}$  e  $A_{22}$  são as matrizes de insumos diretos dentro da primeira e da segunda região, respectivamente. E,  $A_{12}$  e  $A_{21}$  são as matrizes de insumos diretos comprados pela segunda região e pela primeira, respectivamente.

A matriz  $A$  pode ser decomposta em duas matrizes, ou seja, pode ser apresentada em uma forma separada, que será denominada como “*Pull-Decomposition*”. Desta forma, a primeira região é decomposta de forma que é possível ver a influência na segunda região por “*pulling-inputs*” de produção (importação) da segunda região. A mesma decomposição e interpretação pode ser feita para a segunda região com relação a primeira.

---

<sup>55</sup> Cabe ressaltar que Guilhoto *et al.* (2001) ampliaram e discutiram a fundo a metodologia de Miyazawa para um modelo interregional para 5 macro regiões da economia brasileira para o ano de 1995.

<sup>56</sup> Para maiores detalhes ver seção anterior (5.1. Modelos de Insumo) e Miller e Blair (2009).

Assim, dependendo da perspectiva empregada, os elementos não pertencentes a diagonal principal da equação (23) podem ser vistas como “*push*” ou “*pull*” linkages com a outra região:

$$A = \left( \begin{array}{c|c} A_{11} & 0 \\ \hline A_{21} & 0 \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c|c} 0 & A_{12} \\ \hline 0 & A_{22} \end{array} \right) = A_1 + A_2 \quad (24)$$

Se a matriz inversa de Leontief existe para a primeira região, ela pode ser definida como:

$$B_1 = (I - A_{11})^{-1} \quad (25)$$

E, desta forma, a matriz  $B_1$  pode ser definida, segundo Miyazawa (1966), como a matriz multiplicação interna para a primeira região.

Considerando a primeira matriz da equação (24) tem-se:

$$G_1 = (I - A_1)^{-1} \quad (26)$$

Da matriz multiplicação direta, é possível obter as seguintes equações:

$$G_1 = \left( \begin{array}{c|c} B_1 & 0 \\ \hline A_{21}B_1 & I \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c|c} I & 0 \\ \hline A_{21} & I \end{array} \right) \left( \begin{array}{c|c} B_1 & 0 \\ \hline 0 & I \end{array} \right) \quad (27)$$

$$G_1(I - A) = G_1[(I - A_1) - A_2] = I - G_1A_2 \quad (28)$$

E conseqüentemente:

$$I - G_1A_2 = \left( \begin{array}{c|c} I & -B_1A_{12} \\ \hline 0 & I - A_{22} - A_{21}B_1A_{12} \end{array} \right) \quad (29)$$

Assim, a matriz inversa de Leontief pode ser definida como:

$$\Delta_2 = (I - A_{22} - A_{21}B_1A_{12})^{-1} \quad (30)$$

Esta matriz  $\Delta_2$  pode ser interpretada, segundo Sonis e Hewings (1999b), como a matriz multiplicação externa da segunda região, revelando a influência da primeira<sup>57</sup>.

Além disso, considere o seguinte bloco da matriz:

$$G_2 = (I - G_1 A_2)^{-1} \quad (31)$$

A partir da matriz multiplicação direta é possível obter a seguinte implicação:

$$G_2 = \left( \frac{I}{0} \middle| \frac{B_1 A_{12} \Delta_2}{\Delta_2} \right) = \left( \frac{I}{0} \middle| \frac{B_1 A_{12}}{I} \right) \left( \frac{I}{0} \middle| \frac{0}{\Delta_2} \right) \quad (32)$$

Além disso, a partir da equação (28) tem-se:

$$G_2 G_1 (I - A) = I \quad (33)$$

$$(I - A)^{-1} = G_2 G_1 = \left( \frac{I}{0} \middle| \frac{B_1 A_{12}}{I} \right) \left( \frac{I}{0} \middle| \frac{0}{\Delta_2} \right) \left( \frac{I}{A_{21}} \middle| \frac{0}{I} \right) \left( \frac{B_1}{0} \middle| \frac{0}{I} \right) = \left( \frac{I}{0} \middle| \frac{B_1 A_{12} \Delta_2}{\Delta_2} \right) \left( \frac{B_1}{A_{21} B_1} \middle| \frac{0}{I} \right) \quad (34)$$

Nessa visão de *linkages*, cada região pode ser considerada por exibir dois efeitos:

- Efeito de auto influência, através da influência da inversa de Leontief padrão; e
- Uma relação de “*push*” ou “*pull*” com a outra região.

Desta forma, a partir da matriz multiplicação, a fórmula de Miyazawa pode ser obtida:

$$(I - A)^{-1} = \left( \frac{B_1 + B_1 A_{12} \Delta_2 A_{21} B_1}{\Delta_2 A_{21} B_1} \middle| \frac{B_1 A_{12} \Delta_2}{\Delta_2} \right) \quad (35)$$

---

<sup>57</sup> É importante salientar que tal terminologia e interpretação são diferentes da definição original do trabalho de Miyazawa, com descrito por Sonis e Hewings (1999b).

A decomposição multiplicativa da equação (34) apresenta duas características:

- Cada região é destacada como um bloco matriz multiplicação de forma idêntica; e
- Uma hierarquia de interpretação é revelada através do subsistema regional.

Assim, neste caso, por exemplo, o bloco da matriz multiplicação da segunda região depende da influência da primeira região na segunda. Obviamente, a ordem (hierarquia) das regiões é importante. Se a hierarquia for alterada, ou seja, em vez da primeira região, como demonstrado na equação (24), a segunda região for colocada no topo da hierarquia, se tem a seguinte equação:

$$A = \left( \begin{array}{c|c} 0 & A_{12} \\ \hline 0 & A_{22} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c|c} A_{11} & 0 \\ \hline A_{21} & 0 \end{array} \right) = A'_1 + A'_2 \quad (36)$$

Então:

$$G'_1 = (I - A'_1)^{-1} = \left( \begin{array}{c|c} I & -A_{12} \\ \hline 0 & I - A_{22} \end{array} \right)^{-1} = \left( \begin{array}{c|c} I & A_{12}B_2 \\ \hline 0 & B_2 \end{array} \right) \quad (37)$$

Assim, a partir da equação (37), é possível obter a matriz multiplicação interna para a segunda região:

$$B_2 = (I - A_{22})^{-1} \quad (38)$$

De forma adicional:

$$G'_2 = (I - G'_1 A'_2)^{-1} = \left( \begin{array}{c|c} I - A_{11} - A_{12}B_2A_{21} & 0 \\ \hline -B_2A_{21} & I \end{array} \right)^{-1} = \left( \begin{array}{c|c} \Delta_1 & 0 \\ \hline B_2A_{21}\Delta_1 & I \end{array} \right) \quad (39)$$

A partir desta última equação (39), é possível obter a matriz multiplicação externa para a primeira região, revelando a influência dos insumos da segunda:

$$\Delta_1 = (I - A_{11} - A_{12}B_2A_{21})^{-1} \quad (40)$$

Análogo à equação (34), é possível obter um subsistema regional. Porém, com uma transformação na hierarquia das regiões:

$$(I - A)^{-1} = G'_2 G'_1 = \left( \frac{\Delta_1}{B_2 A_{21} \Delta_1} \middle| \frac{0}{I} \right) \left( \frac{I}{0} \middle| \frac{A_{12} B_2}{B_2} \right) = \left( \frac{\Delta_1}{B_2 A_{21} \Delta_1} \middle| \frac{\Delta_1 A_{12} B_2}{B_2 + B_2 A_{21} \Delta_1 A_{12} B_2} \right) \quad (41)$$

Das equações (35) e (41), se pode obter as seguintes igualdades:

$$\begin{aligned} \text{i)} \quad & \Delta_1 = B_1 + B_1 A_{12} \Delta_2 A_{21} B_1 \\ \text{ii)} \quad & \Delta_2 = B_2 + B_2 A_{21} \Delta_1 A_{12} B_2 \\ \text{iii)} \quad & B_1 A_{12} \Delta_2 = \Delta_1 A_{12} B_2 \\ \text{iv)} \quad & B_2 A_{21} \Delta_1 = \Delta_2 A_{21} B_1 \end{aligned} \quad (42)$$

Para fins desse trabalho, se tem a seguinte e hierarquia e estrutura metodológica<sup>58</sup>:

A matriz inversa de Leontief é dada por:

$$B = (I - A)^{-1} = \left( \frac{B_{11}}{B_{21}} \middle| \frac{B_{12}}{B_{22}} \right) \quad (43)$$

As matrizes de multiplicadores de Miyazawa interno para as duas regiões são dadas por:

$$B_1 = (I - A_{11})^{-1} \quad (44)$$

$$B_2 = (I - A_{22})^{-1} \quad (45)$$

onde  $B_1$  representa a matriz de multiplicadores interno para uma das regiões (países) em questão e  $B_2$  a matriz de multiplicadores interno para a outra região (país).

<sup>58</sup> Baseado em (HEWINGS; OKUYAMA; SONIS, 2001).

Utilizando a equação (23), (44) e (45), as seguintes equações podem ser obtidas:

$$P_1 = A_{21}B_1 \quad (46)$$

$$P_2 = B_1A_{12} \quad (47)$$

$$S_1 = A_{12}B_2 \quad (48)$$

$$S_2 = B_2A_{21} \quad (49)$$

onde  $P_1$  representa a matriz multiplicação de insumo da região 1 para a região 2 induzido pela propagação interna na região 1. E  $P_2$  representa a matriz multiplicação da propagação interna na região 1 induzido por transações da região 2 para 1. Uma interpretação análoga pode ser feita para  $S_1$  e  $S_2$ , respectivamente.

Tendo feito tal procedimento, as matrizes de multiplicador externo para as regiões podem ser obtidas:

$$\Delta_{11} = (I - P_2S_2)^{-1} = (I - B_1A_{12}B_2A_{21})^{-1} \quad (50)$$

$$\Delta_{22} = (I - S_2P_2)^{-1} = (I - B_2A_{21}B_1A_{12})^{-1} \quad (51)$$

Cabe ressaltar, que  $\Delta_{11}$  inclui os efeitos diretos, indiretos e induzidos dos setores da primeira região provenientes da demanda de insumos da segunda região. Uma relação análoga pode ser estabelecida para  $\Delta_{22}$ .

Tendo especificado e derivado a metodologia em termo de multiplicadores de Miyazawa, pode-se estender para a questão ambiental, *i.e.*, emissões de CO<sub>2</sub>.

Assim, para fins de decomposição da metodologia em termos de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>), os multiplicadores das equações (40) e (30) são reescritos, respectivamente, da seguinte forma:

$$\Delta_1 = \Delta_{11}B_1 \quad (52)$$

$$\Delta_2 = \Delta_{22}B_2 \quad (53)$$

Além das decomposições demonstradas, tal como exposto por Fritz *et al.* (1998), a seguinte decomposição da matriz inversa de Leontief, representada na equação (23), pode ser obtida:

$$(I - A)^{-1} = \begin{pmatrix} \Delta_1 & B_1 A_{12} \Delta_2 \\ \Delta_2 A_{21} B_1 & \Delta_2 \end{pmatrix} \quad (54)$$

Para fins de simplificação, primeiro, será tomado, como exemplo, a influência da região 1 no produto da região 2. Assim, a primeira matriz de interesse da decomposição da inversa de Leontief, equação (54),  $\Delta_2 A_{21} B_1$ , revela a influência da propagação interna dos setores da região 1 no nível de produto dos setores da região 2.

Com o intuito de obter os impactos dos setores da região 1 em termos de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>), a matriz de interesse,  $\Delta_2 A_{21} B_1$ , é pré-multiplicada por uma matriz de coeficientes de poluição,  $\hat{R}$ , que contém zeros fora da diagonal principal e na diagonal principal coeficientes de intensidade de poluição<sup>59</sup>.

Então, a matriz de poluição pode ser obtida:

$$Pol_1 = \hat{R}[\Delta_2 A_{21} B_1] \quad (55)$$

onde  $Pol_1$  é uma matriz de multiplicadores de poluição, e os elementos,  $p_{i_2 j_1}$ , representam o aumento de poluição gerado pela indústria  $i_2$  (região 2) com resultado de um aumento de uma unidade monetária da demanda final na indústria  $i_1$  (região 1).

Em ordem de mensurar o total de poluição gerada pelo acréscimo de uma unidade no nível de produto das indústrias da região 1, os multiplicadores coluna são calculados:

$$m_{j_1} = \sum_{i_2} p_{i_2 j_1} \quad (56)$$

onde  $m_{j_1}$  é o multiplicador coluna da indústria  $j_1$  com respeito a todas as indústrias da região 2.

---

<sup>59</sup> A ideia por trás de tal operação matricial é a mesma apresentada na seção 3.2 (Modelagem das emissões de CO<sub>2</sub>), ou seja, obter resultados ponderados em termos de emissões. Entretanto, na presente seção, é apresentado a especificação de acordo com a decomposição proposta por Fritz *et al.* (1998), que segue a ideia proposta por Miyazawa, *i.e.*, particionar a matriz inversa de Leontief em propagação da atividade interna e propagação da atividade externa.

Os multiplicadores da matriz  $Pol_1$  resultam da interação de três matrizes,  $\Delta_{22}$ ,  $B_2$  e  $B_1$ , com a matriz  $A_{21}$ . Assim, as fontes de poluição induzidas pelas atividades produtivas da região 1 pode ser obtida por meio da soma na coluna dessas matrizes com relação aos setores da região 2 (Especificações I):

- i)  $\hat{R}A_{21}$  = Poluição gerada pelo requerimento direto de insumos dos setores da região 1.
- ii)  $\hat{R}A_{21}B_1$  = Poluição causada pelo requerimento direto e indireto de insumos dos setores da região 1.
- iii)  $\hat{R}B_2A_{21}B_1$  = Poluição causada pela propagação interna das indústrias da região 1 e induzida pela produção direta e indireta da região 2.
- iv)  $\hat{R}\Delta_{22}B_2A_{21}B_1$  = Multiplicador de poluição total dos setores da região 1 com poluição causada pela propagação interna das indústrias da região 1 e induzida pela propagação interna e externa da região 2

A soma na coluna das indústrias  $j_1$  com relação as matrizes especificadas em *i*, *ii*, *iii* e *iv* são denominadas como:  $m_{j_1}^1$ ,  $m_{j_1}^2$ ,  $m_{j_1}^3$  e  $m_{j_1}$ , respectivamente. E desta forma, as seguintes definições podem ser empregadas na análise empírica (Especificações II):

- i)  $m_{j_1}^1 / m_{j_1}$  = Participação do requerimento direto de insumos no multiplicador total de poluição.
- ii)  $(m_{j_1}^2 - m_{j_1}^1) / m_{j_1}$  = Participação do requerimento indireto de insumos no multiplicador total de poluição.
- iii)  $(m_{j_1}^3 - m_{j_1}^2) / m_{j_1}$  = Participação da propagação interna das indústrias da região 2 no multiplicador total de poluição.
- iv)  $(m_{j_1} - m_{j_1}^3) / m_{j_1}$  = Participação da propagação externa das indústrias da região 2 no multiplicador total de poluição.

Além disso, as relações podem ser obtidas em termos absolutos (Especificações III):

- i)  $m_{j_1}^1$  = Requerimento direto de insumos no multiplicador total.
- ii)  $m_{j_1}^2 - m_{j_1}^1$  = Requerimento indireto de insumos no multiplicador total.
- iii)  $m_{j_1}^3 - m_{j_1}^2$  = Propagação interna das indústrias da região 2 no multiplicador total.
- iv)  $m_{j_1} - m_{j_1}^3$  = Propagação externa das indústrias da região 2 no multiplicador total.

De forma análoga, pode-se derivar e investigar a influência da região 2 no produto da região 1, ou seja, obter as fontes de poluição causadas pelo acréscimo de uma unidade de demanda final da região 2 na região 1.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar os resultados do presente trabalho. Para tal, o capítulo está dividido em três seções. A primeira seção traz os coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub>. A segunda seção (Saldos comerciais globais de emissões de CO<sub>2</sub>) apresenta os resultados envolvendo o comércio internacional e as emissões de CO<sub>2</sub>. Por fim, a terceira e última seção traz os resultados acerca dos multiplicadores de Miyazawa.

### 5.1 Coeficientes de Intensidade de Emissões (Análise Descritiva)

A partir do modelo de insumo-produto e com a disponibilidade das emissões de CO<sub>2</sub>, é possível obter indicadores agregados para os diferentes países. Os Gráficos 10 a 13, por exemplo, apresentam os coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> para os 40 países mais o “restante do mundo” e para os anos de 1995, 2000, 2005 e 2009<sup>60</sup>, respectivamente<sup>61</sup>.

Ao permitir medir a intensidade que um país emite de CO<sub>2</sub>, os coeficientes de intensidade possibilitam classificar os países como intensivo ou não no que tange às emissões de CO<sub>2</sub>, ou seja, observar o comportamento de cada um dos 40 países mais o “restante do mundo” e fazer, por exemplo, uma análise comparativa entre tais países com relação ao Protocolo de Quioto (*e.g.* signatários e não-signatários<sup>62</sup>; países pertencentes ao Anexo I e Não-Anexo I<sup>63</sup>). Além disso, tais coeficientes de intensidade possibilitam a incorporação das emissões de CO<sub>2</sub> no âmbito do modelo de insumo-produto, ou seja, por meio da matriz  $\hat{E}$  (Equação 17)<sup>64</sup>.

<sup>60</sup> Os coeficientes de intensidade representam uma simples divisão da quantidade total de emissões de CO<sub>2</sub> do país pelo valor bruto da produção total do mesmo. Entretanto, cabe ressaltar que as emissões de CO<sub>2</sub> e o valor bruto da produção estão disponíveis por ramo de atividade, *i.e.*, 35 setores produtivos. Para maiores detalhes ver o Capítulo 3 (Base de Dados).

<sup>61</sup> O Anexo III traz os coeficientes de intensidade para todos os anos da presente base de dados (1995 a 2009).

<sup>62</sup> Cabe ressaltar que dentro da base de dados do presente trabalho, apenas os Estados Unidos (USA) e Taiwan (TWN) não assinaram e não ratificaram o Protocolo de Quioto. Além disso, cabe ressaltar que a Rússia (RUS) aceitou assinar e ratificar o protocolo apenas em setembro de 2004.

<sup>63</sup> Nomenclatura criada no contexto do Protocolo de Quioto, onde os países foram divididos em dois grupos: Anexo I e Não-Anexo I. No primeiro grupo foram considerados os países industrializados e grandes emissores de GEE, e no segundo foram considerados os demais países que, para atender suas necessidades básicas de desenvolvimento, precisam aumentar sua emissão de GEE (CBDS, 2002).

<sup>64</sup> Para maiores detalhes ver o Capítulo 4 (Metodologia) seção 4.2 (Modelagem das Emissões de CO<sub>2</sub>).

Entretanto, antes de analisar os coeficientes de intensidade para cada um dos países isolados, é importante observar por meio dos Gráficos 10 a 13 o comportamento da média dos coeficientes (em vermelho) para os respectivos anos (1995, 2000, 2005 e 2009).

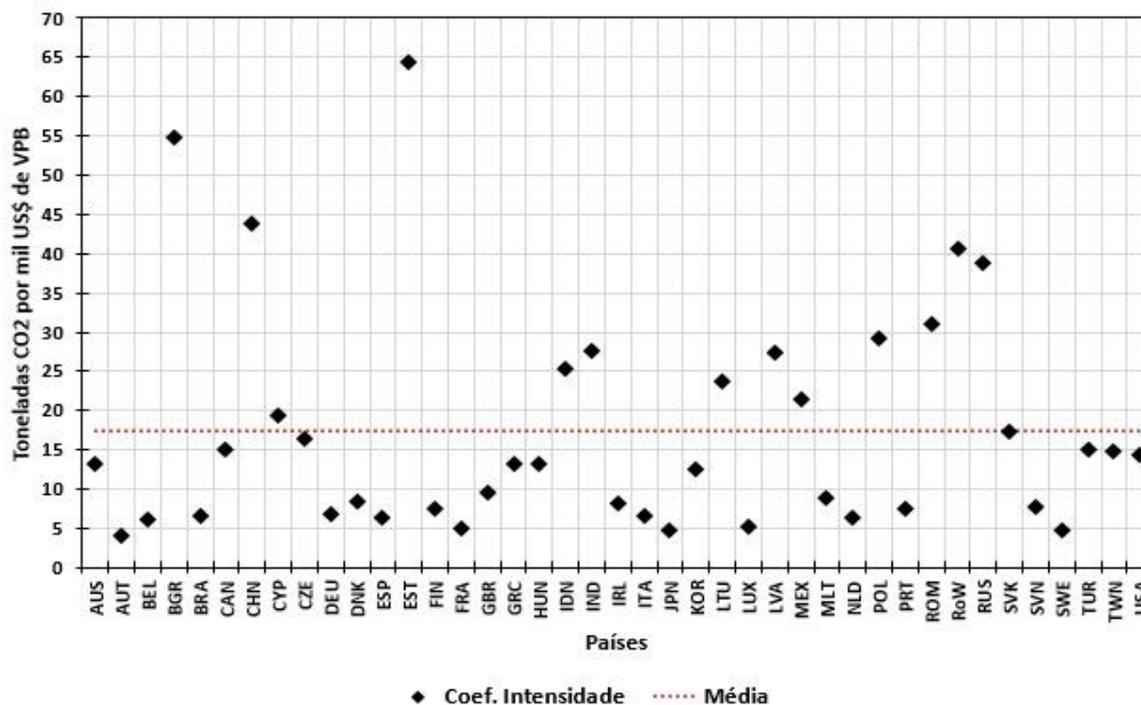
Diante de tais gráficos, é possível perceber um decréscimo da média dos coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub>. Para o ano de 1995, a média é igual a 17,397 toneladas de CO<sub>2</sub> por mil US\$ de valor bruto da produção (VBP). Enquanto que para o ano de 2000 é igual a 17,313 toneladas de CO<sub>2</sub> por mil US\$ de VBP. E para os demais anos, 2005 e 2009, é igual a 12,304 e 10,021, respectivamente.

Contudo, apesar do decréscimo no que tange à magnitude dos coeficientes de intensidade de emissão de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, tal fato representar um cenário de produção com menor intensidade de emissões de CO<sub>2</sub>, é preciso ter em mente que isso não reflete necessariamente um decréscimo da quantidade absoluta de emissões de CO<sub>2</sub>. Os resultados em questão representam um extensivo período de tempo, 15 anos (1995 a 2009), onde os países passam por diferentes momentos econômicos e que de certa forma refletem no montante de VBP. Assim, um aumento excessivo, por exemplo, do VBP de um país pode levar a um menor coeficiente de intensidade de emissão de CO<sub>2</sub> mas não a menores níveis de emissões de CO<sub>2</sub>.

Entretanto, tais resultados demonstram um importante e positivo ponto metodológico, pois dado que tais coeficientes são utilizados para ponderar as relações comerciais (incorporar as emissões de CO<sub>2</sub> no comércio internacional), possibilitam levar em consideração não apenas o montante total de emissões de uma economia, mas também o tamanho em termos econômicos (nesse caso medido pelo VBP) dos países.

Em termos de coeficientes de emissões de CO<sub>2</sub> para cada um dos países em questão, é possível destacar alguns resultados. Para o ano de 1995 (Gráfico 10), a Estônia (EST) apresenta o maior coeficiente de intensidade de emissão de CO<sub>2</sub>, igual a 64,37 toneladas de CO<sub>2</sub> por mil US\$ de VBP. Seguida pela Bulgária (BGR), China (CHN), “restante do mundo” (RoW) e Rússia (RUS), com resultados iguais a 54,73, 43,78, 40,61 e 40,61, respectivamente.

Por outro lado, os menores coeficientes são observados para a Áustria (AUT), Suécia (SWE), Japão (JPN), França (FRA) e Luxemburgo (LUX), 4,12, 4,66, 4,73, 5,08 e 5,24, respectivamente.

Gráfico 10– Coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> – 1995

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: (a) Média igual a 17,397 toneladas de CO<sub>2</sub> por mil unidades monetárias (US\$) de VBP.

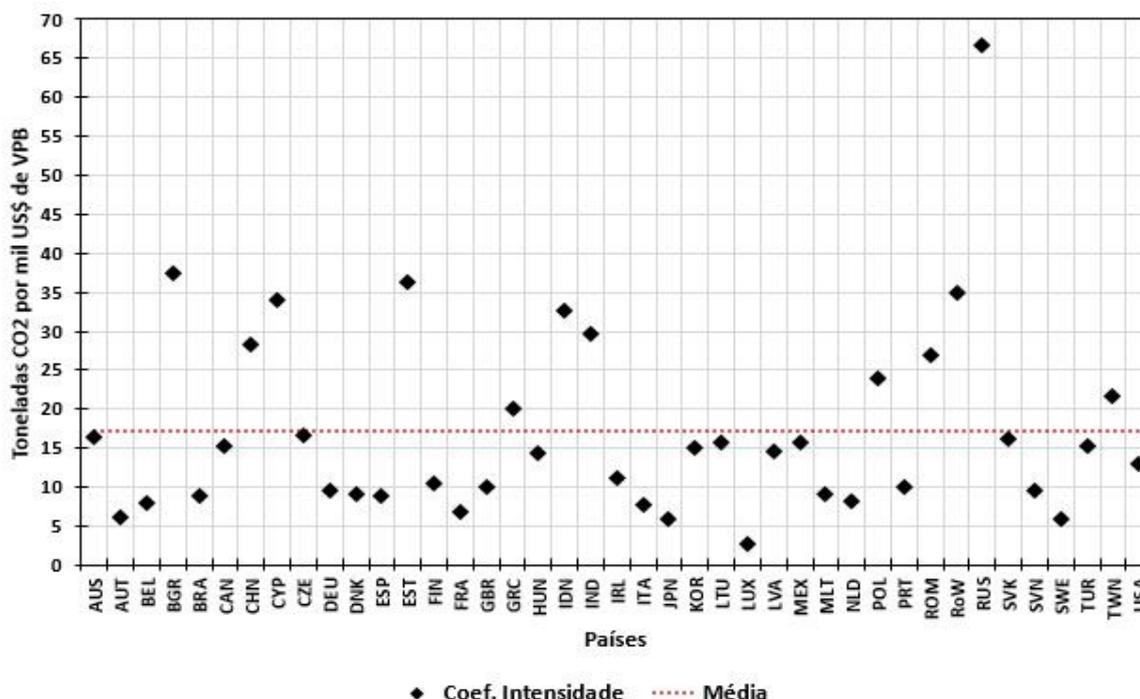
- (b) Alemanha (DEU), Austrália (AUS), Áustria (AUT), Bélgica (BEL), Brasil (BRA), Bulgária (BGR), Canadá (CAN), China (CHN), Chipre (CYP), Coreia (KOR), Dinamarca (DNK), Eslováquia (SVK), Eslovênia (SVN), Espanha (ESP), Estados Unidos (USA), Estônia (EST), Finlândia (FIN), França (FRA), Grécia (GRC), Holanda (NDL), Hungria (HUN), Índia (IND), Indonésia (IDN), Irlanda (IRL), Itália (ITA), Japão (JPN), Letônia (LVA), Lituânia (LIU), Luxemburgo (LUX), Malta (MLT), México (MEX), Polónia (POL), Portugal (PRT), Reino Unido (GBR), República Checa (CZE), “restante do mundo” (RoW), Romênia (ROM), Rússia (RUS), Suécia (SWE), Taiwan (TWN) e Turquia (TUR).

Para o ano de 2000 (Gráfico 11), é possível observar que o mesmo conjunto de países, Estônia (EST), Bulgária (BGR), “restante do mundo” (RoW) e Rússia (RUS), com exceção da China (CHN), figuram entre o grupo de países com os cinco maiores coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub>. Entretanto, a magnitude de intensidade é menor para a Estônia (EST), Bulgária (BGR) e “restante do mundo” (RoW), e maior para Rússia (RUS).

Ainda com relação à magnitude, a Estônia (EST) apresenta um decréscimo expressivo, de 64,37 toneladas de CO<sub>2</sub> por mil unidades monetárias de VBP no ano de 1995 para 36,22 em 2000. Além disso, a China (CHN) também apresenta decréscimo no período, deixando de figurar entre o grupo dos 5 maiores países intensivos em emissões de CO<sub>2</sub>. Por outro lado, a Rússia (RUS) com o aumento de seu coeficiente de intensidade de emissão de CO<sub>2</sub> passa a ocupar o posto de país com maior intensidade de emissão de CO<sub>2</sub> em 2000.

Em termos de menores coeficientes, o grupo de países, Áustria (AUT), Suécia (SWE), Japão (JPN), Luxemburgo (LUX) e França (FRA), se mantém, porém, com variações na magnitude de tais coeficientes e no *ranking*.

Gráfico 11– Coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> – 2000



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: (a) Média igual a 17,313 toneladas de CO<sub>2</sub> por mil unidades monetárias (US\$) de VBP.

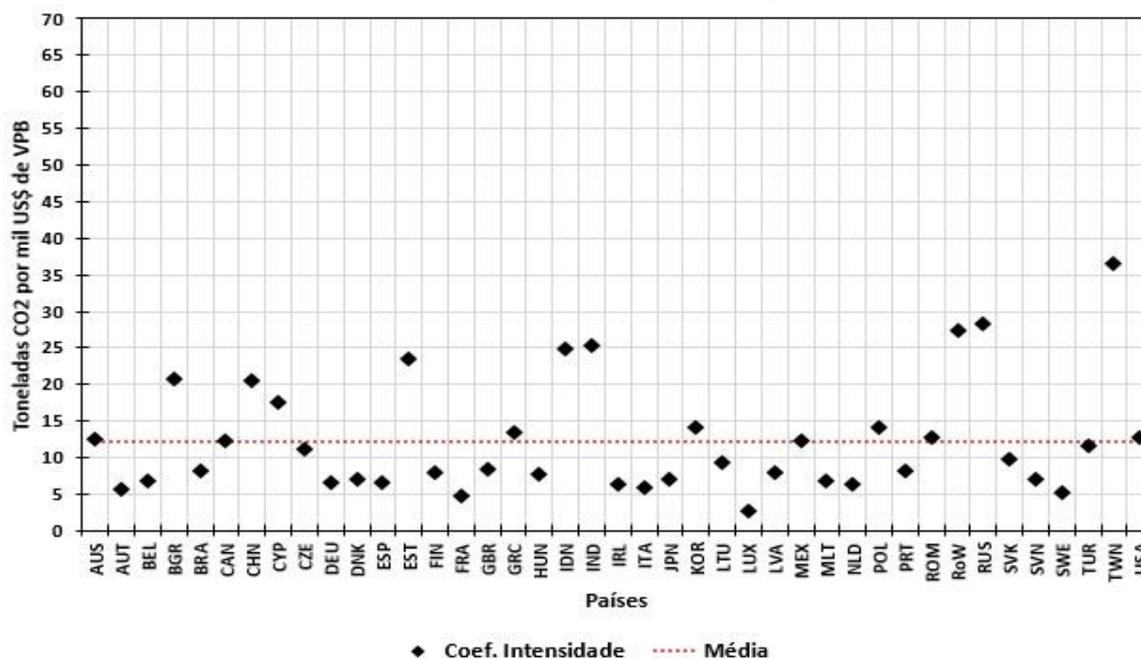
(b) Alemanha (DEU), Austrália (AUS), Áustria (AUT), Bélgica (BEL), Brasil (BRA), Bulgária (BGR), Canadá (CAN), China (CHN), Chipre (CYP), Coreia (KOR), Dinamarca (DNK), Eslováquia (SVK), Eslovênia (SVN), Espanha (ESP), Estados Unidos (USA), Estônia (EST), Finlândia (FIN), França (FRA), Grécia (GRC),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

Em termos de maiores coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub>, para o ano de 2005 (Gráfico 12) é possível observar algumas alterações. Taiwan (TWN), antes não pertencente ao grupo de países com maiores coeficientes, passa a ser em 2005 o país com maior coeficiente de intensidade de emissão de CO<sub>2</sub>, 36,58 toneladas de CO<sub>2</sub> por mil US\$ de VBP. Além disso, a Rússia (RUS), por exemplo, antes com um coeficiente de intensidade de 66,73 no ano de 2000, passa a apresentar um coeficiente igual a 28,22 em 2005.

De forma semelhante ao observado para o ano de 2000, em termos de menores coeficientes, o grupo de países, Áustria (AUT), Suécia (SWE), Luxemburgo (LUX) e França

(FRA), com exceção do Japão (JPN), se mantém, com variação na magnitude de tais coeficientes e no *ranking*.

Gráfico 12 – Coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> – 2005

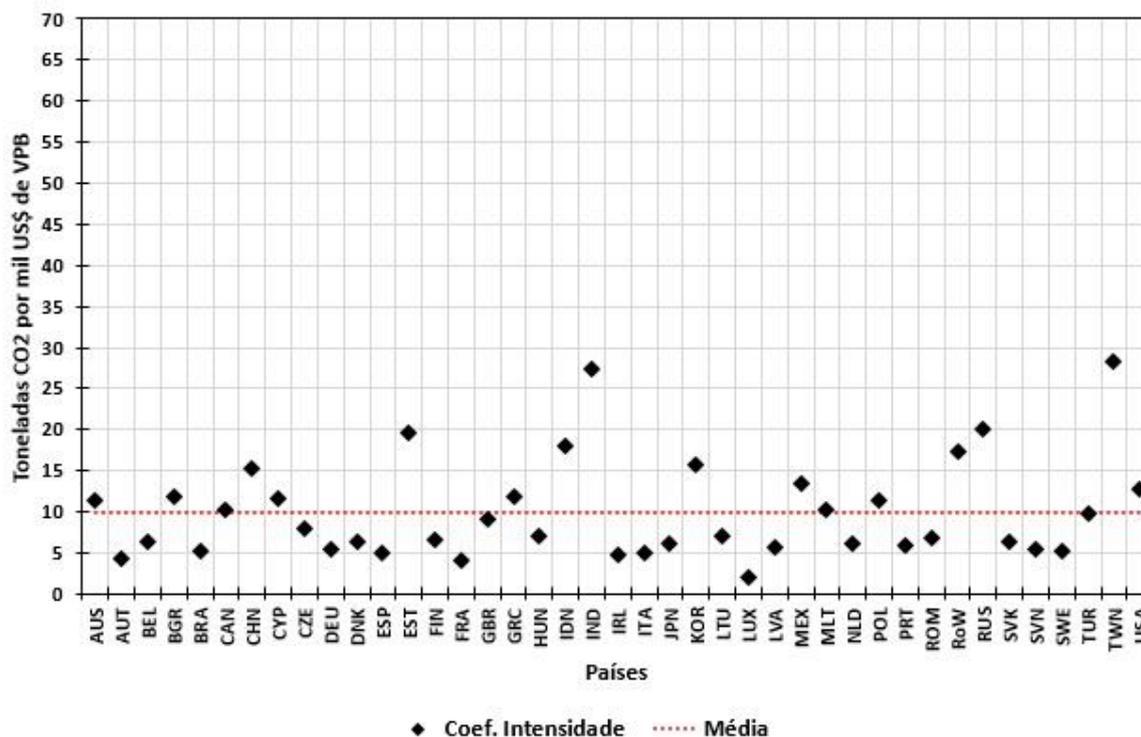


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: (a) Média igual a 12,304 toneladas de CO<sub>2</sub> por mil unidades monetárias (US\$) de VBP.

(b) Alemanha (DEU), Austrália (AUS), Áustria (AUT), Bélgica (BEL), Brasil (BRA), Bulgária (BGR), Canadá (CAN), China (CHN), Chipre (CYP), Coreia (KOR), Dinamarca (DNK), Eslováquia (SVK), Eslovênia (SVN), Espanha (ESP), Estados Unidos (USA), Estônia (EST), Finlândia (FIN), França (FRA), Grécia (GRC), Holanda (NDL), Hungria (HUN), Índia (IND), Indonésia (IDN), Irlanda (IRL), Itália (ITA), Japão (JPN), Letônia (LVA), Lituânia (LIU), Luxemburgo (LUX), Malta (MLT), México (MEX), Polónia (POL), Portugal (PRT), Reino Unido (GBR), República Checa (CZE), “restante do mundo” (RoW), Romênia (ROM), Rússia (RUS), Suécia (SWE), Taiwan (TWN) e Turquia (TUR).

Assim como observado no ano de 2005, em 2009 (Gráfico 13), é possível verificar algumas alterações em termos de maiores coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub>. Ademais, tal como em 2005, a alteração no *ranking* dos países se justifica mais pelo decréscimo dos coeficientes de intensidade de outros países do que propriamente dito um aumento dos coeficientes dos países que passam a figurar entre os mais intensivos em emissões de CO<sub>2</sub>. Para tal ano, os países com maiores coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> foram: Taiwan (TWN), Índia (IND), Rússia (RUS), Estônia (EST) e Indonésia (IDN).

Gráfico 13 – Coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> – 2009

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: (a) Média igual a 10,02 toneladas de CO<sub>2</sub> por mil unidades monetárias (US\$) de VBP.

(b) Alemanha (DEU), Austrália (AUS), Áustria (AUT), Bélgica (BEL), Brasil (BRA), Bulgária (BGR), Canadá (CAN), China (CHN), Chipre (CYP), Coreia (KOR), Dinamarca (DNK), Eslováquia (SVK), Eslovênia (SVN), Espanha (ESP), Estados Unidos (USA), Estônia (EST), Finlândia (FIN), França (FRA), Grécia (GRC), Holanda (NDL), Hungria (HUN), Índia (IND), Indonésia (IDN), Irlanda (IRL), Itália (ITA), Japão (JPN), Letônia (LVA), Lituânia (LIU), Luxemburgo (LUX), Malta (MLT), México (MEX), Polónia (POL), Portugal (PRT), Reino Unido (GBR), República Checa (CZE), “restante do mundo” (RoW), Romênia (ROM), Rússia (RUS), Suécia (SWE), Taiwan (TWN) e Turquia (TUR).

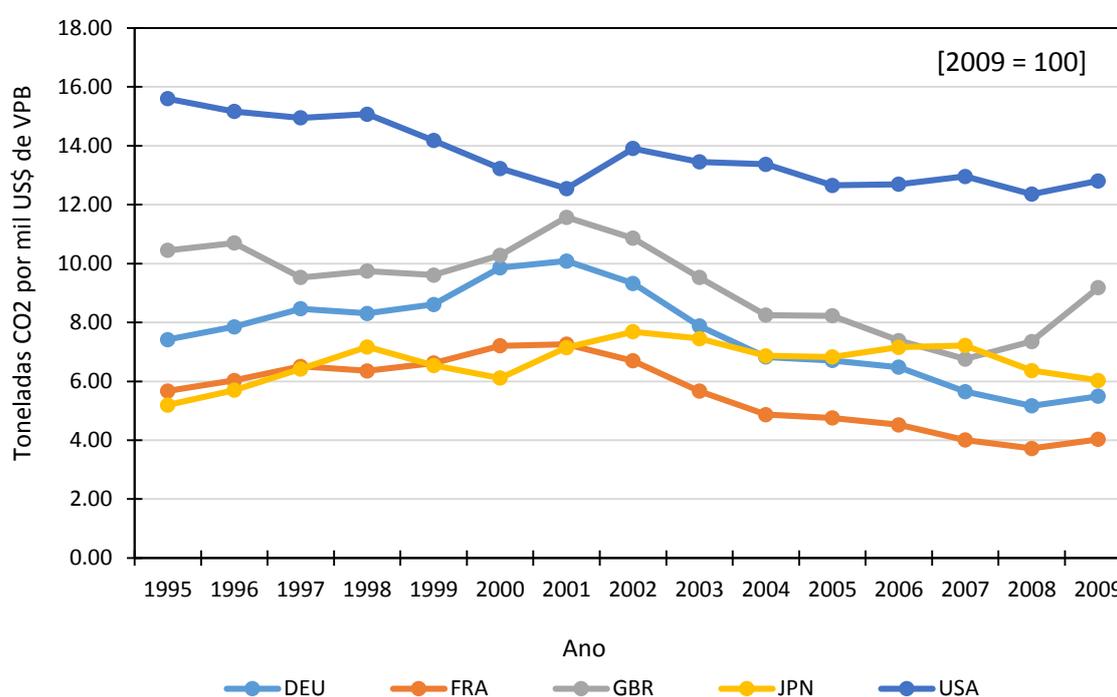
Em termos de menores coeficientes, algo similar pode ser observado. A alteração no *ranking* dos países se justifica pelo decréscimo dos coeficientes de intensidade de países como Irlanda (IRL) e Itália (ITA). Assim, países que antes figuravam entre o grupo dos 5 menores intensivos em emissões de CO<sub>2</sub>, como Suécia (SWE) e Japão (JPN), deixam de fazer parte desse grupo não por um aumento dos seus coeficientes e sim por um decréscimo no coeficiente de outros países. Desta forma, os menores coeficientes são observados para Luxemburgo (LUX), França (FRA), Áustria (AUT), Irlanda (IRL) e Itália (ITA), iguais a 2,05, 4,03, 4,38, 4,72 e 4,97, respectivamente.

Apesar dos Gráficos 10 a 13 apresentarem os coeficientes de intensidade de emissão para os 40 países selecionados mais o “restante do mundo” e para os anos de 1995, 2000, 2005 e 2009, respectivamente, dado a relevância e o foco do presente estudo, é importante

observar o comportamento em termos de coeficientes de intensidade de emissão de CO<sub>2</sub> para alguns países separados<sup>65</sup> e com um maior grau de detalhamento (*i.e.* evolução temporal).

Diante disso, os Gráficos 14 e 15, trazem a evolução temporal dos coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> para os Estados Unidos (USA), Alemanha (DEU), França (FRA), Reino Unido (GBR) e Japão (JPN), e China (CHN), Brasil (BRA), Índia (IND) e Rússia (RUS), respectivamente.

Gráfico 14 – Coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> (Principais Economias)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: Alemanha (DEU), Estados Unidos (USA), França (FRA), Japão (JPN) e Reino Unido (GBR).

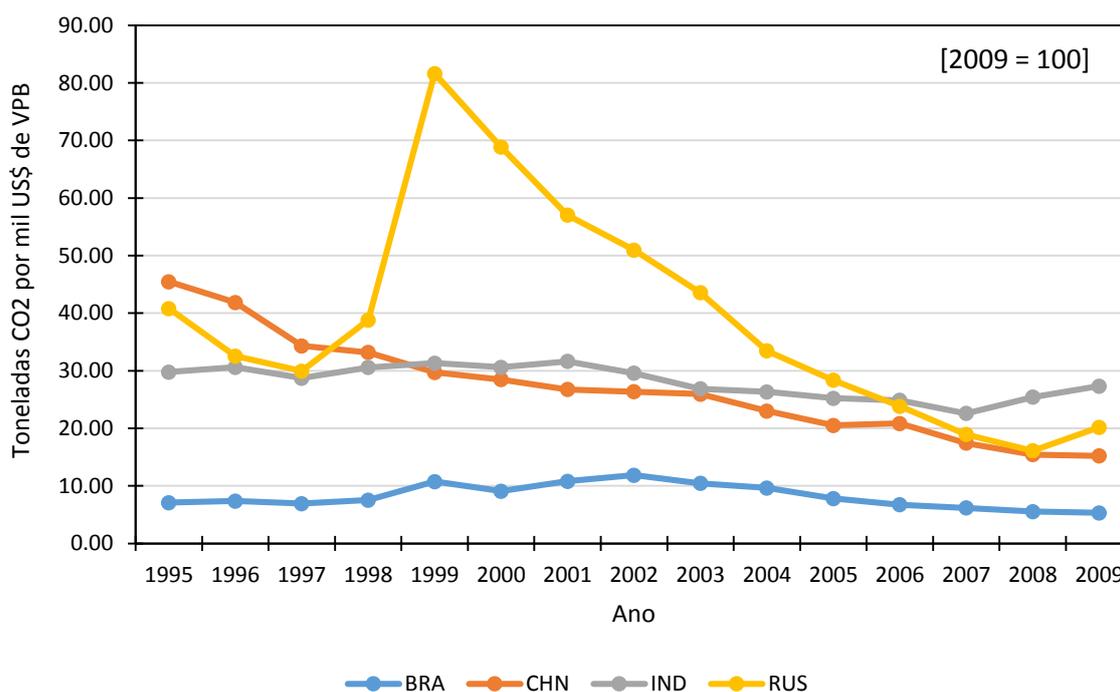
A partir do Gráfico 14, é possível observar de forma geral, tal como para a média (linha vermelha nos Gráficos 10 a 13), um decréscimo no que tange a magnitude do coeficiente de intensidade de emissão de CO<sub>2</sub> para os países selecionados (Alemanha, França, Reino Unido, Japão e Estados Unidos), representando um cenário de produção com menor intensidade de emissões de CO<sub>2</sub>. Entretanto, como mencionado anteriormente, é

<sup>65</sup> Tal seleção tem como intuito motivar, através destes resultados preliminares, discussões acerca das hipóteses e teorias discutidas no capítulo 2 (Revisão de Literatura).

preciso ter em mente que isso não reflete necessariamente em um decréscimo da quantidade absoluta de emissões de CO<sub>2</sub>.

Tal ponto de discussão se mostra ainda mais relevante quando se observa os coeficientes de intensidade de países em desenvolvimento, por exemplo. Por meio do Gráfico 15, é possível observar que os coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> para os países considerados de certa forma em desenvolvimento (Brasil, Rússia, Índia e China) e para o período analisado no presente trabalho (1995 a 2009), apresentam um comportamento de decréscimo no que tange sua magnitude, com destaque para o expressivo decréscimo do coeficiente de intensidade da Rússia. Entretanto, como apresentado no capítulo 3 (Base de Dados) seção 3.2 (Descrição dos dados selecionados), tais países apresentam para o mesmo período um comportamento de acréscimo em termos de emissões absolutas de CO<sub>2</sub>.

Gráfico 15 – Coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> (BRIC)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: Brasil (BRA), China (CHN), Índia (IND) e Rússia (RUS).

Dados os resultados apresentados nos Gráficos 14 e 15, é possível pensar a respeito das questões envolvendo o Protocolo de Quioto, como por exemplo, diferença de comportamento entre os países signatários e não-signatários, ou entre países pertencentes ao Anexo I e Não-Anexo I.

Assim, para tal, no Gráfico 14, como mencionado anteriormente, é possível ver os coeficientes de intensidade para os Estados Unidos (USA), Alemanha (DEU), França (FRA), Reino Unido (GBR) e Japão (JPN), exemplos de países pertencentes ao Anexo I. E, por outro lado, no Gráfico 15, é possível observar os coeficientes de intensidade de emissão de CO<sub>2</sub> para China (CHN), Brasil (BRA), Índia (IND) e Rússia (RUS), exemplos, com exceção da Rússia (pertence ao Anexo I), de países pertencentes ao Não-Anexo I.

O ponto de destaque e discussão novamente passa pela magnitude do coeficiente de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> e o comportamento em termos de emissões absolutas. Utilizar os coeficientes para tirar conclusões acerca do padrão de emissões dos países é de certa forma enganoso, pois não reflete necessariamente em um decréscimo ou acréscimo da quantidade absoluta de emissões de CO<sub>2</sub>. Por exemplo, o comportamento dos países pertencentes ao Anexo I e os Não-Anexo I (exemplificados nos Gráficos 14 e 15) são de certa forma parecidos no que tange a tendência, ou seja, com um decréscimo ao longo do tempo, entretanto, se pensarmos no propósito do Protocolo de Quioto e na classificação de tais grupos seria esperado observar um comportamento antagônico.

De forma geral, os resultados apresentados na presente seção são relevantes devido ao seu caráter descritivo, pois possibilitam obter um panorama geral da economia mundial em termos de emissões de CO<sub>2</sub>. Entretanto, como destacado anteriormente, para o presente trabalho, os coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> são mais importantes em termos metodológicos do que em termos de resultado propriamente dito, pois são utilizados para incorporar as emissões de CO<sub>2</sub> no comércio internacional (em termos das tabelas de Insumo-Produto), possibilitando obter resultados e discussões no que tange às emissões de CO<sub>2</sub> e comércio internacional.

Assim, os resultados e discussões envolvendo emissões e comércio internacional são apresentados nas duas próximas seções do presente capítulo (5.2 SalDOS Comerciais Globais de Emissões de CO<sub>2</sub> e 5.3 Multiplicadores de Miyazawa).

## 5.2 Saldos Comerciais Globais de Emissões de CO<sub>2</sub><sup>66</sup>

Além dos coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub>, os modelos de insumo-produto, como exposto por Wiebe *et al.* (2012), permitem obter indicadores de produção e consumo das emissões de CO<sub>2</sub> para países e regiões, por exemplo, levando em conta as emissões que ocorrem ao longo das cadeias produtivas internacionais existentes.

Assim, para o presente trabalho, os saldos comerciais globais de emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no comércio internacional são calculadas para os 40 países (Anexo IV a VII) e os principais importadores líquidos e exportadores líquidos de emissões de CO<sub>2</sub> na economia mundial podem ser identificados. Desta forma, como exposto por Wiebe *et al.* (2012), os resultados são capazes de mostrar até que ponto a demanda final de um país é responsável por emissões produzidas no exterior, por exemplo.

Ademais, esses tipos de cálculos representam a base empírica para a discussão sobre as responsabilidades pelas emissões, sendo possível, por exemplo, fazer uma discussão acerca das responsabilidades entre os países produtores e consumidores por impactos ambientais (WIEBE *et al.*, 2012).

Os saldos de comércio de carbono são calculados a partir da matriz  $\pi$  (equação 20) para todos os países e são apresentados como balanços de CO<sub>2</sub> nos Anexos IV a VII, para os anos 1995, 2000, 2005 e 2009, respectivamente. Entretanto, cabe ressaltar, tal como a estratégia utilizada por Wiebe *et al.* (2012) e adaptada para a base de dados do presente trabalho, para fins de cálculo dos saldos comerciais globais de emissões de CO<sub>2</sub> a matriz  $\pi$  é agregada em uma matriz de comércio  $41 \times 41$  (número de unidades espaciais, *i.e.* 40 países mais o “restante do mundo”, do Projeto WIOD), exibindo as vendas em termos de CO<sub>2</sub> de cada país nas linhas e as compras em termos de CO<sub>2</sub> de cada país nas colunas. Assim, a partir desta matriz é feito o cálculo dos saldos comerciais de carbono para cada país. As importações são oriundas das somas das linhas, menos o elemento da diagonal principal, e as exportações são oriundas das somas das colunas, mais uma vez, menos o elemento da diagonal principal<sup>67</sup>.

---

<sup>66</sup> Cabe ressaltar que os resultados da presente seção foram deflacionados a partir de dados do *Bureau of Economic Analysis* (BEA), *i.e.* utilizou-se de um índice de preços (*Chain-Type Price Indexes for Gross Output by Industry*) para levar a base de dados para um ano base, no caso 2009.

<sup>67</sup> As entradas na diagonal principal são as emissões que são produzidos e consumidos dentro do próprio país.

Assim, de forma geral as emissões incorporadas na produção e no consumo são provenientes dos fluxos intermediários entre os 40 países mais o “restante do mundo”. A poluição incorporada na produção corresponde as emissões de CO<sub>2</sub> associadas a venda de insumos por parte de uma unidade espacial (um país para os outros 39 países e o “restante do mundo”). E de forma análoga, a poluição incorporada no consumo corresponde as emissões associadas a aquisição de insumos.

Desta forma, para fins de comparação e exemplificação, o Gráfico 16 traz a evolução dos saldos globais de emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no comércio internacional<sup>68</sup>, ou seja, emissões incorporadas no consumo (linhas pontilhadas) e na produção (linhas sólidas) para cinco países, China (CHN), Alemanha (DEU), Reino Unido (GBR), Estados Unidos (USA) e Japão (JPN).

Assim, diante do Gráfico 16 é possível perceber que a linha pontilhada está acima da linha sólida para os Estados Unidos (USA), ou seja, as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no consumo são maiores do que as emissões incorporadas na produção, para os anos de 1995 a 2009.

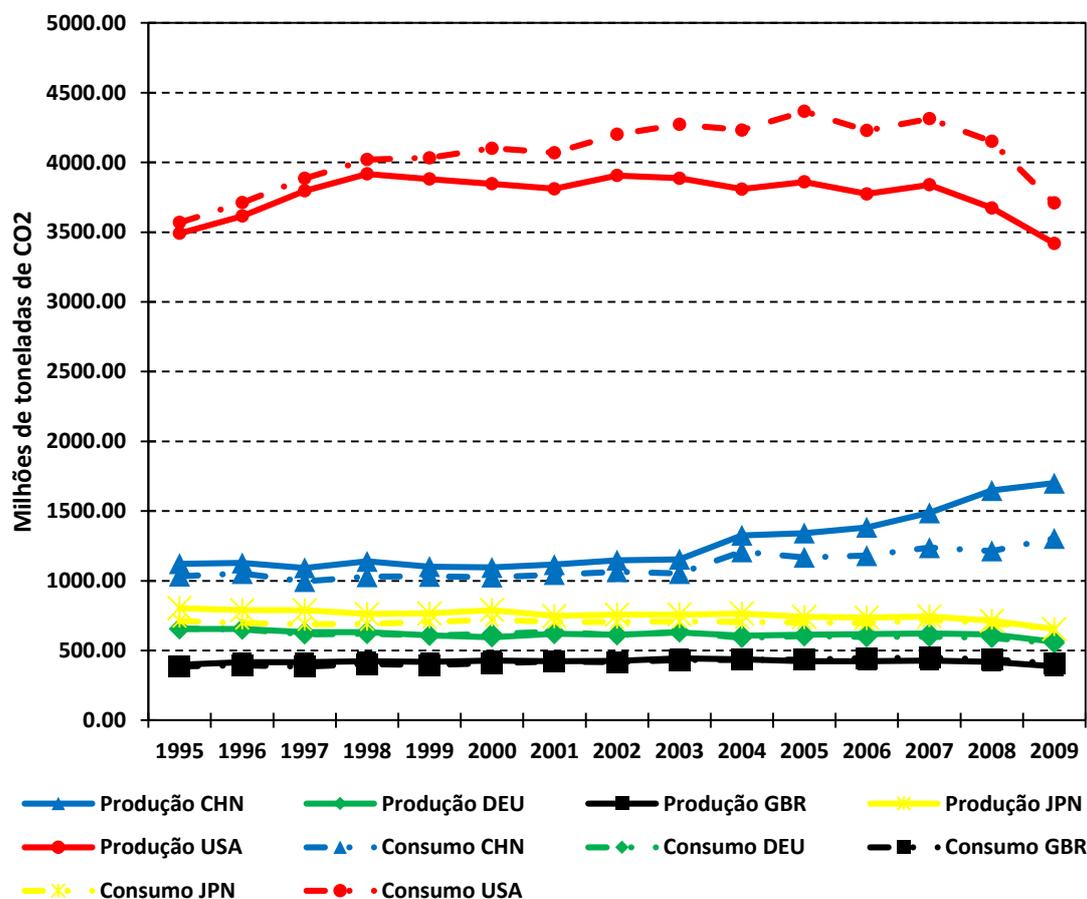
Por outro lado, para o Reino Unido (GBR) a linha sólida (produção) está acima da linha pontilhada (consumo) até o ano de 2004, passando à apresentar comportamento semelhante aos Estados Unidos (USA) apenas a partir de 2005. E para a Alemanha (DEU), é possível observar um comportamento com oscilações entre os anos de 1995 a 2003 e a partir de 2004 um comportamento contrário ao apresentado pelo Estados Unidos (USA), com as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas na produção maiores do que as emissões incorporadas no consumo.

E, por fim, para o Japão (JPN) e China (CHN) é possível perceber que a linha sólida está acima da linha pontilhada, ou seja, de forma contrária ao comportamento apresentado pelos Estados Unidos (USA), para os dois países em questão as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas na produção são maiores do que as emissões incorporadas no consumo, para os anos de 1995 a 2009.

---

<sup>68</sup> Cabe ressaltar que as emissões incorporadas no comércio internacional correspondem as emissões associadas aos fluxos intermediários das matrizes de insumo-produto.

Gráfico 16 – Emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no consumo e na produção (Principais Economias) – [2009 = 100]



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

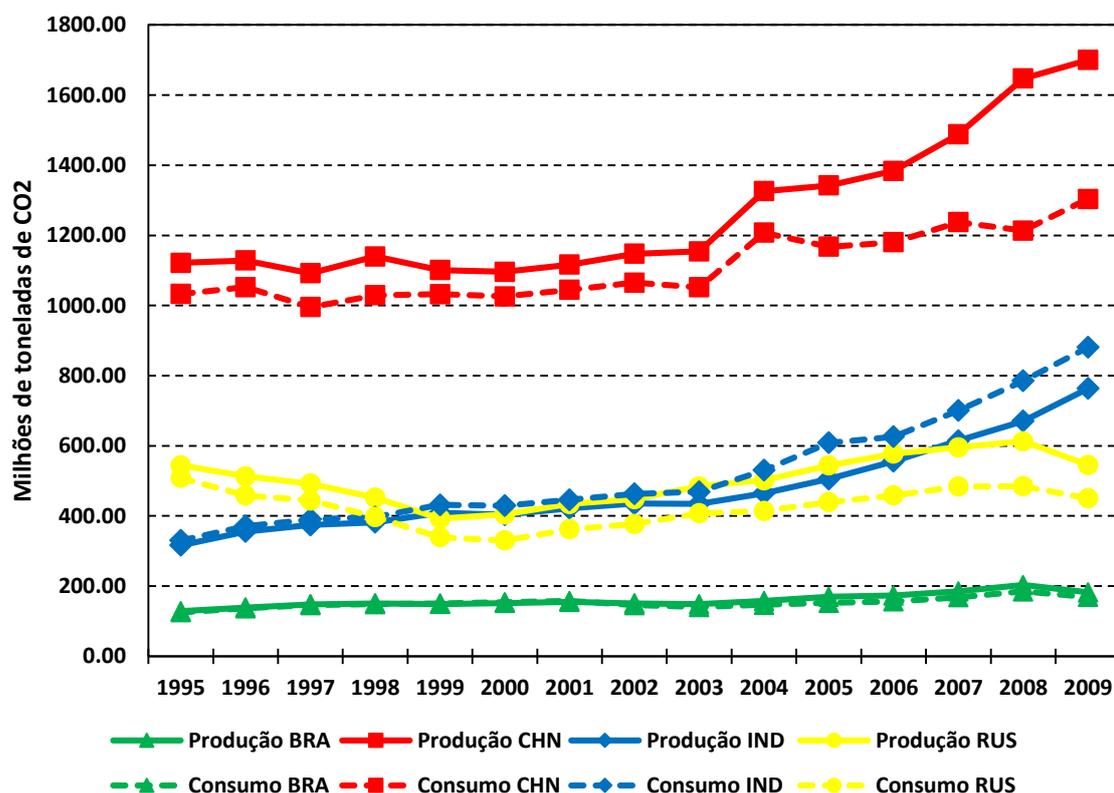
Nota: China (CHN), Alemanha (DEU), Reino Unido (GBR), Estados Unidos (USA) e Japão (JPN).

De forma análoga ao Gráfico 16, o Gráfico 17 traz a evolução dos saldos comerciais globais de emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no comércio internacional, ou seja, emissões incorporadas no consumo (linhas pontilhadas) e na produção (linhas sólidas), entretanto para uma gama diferente de países, os BRIC, *i.e.*, Brasil (BRA), Rússia (RUS), Índia (IND) e China (CHN).

Por meio do Gráfico 17, por um lado, é possível observar que a Rússia (RUS) apresenta comportamento semelhante ao apresentado pela China (CHN), com a linha sólida acima da linha pontilhada, ou seja, as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas na produção sendo maiores do que as emissões incorporadas no consumo, para os anos de 1995 a 2009. O Brasil (BRA), por sua vez, apresenta uma linha sólida acima da linha pontilhada, para a maioria dos anos, com exceção de 1999 a 2001.

Entretanto, por outro lado, a IND apresenta um comportamento diferente, onde as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no consumo são maiores do que as emissões incorporadas na produção, para os anos de 1995 a 2009.

Gráfico 17 – Emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no consumo e na produção (BRIC) - [2009 = 100]



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: Brasil (BRA), Rússia (RUS), Índia (IND) e China (CHN).

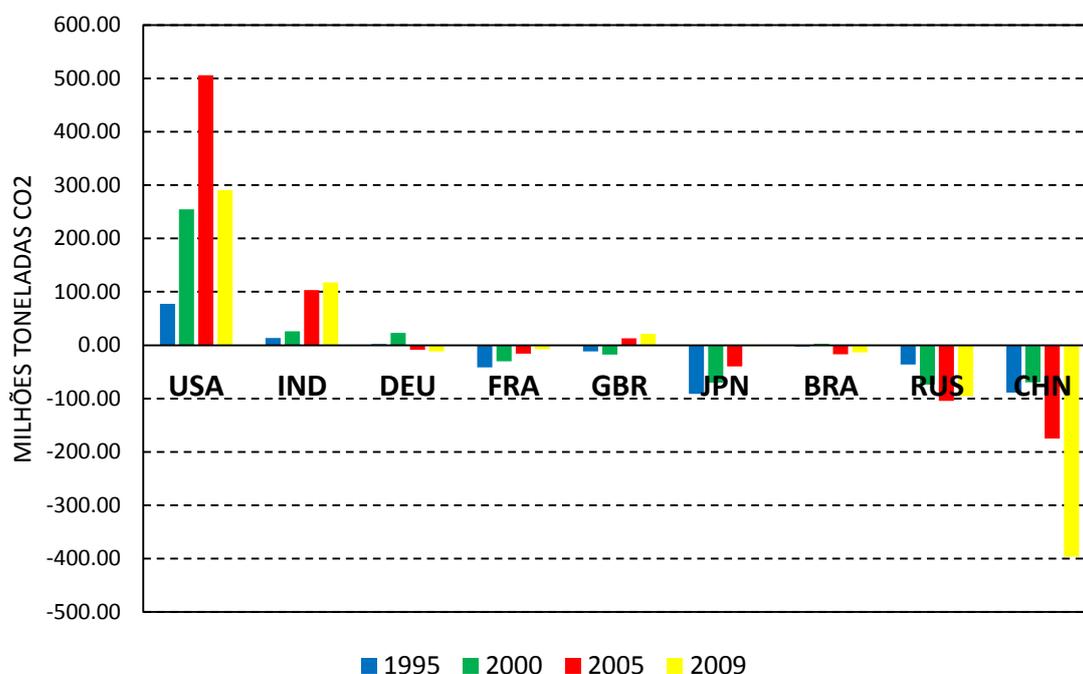
Além disso, com o intuito de mostrar graficamente os saldos comerciais, o Gráfico 18 traz, para fins de comparação, resultados dos saldos comerciais para algumas das principais economias mundial, tal como Estados Unidos (USA), Alemanha (DEU), França (FRA), Reino Unido (GBR), Japão (JPN), Rússia (RUS), China (CHN), Brasil (BRA) e Índia (IND), por exemplo. Assim, por meio de tal gráfico é possível observar quais desses países são classificados como importadores líquidos de CO<sub>2</sub> e quais são classificados como exportadores líquidos de CO<sub>2</sub><sup>69</sup>, para os anos de 1995, 2000, 2005 e 2009.

<sup>69</sup> Cabe ressaltar que os termos importador e exportador líquido de CO<sub>2</sub> referem ao saldo das emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no comércio internacional.

Os Estados Unidos (USA) é o país com maiores importações líquidas de CO<sub>2</sub> para os quatro anos em questão, sendo possível observar um comportamento de crescimento até 2005, mais do que triplicando suas importações líquidas de CO<sub>2</sub>, e um decréscimo no ano de 2009.

Por outro lado, o país com maiores exportações líquidas de CO<sub>2</sub> para o ano de 1995 é o Japão (JPN), para o ano de 2000 a Rússia (RUS) e para os anos de 2005 e 2009 a China (CHN). Ademais, é importante ressaltar o crescimento evidenciado para a China (CHN), onde a exportação líquida de CO<sub>2</sub> quadruplica quando se compara o ano de 1995 com o de 2009.

Gráfico 18 – Importador líquido e exportador líquido de emissões de CO<sub>2</sub> - [2009 = 100]



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: (a) Os valores positivos indicam importadores líquidos de CO<sub>2</sub> e os valores negativos indicam exportadores líquidos de CO<sub>2</sub>.

(b) Estados Unidos (USA), Alemanha (DEU), França (FRA), Reino Unido (GBR), Japão (JPN), Rússia (RUS), China (CHN), Brasil (BRA) e Índia (IND).

Com relação à classificação dos países em exportadores ou importadores líquidos de CO<sub>2</sub>, é possível observar os Estados Unidos (USA) e Índia (IND) como importadores líquidos nos quatro anos (1995, 2000, 2005 e 2009). De forma contrária, França (FRA),

Japão (JPN), Rússia (RUS) e China (CHN) são classificados como exportadores líquidos nos quatro anos.

Entretanto, alguns países como Brasil (BRA), Alemanha (DEU) e Reino Unido (GBR) apresentam comportamentos diferentes ao longo dos anos.

A Alemanha (DEU), por exemplo, nos dois primeiros anos, 1995 e 2000, é classificada como importadora líquida de CO<sub>2</sub>, entretanto em 2005 e 2009 inverte e passa a apresentar um perfil de exportadora líquida de CO<sub>2</sub>.

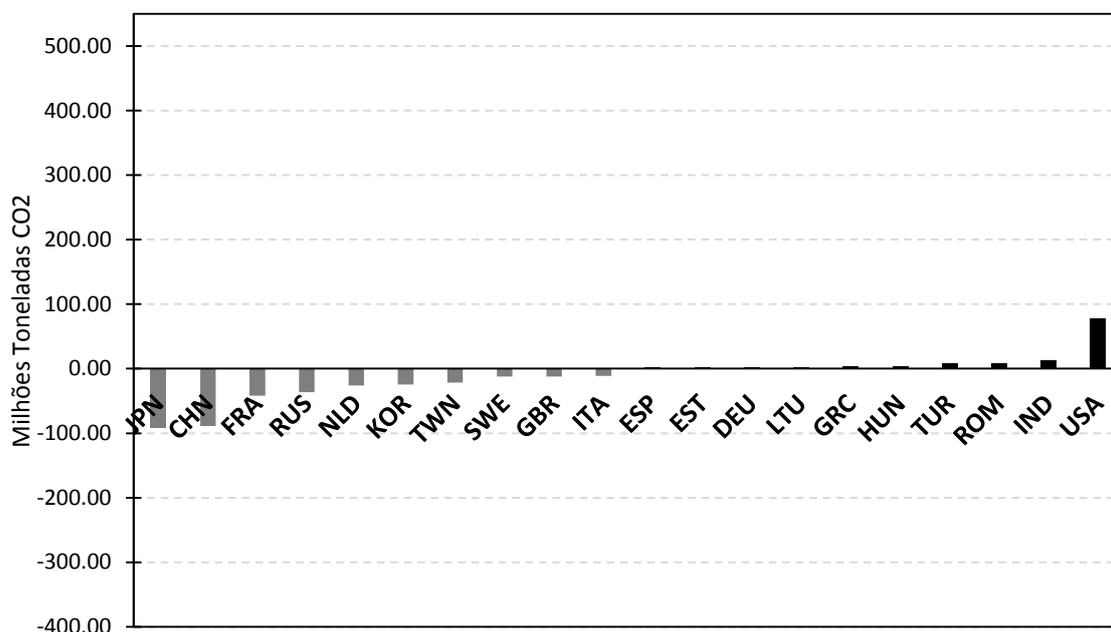
Com relação ao Reino Unido (GBR), a trajetória se dá de forma contrária à Alemanha (DEU), sendo possível observar um perfil de exportador líquido nos dois primeiros anos e importador líquido nos dois últimos anos. Por fim, o Brasil (BRA) apresenta um comportamento de exportador líquido nos anos de 1995, 2005 e 2009, ou seja, sendo classificado como importador líquido apenas o ano de 2000.

Diante de tais resultados e com o intuito de observar os resultados para a amostra completa de países (40 países), os Gráficos 19 a 22 trazem os 10 maiores importadores líquidos de emissões de CO<sub>2</sub> e os 10 maiores exportadores líquidos de emissões de CO<sub>2</sub>, para os anos de 1995, 2000, 2005 e 2009, respectivamente.

Para o ano de 1995 (Gráfico 19), os maiores exportadores líquidos de emissões de CO<sub>2</sub> são: Japão (JPN), China (CHN), França (FRA), Rússia (RUS), Holanda (NDL), Coreia (KOR), Taiwan (TWN), Suécia (SWE), Reino Unido (GBR) e Itália (ITA). Cabe ressaltar que o Japão (JPN) e a China (CHN) se destacam por apresentar um saldo mais que o dobro, por exemplo, do que o saldo da França (FRA), terceiro maior país exportador líquido.

Em termos de importadores líquidos, os países com maiores saldos são: Estados Unidos (USA), Índia (IND), Romênia (ROM), Turquia (TUR), Hungria (HUN), Grécia (GRC), Lituânia (LTU), Alemanha (DEU), Estônia (EST) e Espanha (ESP). É importante destacar que o saldo dos Estados Unidos (USA) é mais que o triplo do saldo da Índia (IND), por exemplo, segundo maior país importador líquido.

Gráfico 19 – Maiores importadores e exportadores líquidos de emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no comércio – 1995



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

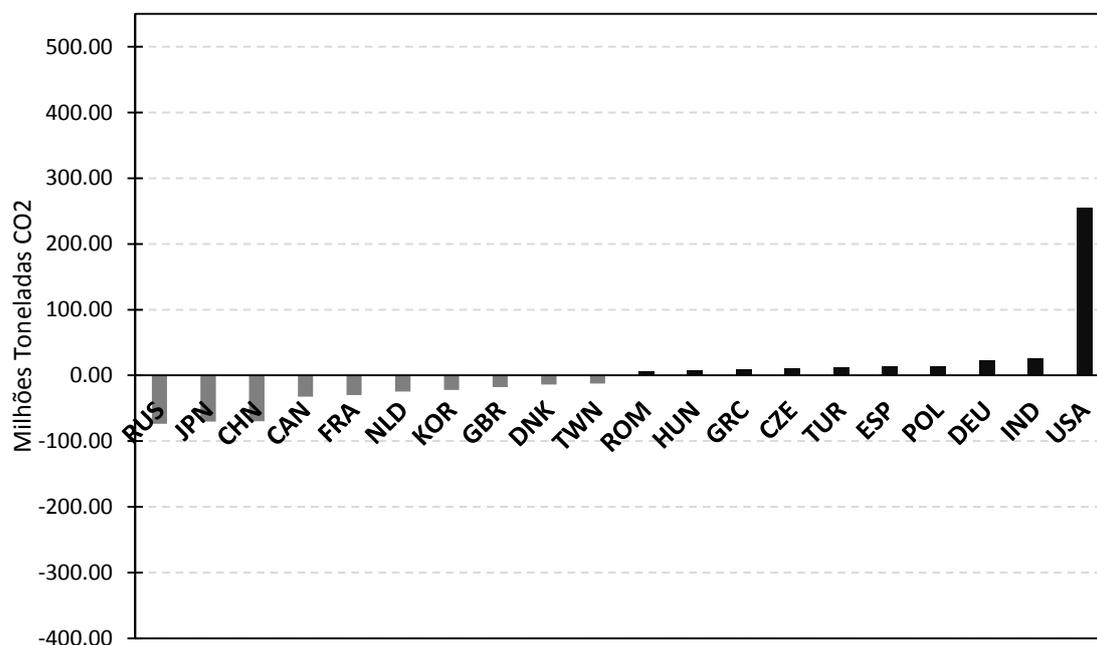
Nota: (a) Os valores positivos indicam importadores líquidos de CO<sub>2</sub> e os valores negativos indicam exportadores líquidos de CO<sub>2</sub>.

(b) Alemanha (DEU), China (CHN), Coreia (KOR), Espanha (ESP), Estados Unidos (USA), Estônia (EST), França (FRA), Grécia (GRC), Holanda (NDL), Hungria (HUN), Índia (IND), Itália (ITA), Japão (JPN), Lituânia (LTU), Reino Unido (GBR), Romênia (ROM), Rússia (RUS), Suécia (SWE), Taiwan (TWN) e Turquia (TUR).

Para o ano de 2000 (Gráfico 20), os maiores exportadores líquidos são: Rússia (RUS), Japão (JPN), China (CHN), Canadá (CAN), França (FRA), Holanda (NDL), Coreia (KOR), Reino Unido (GBR), Dinamarca (DNK) e Taiwan (TWN). Em comparação com o ano de 1995, um ponto a se destacar consiste no aumento do saldo por parte da Rússia (RUS), assumindo o posto de maior importador líquido e o fato de a Suécia (SWE) e a Itália (ITA) deixarem de pertencer ao grupo dos 10 países com maior saldo.

Em termos de importadores líquidos, os países com maiores saldos são: Estados Unidos (USA), Índia (IND), Alemanha (DEU), Polônia (POL), Espanha (ESP), Turquia (TUR), República Checa (CZE), Grécia (GRC), Hungria (HUN) e Romênia (ROM). Assim, como em 1995, o destaque fica por conta do saldo dos Estados Unidos (USA), quatro vezes maior do que o saldo da Índia (IND), por exemplo, segundo maior país importador líquido. Ademais, tal diferença se justifica pelo aumento excessivo do saldo dos Estados Unidos (USA), um aumento mais que o dobro que o seu próprio saldo em 1995.

Gráfico 20 – Maiores importadores e exportadores líquidos de emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no comércio - 2000



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

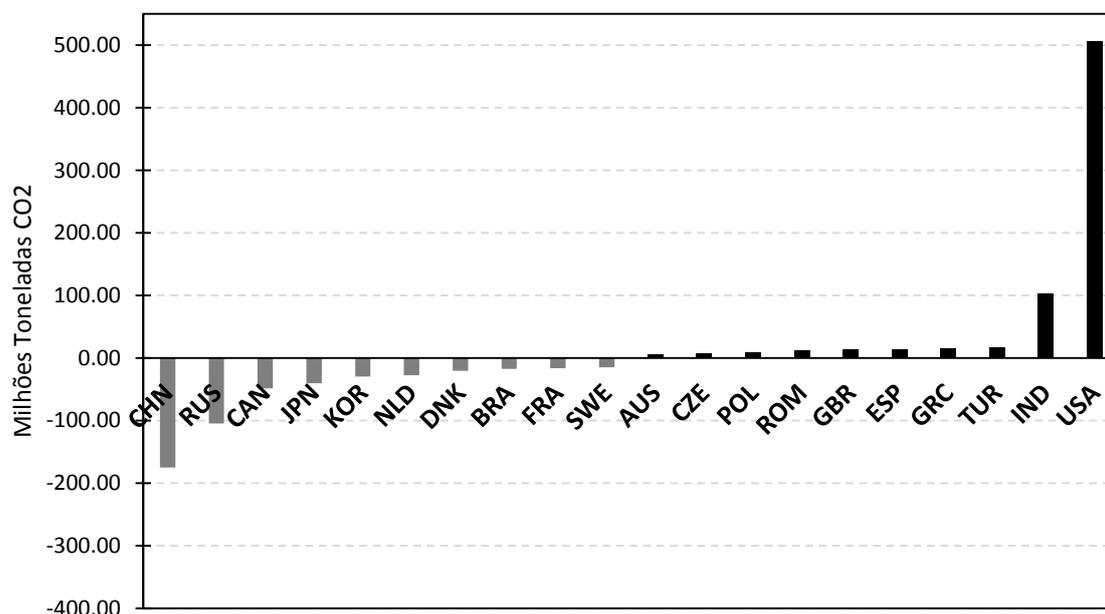
Nota: (a) Os valores positivos indicam importadores líquidos de CO<sub>2</sub> e os valores negativos indicam exportadores líquidos de CO<sub>2</sub>.

- (b) Alemanha (DEU), China (CHN), Canadá (CAN), Coreia (KOR), Dinamarca (DNK), Espanha (ESP), Estados Unidos (USA), França (FRA), Grécia (GRC), Holanda (NDL), Hungria (HUN), Índia (IND), Japão (JPN), Polônia (POL), Reino Unido (GBR), República Checa (CZE), Romênia (ROM), Rússia (RUS), Taiwan (TWN) e Turquia (TUR).

Para o ano de 2005 (Gráfico 21), os maiores exportadores líquidos são: China (CHN), Rússia (RUS), Canadá (CAN), Japão (JPN), Coreia (KOR), Holanda (NDL), Dinamarca (DNK), Brasil (BRA), França (FRA) e Suécia (SWE). Em comparação com os anos anteriores, 1995 e 2000, o ponto a se destacar consiste no aumento do saldo por parte da China (CHN), assumindo o posto de maior exportador líquido e o fato de o Reino Unido (GBR) e Taiwan (TWN) deixarem de pertencer ao grupo dos 10 países com maiores saldos.

Em termos de importadores líquidos, os países com maiores saldos são: Estados Unidos (USA), Índia (IND), Turquia (TUR), Grécia (GRC), Espanha (ESP), Reino Unido (GBR), Romênia (ROM), Polônia (POL), República Checa (CZE) e Austrália (AUS). Assim, como em 1995 e 2000, o destaque fica por conta do saldo dos Estados Unidos (USA), em pleno crescimento e duas vezes maior do que o saldo da Índia (IND), por exemplo, segundo país com maior saldo em termos de importador líquido de emissões de CO<sub>2</sub>.

Gráfico 21 – Maiores importadores e exportadores líquidos de emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no comércio - 2005



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: (a) Os valores positivos indicam importadores líquidos de CO<sub>2</sub> e os valores negativos indicam exportadores líquidos de CO<sub>2</sub>.

(b) Austrália (AUS), Brasil (BRA), China (CHN), Canadá (CAN), Coreia (KOR), Dinamarca (DNK), Espanha (ESP), Estados Unidos (USA), França (FRA), Grécia (GRC), Holanda (NDL), Índia (IND), Japão (JPN), Polônia (POL), Reino Unido (GBR), República Checa (CZE), Romênia (ROM), Rússia (RUS), Suécia (SWE) e Turquia (TUR).

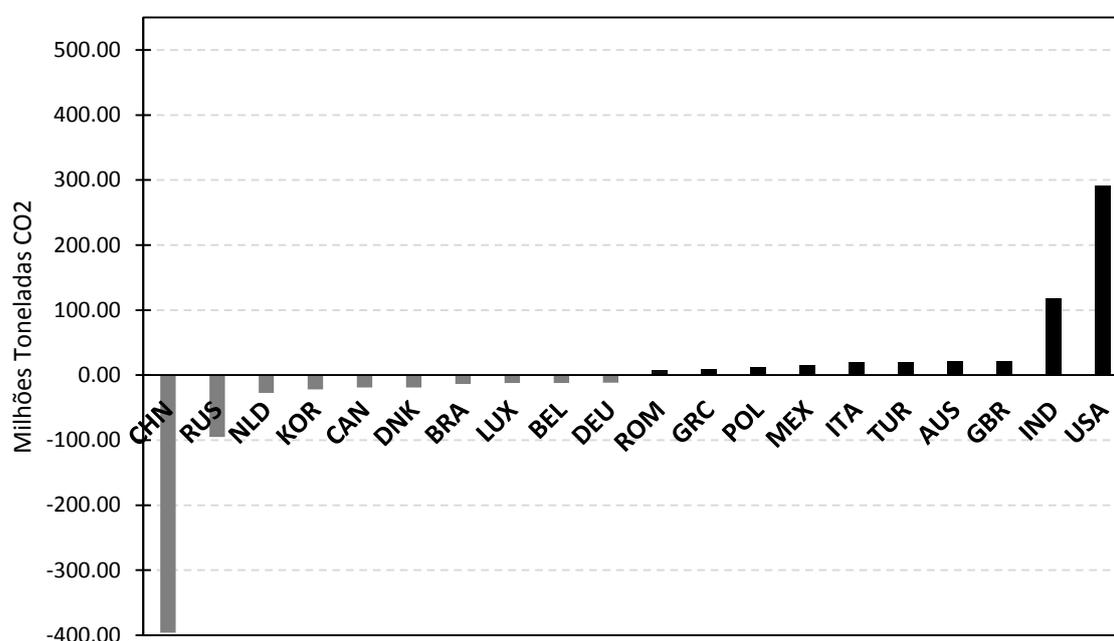
Por fim, para o ano de 2009 (Gráfico 22), os maiores exportadores líquidos são: China (CHN), Rússia (RUS), Holanda (NDL), Coreia (KOR), Canadá (CAN), Dinamarca (DNK), Brasil (BRA), Luxemburgo (LUX), Bélgica (BEL) e Alemanha (DEU). Em comparação com os anos anteriores, 1995 e 2000, o ponto relevante a se destacar consiste no aumento do saldo por parte da China (CHN), duplicado e passando a apresentar um saldo aproximadamente quatro vezes maior do que o saldo da Rússia (RUS), por exemplo, segunda maior exportadora líquida de emissões de CO<sub>2</sub>.

Em termos de importadores líquidos, os países com maiores saldos são: Estados Unidos (USA), Índia (IND), Reino Unido (GBR), Austrália (AUS), Turquia (TUR), Itália (ITA), México (MEX), Polônia (POL), Grécia (GRC) e Romênia (ROM). Assim, como nos três anos anteriores, 1995, 2000 e 2005, o destaque fica por conta do saldo dos Estados Unidos (USA), entretanto, com um significativo decréscimo. Por outro lado, a Índia (IND),

assim como é possível perceber para os períodos anteriores, apresenta um crescimento no seu saldo.

Outro ponto a se observar consiste na presença do Reino Unido (GBR) entre os 10 maiores importadores líquidos, pois em 1995 e 2000 tal país pertencia ao grupo dos 10 maiores exportadores líquidos. Desta forma, é possível observar algumas alterações entre os comportamentos dos países.

Gráfico 22 – Maiores importadores e exportadores líquidos de emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no comércio - 2009



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

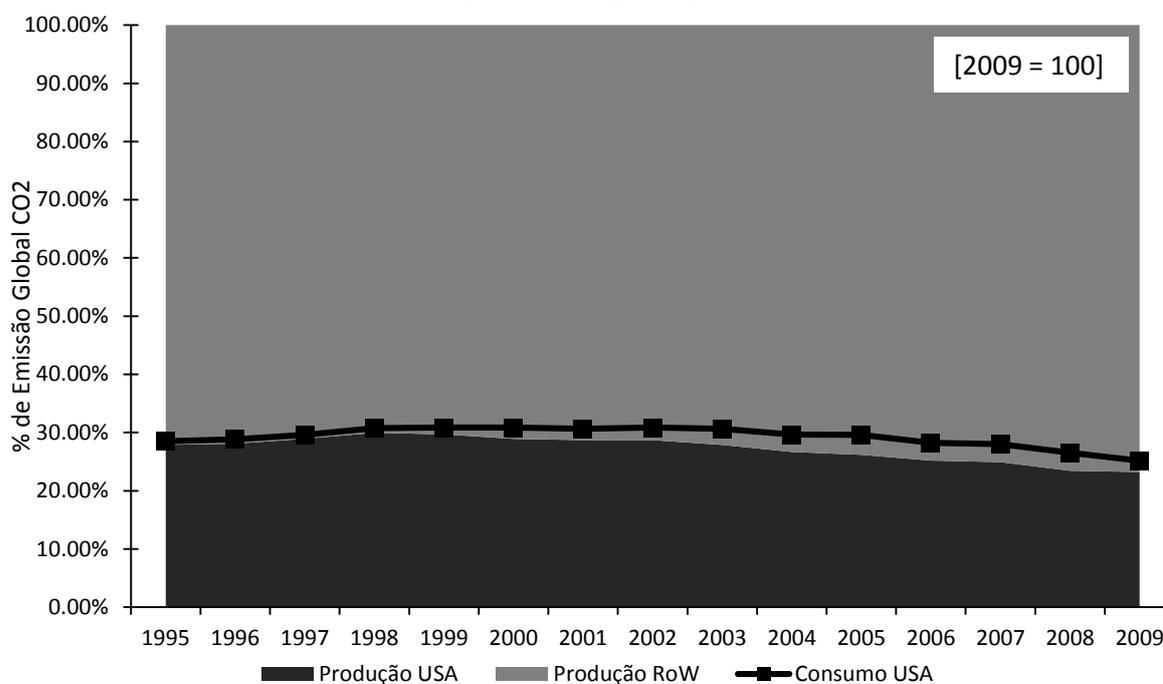
Nota: (a) Os valores positivos indicam importadores líquidos de CO<sub>2</sub> e os valores negativos indicam exportadores líquidos de CO<sub>2</sub>.

(b) Alemanha (DEU), Austrália (AUS), Bélgica (BEL), Brasil (BRA), China (CHN), Canadá (CAN), Coreia (KOR), Dinamarca (DNK), Estados Unidos (USA), Grécia (GRC), Holanda (NDL), Índia (IND), Itália (ITA), Luxemburgo (LUX), México (MEX), Polônia (POL), Reino Unido (GBR), Romênia (ROM), Rússia (RUS) e Turquia (TUR).

Além disso, diante dos resultados apresentados, onde é possível observar um comportamento antagônico entre os Estados Unidos (USA) e a China (CHN), os Gráficos 23 e 24 trazem, para fins de comparação, a evolução das emissões incorporadas no consumo e na produção para os Estados Unidos (USA) e China (CHN), respectivamente, em comparação com as emissões incorporadas na produção do “restante do mundo”. O intuito

de se fazer tal análise consiste em contrastar as emissões incorporadas no comércio entre dois países bem distintos em termos econômicos, por exemplo.

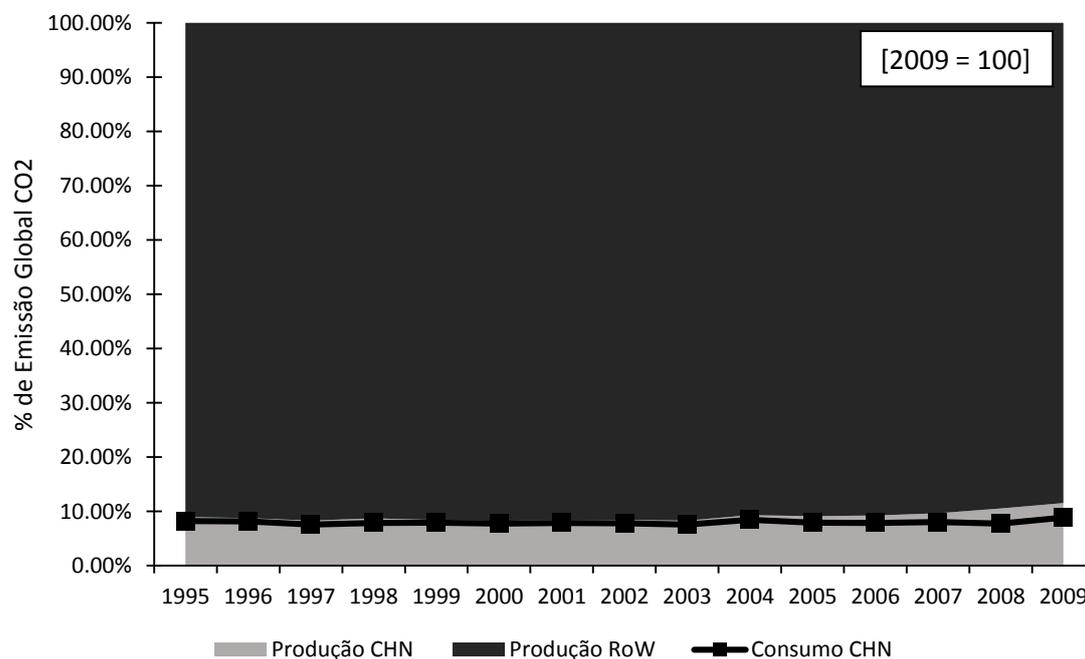
Gráfico 23 – Emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas na produção e no consumo - USA e RoW



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Por meio do Gráfico 23, é possível observar que as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas na produção dos Estados Unidos (USA) correspondem a 28%, no ano de 1995, das emissões incorporadas na produção de todo o mundo. Ademais, é possível observar um aumento até o ano de 2002, com uma participação igual a 30%. Entretanto, a partir de tal ano (*i.e.* 2002), é possível perceber um decréscimo de tal participação.

Além disso, um relevante resultado a se observar no Gráfico 23 consiste no fato de que os Estados Unidos (USA) apresenta uma linha de emissões de CO<sub>2</sub> incorporada no consumo sempre acima da linha de produção do próprio país, o que significa que o país é classificado como importador líquido de emissões de CO<sub>2</sub> para todo o período de análise (1995-2009).

Gráfico 24 – Emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas na produção e no consumo - CHN e RoW

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

De forma análoga, por meio do Gráfico 24, é possível observar que as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas na produção da China (CHN) correspondem a 8%, no ano de 1995, das emissões incorporadas na produção de todo o mundo. Além disso, é possível observar um movimento de crescimento ao longo do tempo, com uma participação igual a 11% no ano de 2009, último ano da base de dados do presente trabalho.

Entretanto, de forma contrária aos Estados Unidos (USA), Gráfico 23, a China (CHN), Gráfico 24, apresenta uma linha de emissões de CO<sub>2</sub> incorporada no consumo abaixo da linha de produção do próprio país, ou seja, confirmando o comportamento de país exportador líquido de CO<sub>2</sub> apresentado nos gráficos anteriores.

Assim, feita esta breve descrição dos saldos comerciais globais de emissões de CO<sub>2</sub>, de forma geral, é possível observar, por meio dos gráficos e das discussões da presente seção, comportamentos diferentes e semelhantes em termos de emissões de CO<sub>2</sub> e comércio internacional entre os 40 países da presente amostra de dados.

Além disso, é importante observar que os resultados encontrados apresentam semelhanças e diferenças com relação a outros trabalhos envolvendo o mesmo tema. O trabalho desenvolvido por Wiebe *et al.* (2012), um dos trabalhos base para a metodologia

desenvolvida no presente trabalho, apresenta, por exemplo, resultados parecidos no que tange aos saldos comerciais para os Estados Unidos (USA), Alemanha (DEU), Rússia (RUS), China (CHN), ou seja, tais países apresentam o mesmo comportamento em termos de classificação (*i.e.* exportador líquido ou importador líquido de emissões de CO<sub>2</sub>), com diferenças na magnitude dos saldos, o que é justificado pelo uso de diferentes bases de dados.

Entretanto, é possível observar também resultados diferentes, tal como para a Índia (IND), França (FRA) e Reino Unido (GBR), ou seja, diferença no comportamento em termos de classificação, *i.e.*, exportador líquido ou importador líquido de emissões de CO<sub>2</sub>.

Diante dos resultados da presente seção, e de acordo com o propósito do presente trabalho, é importante analisar a estrutura das relações comerciais entre os países. Para tal, e com o intuito de contribuir com a literatura sobre comércio internacional e emissões, a próxima seção traz os resultados para os chamados multiplicadores de Miyazawa<sup>70</sup>.

### 5.3 Multiplicadores de Miyazawa<sup>7172</sup>

Como descrito no capítulo 4 (Metodologia) seção 4.3 (Multiplicadores de Miyazawa) e demonstrado por Hewings *et al.* (2001), os multiplicadores de Miyazawa externo e interno apresentam o grau de interação econômica entre duas regiões através da propagação das atividades externas e internas, respectivamente.

Entretanto, para o caso específico do presente trabalho, dado as modificações adotadas, é capaz de classificar a estrutura das relações comerciais entre duas regiões em termos de emissões de CO<sub>2</sub>, tal como a aplicação realizada por Fritz *et al.* (1998).

Além disso, cabe ressaltar que como apresentado por Hewings *et al.* (2001), os multiplicadores de Miyazawa podem ser derivados por um sistema inter-regional com mais de duas regiões, entretanto, o cálculo desses multiplicadores requer a especificação da

---

<sup>70</sup> Para maiores detalhes sobre a metodologia ver o capítulo 4 (Metodologia) seção 4.3 (Multiplicadores de Miyazawa).

<sup>71</sup> Para detalhes sobre aplicação e derivação da metodologia ver: FRITZ *et al.* (1998); HEWINGS *et al.* (2001); OKUYAMA *et al.* (1999); SONIS e HEWINGS (1993, 1995, 1999a, 1999b); SONIS, M. *et al.* (1997); MIYAZAWA, K (1966, 1968, 1971).

<sup>72</sup> Cabe ressaltar que os resultados da presente seção foram deflacionados a partir de dados do *Bureau of Economic Analysis* (BEA), *i.e.* utilizou-se de um índice de preços (*Chain-Type Price Indexes for Gross Output by Industry*) para levar a base de dados para um ano base, no caso 2009.

hierarquia (ordem) de propagação. Assim, com um sistema com  $n$ -regiões, é possível construir  $(n + 1)!/2$  combinações de “rotas” de propagação<sup>73</sup>.

Diante de tal fato, a estratégia utilizada no presente trabalho é a de pré-definir pares a partir dos resultados encontrados nas seções anteriores, de acordo com a literatura e importância dos países no contexto mundial, e no que tange as discussões acerca do comércio internacional e emissões de CO<sub>2</sub>. Como, por exemplo, entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento, entre blocos econômicos (*e.g.* União Europeia) e países isolados, entre países em desenvolvimento, dentre outras interações.

Assim, os multiplicadores de Miyazawa para o presente trabalho são calculados tomando pares, sendo que os países adotados como região interna (especificados como R1 nos gráficos) em um primeiro momento são considerados como região externa posteriormente (especificados como R2 nos gráficos), como por exemplo no Gráfico 25, onde a China (CHN) é considerada a região interna e os Estados Unidos (USA) a região externa, entretanto, no Gráfico 26, tal especificação se inverte.

Dessa forma, os Gráficos 25 a 34 trazem os resultados para os multiplicadores de Miyazawa em termos de poluição para alguns pares de países da presente amostra de dados. Cabe ressaltar que os resultados representam a média dos multiplicadores de Miyazawa setoriais, ou seja, os valores dos gráficos são as médias dos 35 setores produtivos (Anexo II) para cada um dos respectivos países e anos.

Como exposto no capítulo 4 (Metodologia) seção 4.3 (Multiplicadores de Miyazawa), os resultados representam o acréscimo de poluição gerada pelas indústrias da região externa (R2) como resultado do aumento de uma unidade monetária (US\$) da demanda final das indústrias da região interna (R1). Assim, é possível observar a poluição gerada pelo requerimento direto de insumos da região interna, poluição causada pelo requerimento indireto de insumos da região interna, propagação interna da própria região

---

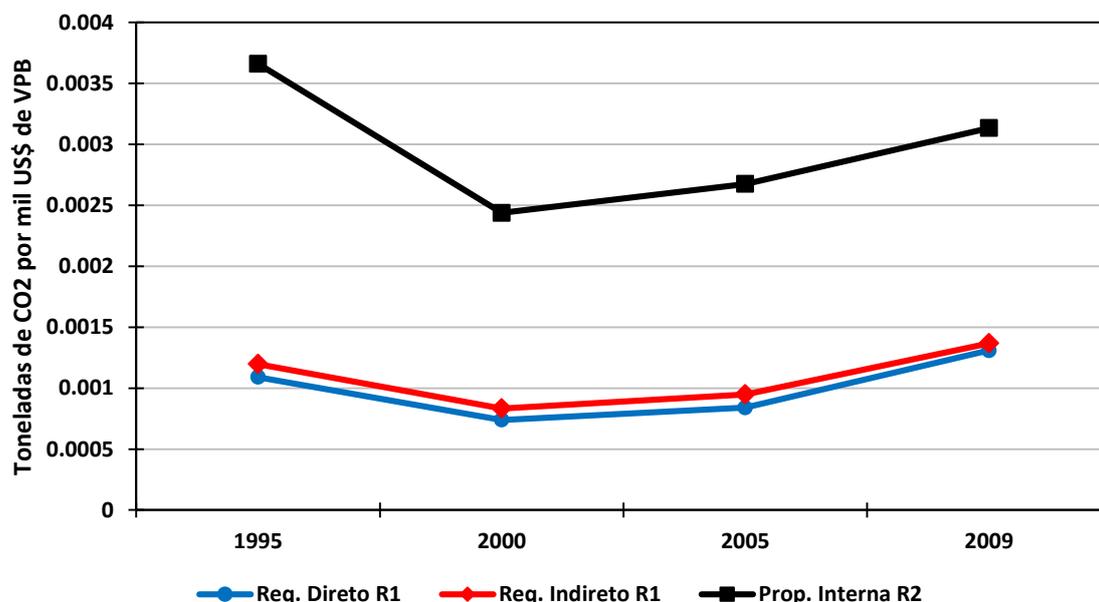
<sup>73</sup> Cabe ressaltar que Guilhoto *et al.* (2001) apresentaram uma discussão metodológica em torno dos multiplicadores de Miyazawa para um modelo interregional com 5 macro regiões da economia brasileira para o ano de 1995.

externa (poluição causada pela produção direta e indireta induzida da região externa)<sup>74</sup> e a propagação externa da própria região externa<sup>75</sup>.

Além disso, cabe ressaltar que os gráficos mostram os valores para quatro anos específicos, 1995, 2000, 2005 e 2009.

O primeiro gráfico (Gráfico 25) traz os resultados para a interação econômica em termos de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>) para a China (CHN) e os Estados Unidos (USA), ou seja, traz a influência da propagação interna da China (CHN) no nível de poluição dos Estados Unidos (USA).

Gráfico 25 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da China (R1) e dos Estados Unidos (R2) – [2009 = 100]



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

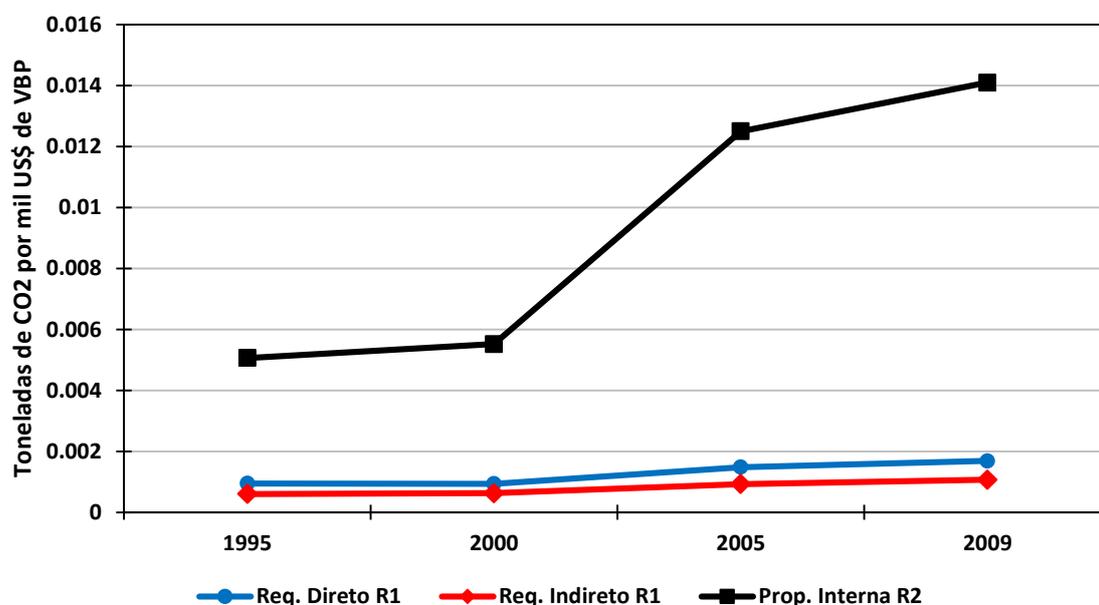
<sup>74</sup> Em termos de produção, temos que a China através das relações de compra e venda (interdependência produtiva) gera produção direta e indireta nos Estados Unidos em um primeiro momento. Posteriormente, esse aumento direto e indireto de produção nos Estados Unidos aumenta a renda e a demanda dentro do próprio país, o que por sua vez gera um novo ciclo interno de compras e vendas intersetoriais, denominado aqui como propagação interna do próprio Estados Unidos. Entretanto, devido as transformações realizadas, as relações do presente trabalho são representadas em termos de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>). Cabe ressaltar que a mesma ideia se aplica para os demais pareamentos.

<sup>75</sup> Os resultados para a propagação externa da própria região externa não são apresentados no gráfico, pois são caracterizados por baixos valores devido a seu próprio caráter metodológico.

Assim, diante do Gráfico 25, é possível observar que a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos da China (CHN) nos Estados Unidos (USA), linha azul e vermelha, respectivamente, apresentam um comportamento parecido ao longo dos anos, caindo em um primeiro momento (1995 para 2000), mantendo de certa forma parecido entre os anos de 2000 e 2005, e aumentando posteriormente (2005 para 2009).

Entretanto, o destaque fica por conta do resultado encontrado para a poluição causada pela propagação interna dos próprios Estados Unidos (USA), linha preta, pois é possível observar uma tendência de decréscimo, o que representa de certa forma um processo produtivo interno menos poluidor.

Gráfico 26 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição dos Estados Unidos (R1) e da China (R2) – [2009 = 100]



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

O resultado se torna ainda mais relevante quando se analisa os multiplicadores do segundo gráfico (Gráfico 26), que traz os resultados para a interação econômica em termos de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>) para os Estados Unidos (CHN) e China (CHN), ou seja, a influência da propagação interna dos Estados Unidos (USA) no nível de poluição da China (CHN).

A relevância dos resultados do Gráfico 25 se torna maior, pois através do Gráfico 26 é possível observar um comportamento antagônico quando a poluição causada pela propagação interna da própria China (CHN), dado um aumento de uma unidade (US\$)

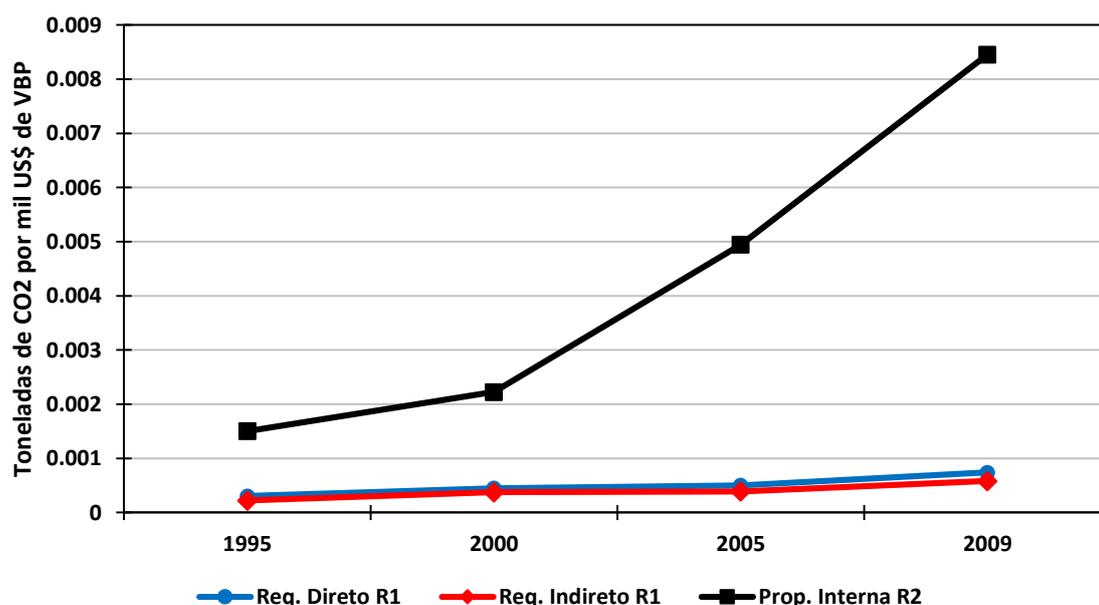
monetária de demanda final pelos Estados Unidos (USA), é analisada. Diferente do que é observado para os Estados Unidos (USA), a China (CHN) apresenta um comportamento de acréscimo ao longo dos anos, ou seja, o que representa de certa forma um processo produtivo interno mais poluidor.

Além disso, em termos de poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos dos Estados Unidos (USA) na China (CHN), o comportamento é parecido ao longo dos anos, com uma leve tendência de acréscimo (Gráfico 26).

Por outro lado, o Gráfico 27 traz os resultados para a interação econômica em termos de emissões de CO<sub>2</sub> para o Brasil (BRA) e para a China (CHN). Em outras palavras, traz a influência da propagação interna do Brasil (BRA) no nível de poluição da China (CHN).

Assim, por meio do Gráfico 27, é possível observar que a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos do Brasil (BRA) na China (CHN), linha azul e vermelha, respectivamente, apresentam um comportamento de acréscimo parecido ao longo dos anos. Entretanto, assim como é observado para os Estados Unidos (USA) e China (CHN), Gráfico 26, o destaque fica por conta do resultado encontrado para a poluição causada pela propagação interna da própria China (CHN), linha preta, pois é possível observar uma clara tendência de acréscimo, o que representa, como mencionado anteriormente, um processo produtivo interno mais poluidor.

Gráfico 27 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do Brasil (R1) e da China (R2) – [2009 = 100]

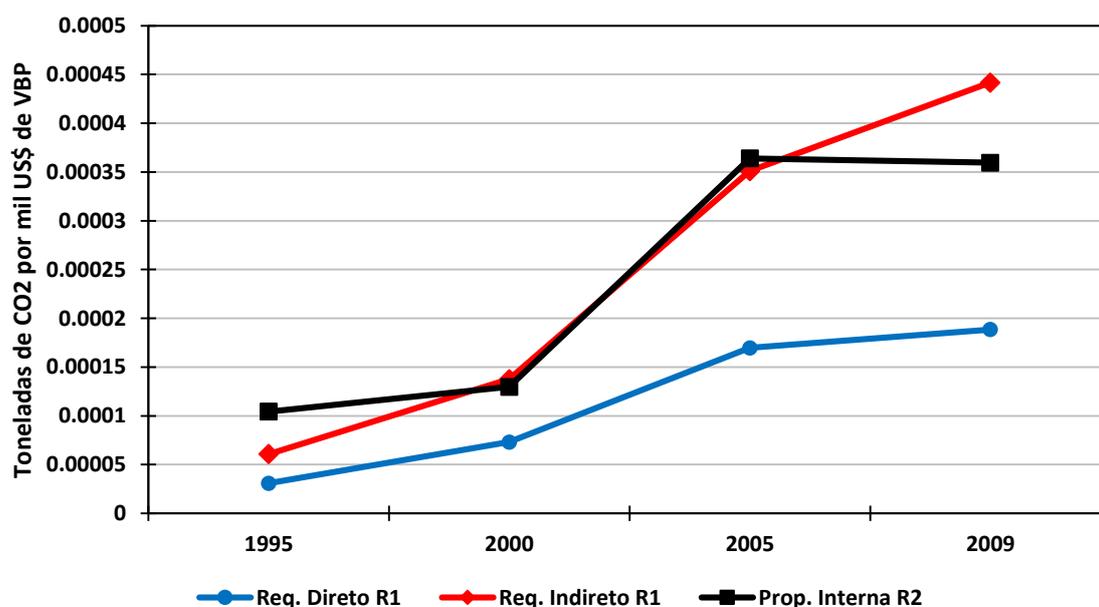


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Quando há inversão da análise e se passa a observar a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos da China (CHN) no Brasil (BRA), Gráfico 28, é possível observar um comportamento de acréscimo, entretanto, com magnitudes mais distantes.

Além disso, em termos dos resultados encontrados para a poluição causada pela propagação interna do próprio Brasil (BRA), linha preta, é possível observar um comportamento semelhante ao apresentado pela China (CHN), ou seja, uma tendência de acréscimo, representando um processo produtivo interno mais poluidor. Entretanto, para o Brasil, Gráfico 28, entre 2005 e 2009 é possível ver um decréscimo.

Gráfico 28 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da China (R1) e do Brasil (R2) – [2009 = 100]



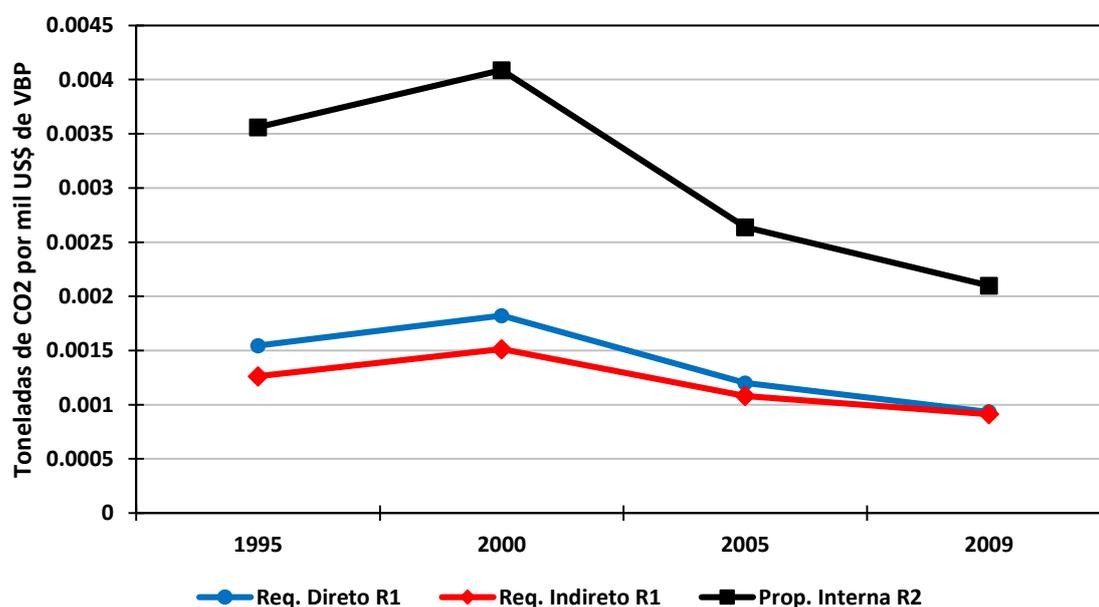
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

O Gráfico 29 traz os resultados para a interação econômica em termos de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>) para o Brasil (BRA) e para os Estados Unidos (USA), onde é possível observar, por exemplo, a influência da propagação interna do Brasil (BRA) no nível de poluição dos Estados Unidos (USA).

Desta forma, por meio do Gráfico 29, é possível observar que a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos do Brasil (BRA) nos Estados Unidos (USA),

apresentam um comportamento de decréscimo parecido ao longo dos anos. Além disso, assim como é verificado para o pareamento entre China (CHN) e Estados Unidos (USA), Gráfico 25, é possível observar uma clara tendência de decréscimo da poluição causada pela propagação interna do próprio Estados Unidos (USA), ou seja, um processo produtivo interno menos poluidor.

Gráfico 29 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do Brasil (R1) e dos Estados Unidos (R2) – [2009 = 100]



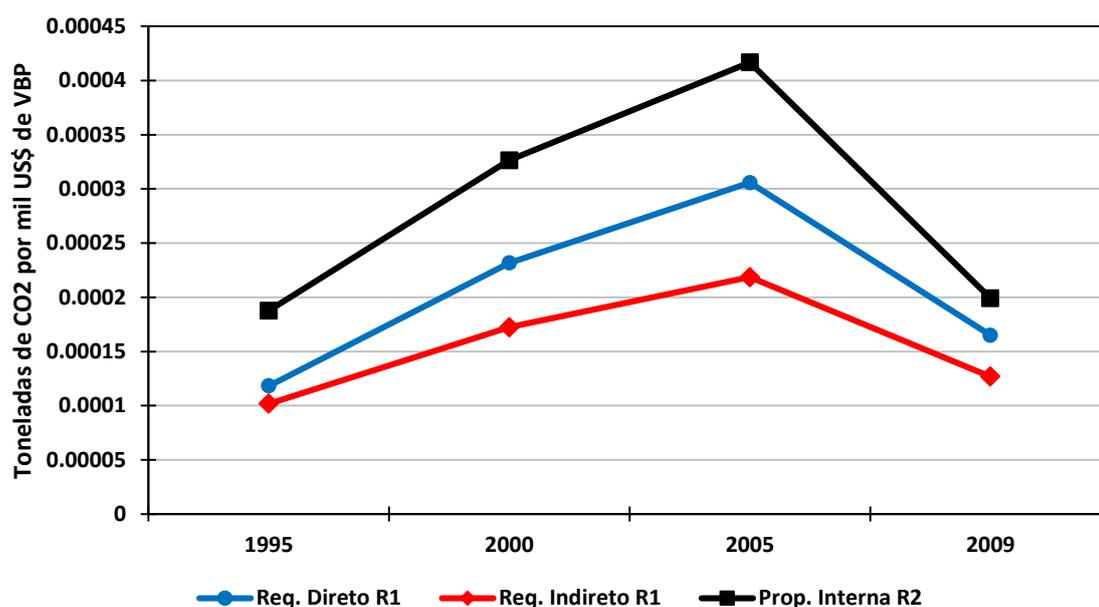
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Por outro lado, quando se faz a inversão da análise e se passa a observar a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos dos Estados Unidos (USA) no Brasil (BRA), Gráfico 30, tem-se que estes apresentam um comportamento semelhante, ou seja, ambos exibem um comportamento de acréscimo para os dois primeiros períodos (1995 para 2000, e 2000 para 2009), seguido por um decréscimo (2005 para 2009).

Por outro lado, em termos do resultado encontrado para a poluição causada pela propagação interna do próprio Brasil (BRA), linha preta, é possível observar um comportamento diferente dos observados anteriormente, pois o Brasil (BRA) exibe um comportamento de acréscimo para os dois primeiros períodos, *i.e.*, 1995 para 2000 e 2000 para 2005, entretanto, apresenta um comportamento diferente, de decréscimo, entre o

período de 2005 e 2009. Assim, em termos de poluição causada pela própria propagação interna do Brasil (BRA), dois diferentes cenários podem ser observados, um primeiro representando um processo produtivo mais poluidor (1995 a 2005) e depois um processo produtivo inverso, menos poluidor (2005 a 2009).

Gráfico 30 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição dos Estados Unidos (R1) e do Brasil (R2) – [2009 = 100]



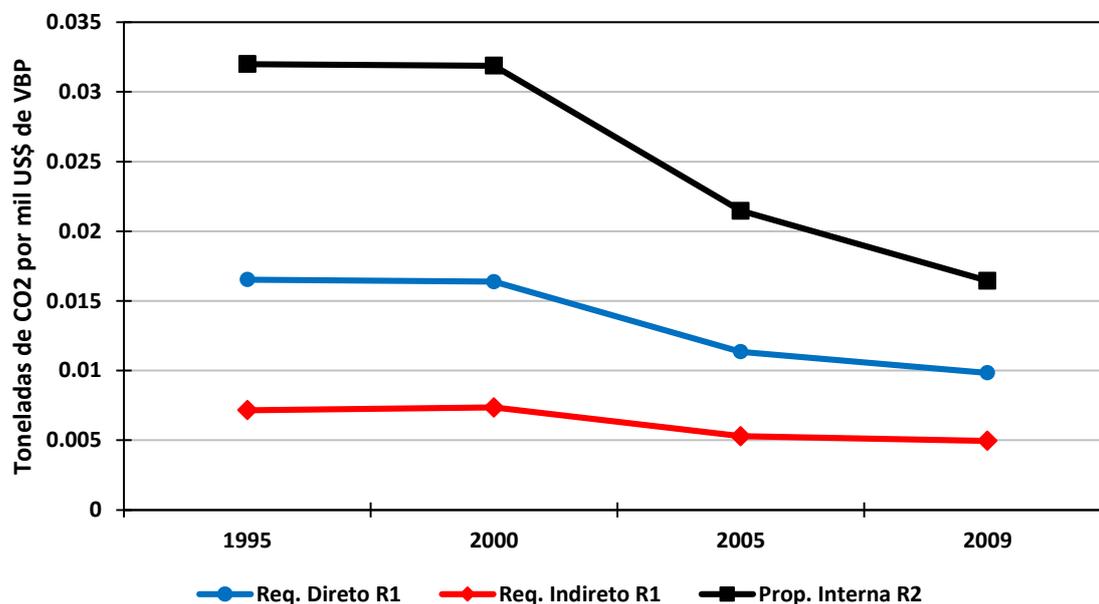
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

O Gráfico 31 traz os resultados para a interação econômica em termos de emissões de CO<sub>2</sub> para o Canadá (CAN) e para os Estados Unidos (USA), ou seja, traz a influência da propagação interna do Canadá (CAN) no nível de poluição dos Estados Unidos (USA).

Assim, por meio do Gráfico 31, é possível observar que a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos do Canadá (CAN) nos Estados Unidos (USA), linha azul e vermelha, respectivamente, apresentam um comportamento de decréscimo parecido ao longo dos anos.

Além disso, a poluição causada pela propagação interna do próprio Estados Unidos (USA), linha preta, também apresenta uma tendência de decréscimo, o que representa, tal como mencionado anteriormente, um processo produtivo interno menos poluidor ao longo dos anos.

Gráfico 31 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do Canadá (R1) e dos Estados Unidos (R2) – [2009 = 100]



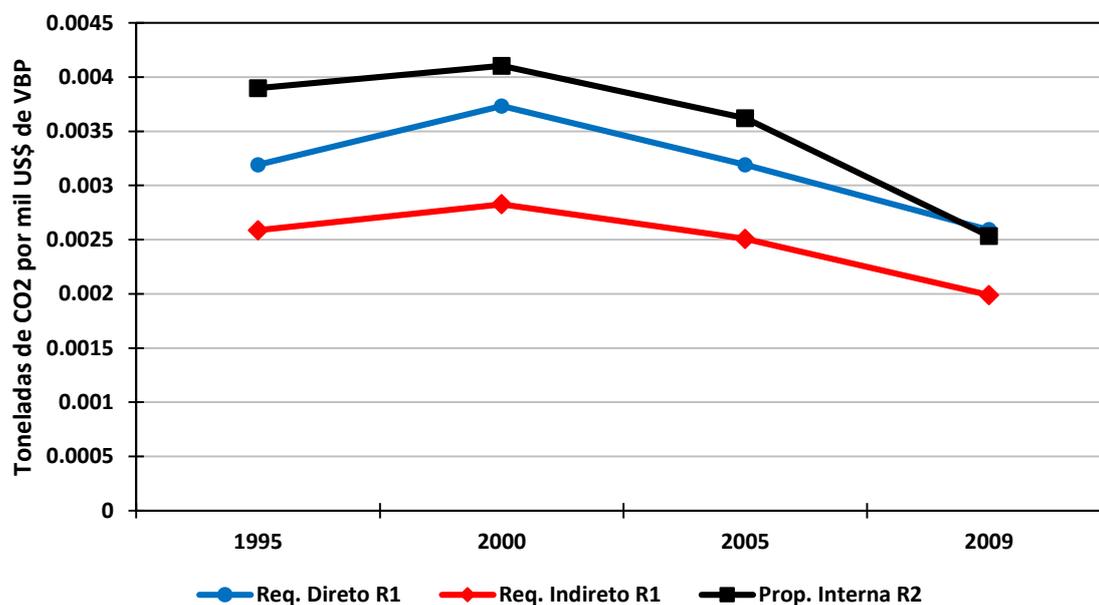
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Por outro lado, o Gráfico 32 traz os resultados para a interação econômica em termos de poluição para os Estados Unidos (USA) e para o Canadá (CAN), o que possibilita observar a influência da propagação interna dos Estados Unidos (USA) no nível de poluição do Canadá (CAN).

E de forma semelhante ao observado na interação inversa, Gráfico 31, é possível observar por meio do Gráfico 32 que a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos dos Estados Unidos (USA) no Canadá (CAN), linha azul e vermelha, respectivamente, apresentam um comportamento de decréscimo parecido ao longo dos anos, entretanto, com magnitudes diferentes.

E de forma complementar, assim como observado para a poluição causada pela propagação interna do próprio Estados Unidos (USA), a poluição causada pela própria propagação interna do Canadá (CAN) apresenta uma tendência de decréscimo, representando um processo produtivo interno também menos poluidor ao longo dos anos.

Gráfico 32 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição dos Estados Unidos (R1) e do Canadá (R2) – [2009 = 100]



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

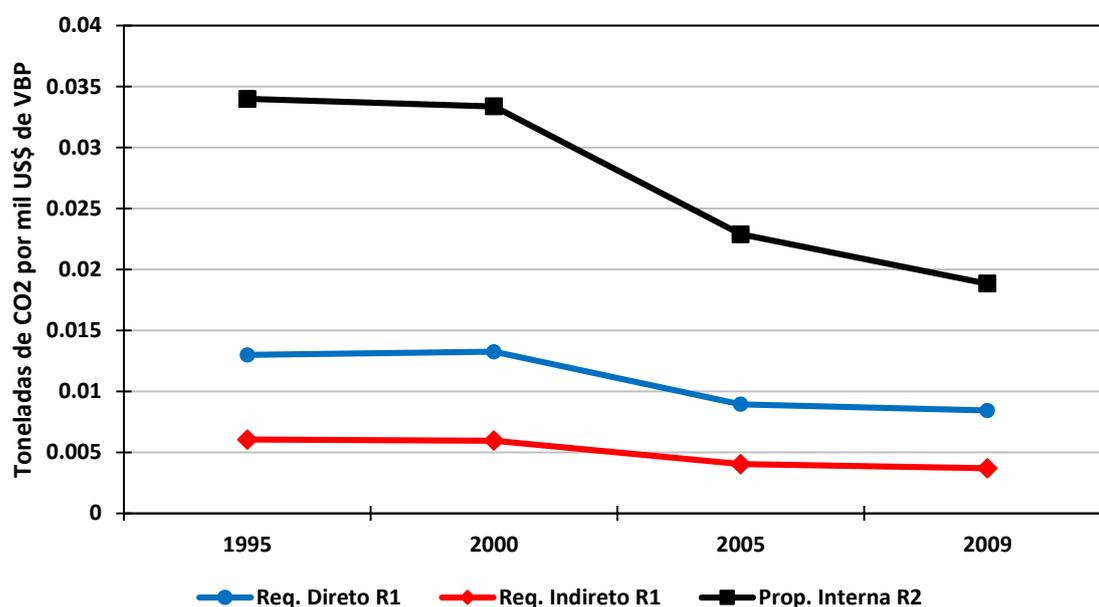
Em termos de Multiplicadores de Miyazawa para pares de países da presente amostra de dados, um último exemplo apresenta os resultados para os Estados Unidos (USA) e México (MEX), Gráfico 33 e 34.

Por um lado, o Gráfico 33 traz os resultados para a interação econômica em termos de emissões de CO<sub>2</sub> para o México (MEX) e para os Estados Unidos (USA), ou seja, traz a influência da propagação interna do primeiro (MEX) no nível de poluição do segundo (USA). E de forma inversa, o Gráfico 34, traz a interação em termos da influência da propagação interna dos Estados Unidos (USA) no nível de poluição do México (MEX).

Assim, a partir do Gráfico 33, é possível observar que a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos do México (MEX) nos Estados Unidos (USA), linha azul e vermelha, respectivamente, apresentam um comportamento parecido ao longo dos anos, *i.e.* comportamento de decréscimo.

E, assim como foi possível observar para outros pares, a poluição causada pela propagação interna do próprio Estados Unidos (USA), linha preta (Gráfico 35), apresenta uma tendência de decréscimo, o que representa de certa forma um processo produtivo interno menos poluidor.

Gráfico 33 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do México (R1) e dos Estados Unidos (R2) – [2009 = 100]



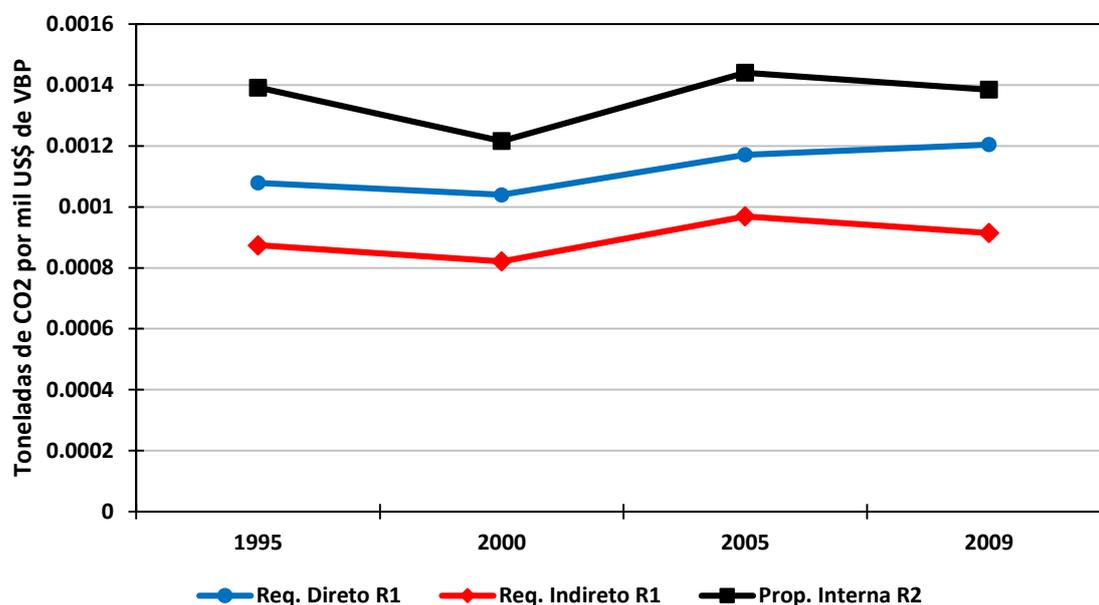
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Quando há inversão da análise e se observa a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos dos Estados Unidos (USA) no México (MEX), Gráfico 34, tem-se que estes apresentam um comportamento semelhante, ou seja, ambos exibem um comportamento de decréscimo, com exceção da poluição gerada pelo requerimento indireto entre os anos de 2000 e 2005.

Por outro lado, em termos do resultado encontrado para a poluição causada pela propagação interna do próprio México (MEX), linha preta, é possível observar um comportamento diferente, pois o México (MEX) exibe um comportamento de decréscimo para o primeiro e último período, *i.e.*, 1995 para 2000 e 2005 para 2009, entretanto, apresenta um comportamento de acréscimo entre o período de 2000 para 2005.

Assim, em termos de poluição causada pela própria propagação interna do México (MEX) é possível observar dois diferentes cenários, um primeiro representando um processo produtivo menos poluidor (1995 a 2000 e 2005 a 2009) e um processo produtivo inverso, mais poluidor (2000 a 2005).

Gráfico 34 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição dos Estados Unidos (R1) e do México (R2) – [2009 = 100]



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Da mesma forma como é possível apresentar os multiplicadores de Miyazawa em termos de poluição para pares de países da presente amostra de dados, Gráficos 25 a 34, é possível também apresentar resultados para pares de blocos econômicos, ou, por exemplo, uma interação entre um país específico e um bloco econômico.

Assim, com o intuito de obter alguns resultados em termos de interação entre blocos econômicos e países, os Gráficos 35 a 46 trazem os multiplicadores de Miyazawa para os seguintes pareamentos: a) Brasil (BRA) e União Europeia (EU); b) Brasil (BRA) e NAFTA; c) China (CHN) e União Europeia (EU); d) Estados Unidos (USA) e União Europeia (EU); e) Estados Unidos (USA) e BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China); e, por fim, d) União Europeia e BRIC<sup>76</sup>.

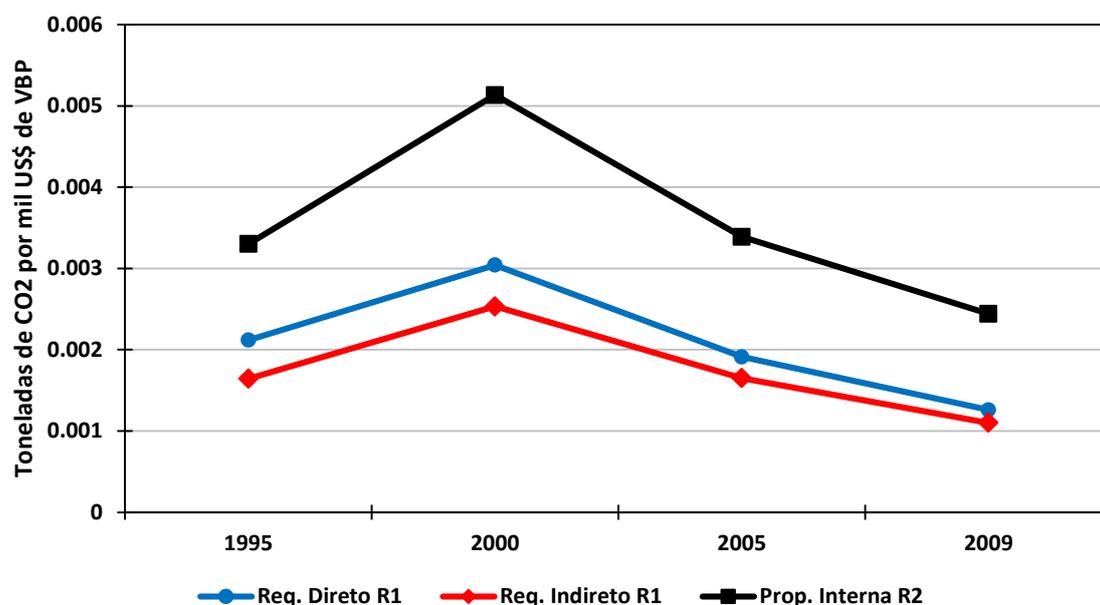
Para o primeiro gráfico (Gráfico 35), é possível observar a interação econômica em termos de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>) para o Brasil (BRA) e para a União Europeia (EU). Em outras palavras, o gráfico traz a influência da propagação interna do Brasil (BRA) no nível de poluição da União Europeia (EU).

<sup>76</sup> Tal seleção têm como intuito apresentar um exercício, *i.e.*, um exemplo, para interações entre países e blocos econômicos como, por exemplo, União Europeia, BRIC, dentre outros.

Em termos de resultado, é possível ver que a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos do Brasil (BRA) na União Europeia (EU), linha azul e vermelha, respectivamente, apresentam um comportamento parecido ao longo dos anos, subindo em um primeiro momento (1995 para 2000) e diminuindo posteriormente (2000 a 2009).

Com relação a poluição causada pela propagação interna da própria União Europeia (EU), linha preta, é possível observar a mesma tendência, um acréscimo entre 1995 e 2000 seguido de um decréscimo, o que representa de certa forma um processo produtivo interno menos poluidor a partir de 2000.

Gráfico 35 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do Brasil (R1) e da União Europeia (R2) – [2009 = 100]



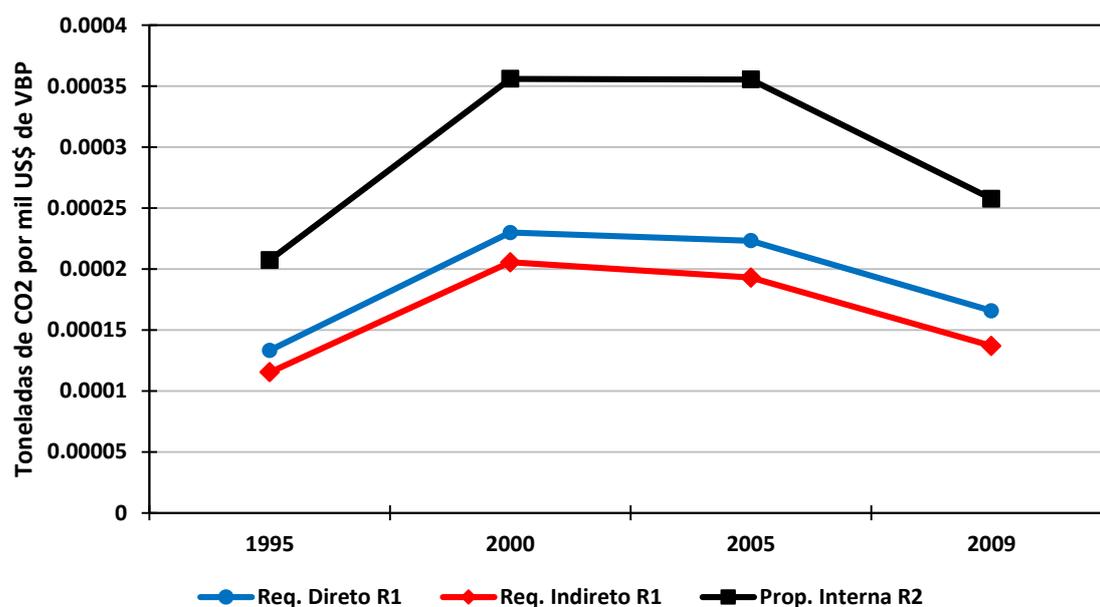
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Ao inverter a análise, ou seja, observar a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos da União Europeia (EU) no Brasil (BRA), Gráfico 36, é possível observar que o comportamento se repete, *i.e.*, subindo em um primeiro momento (1995 para 2000) e diminuindo posteriormente (2000 a 2009).

Além disso, o mesmo se pode dizer com relação a poluição causada pela propagação interna do próprio Brasil (BRA), um acréscimo entre 1995 e 2000 seguido de um

decrécimo, o que representa de certa forma um processo produtivo interno também menos poluidor a partir de 2000.

Gráfico 36 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da União Europeia (R1) e do Brasil (R2) – [2009 = 100]

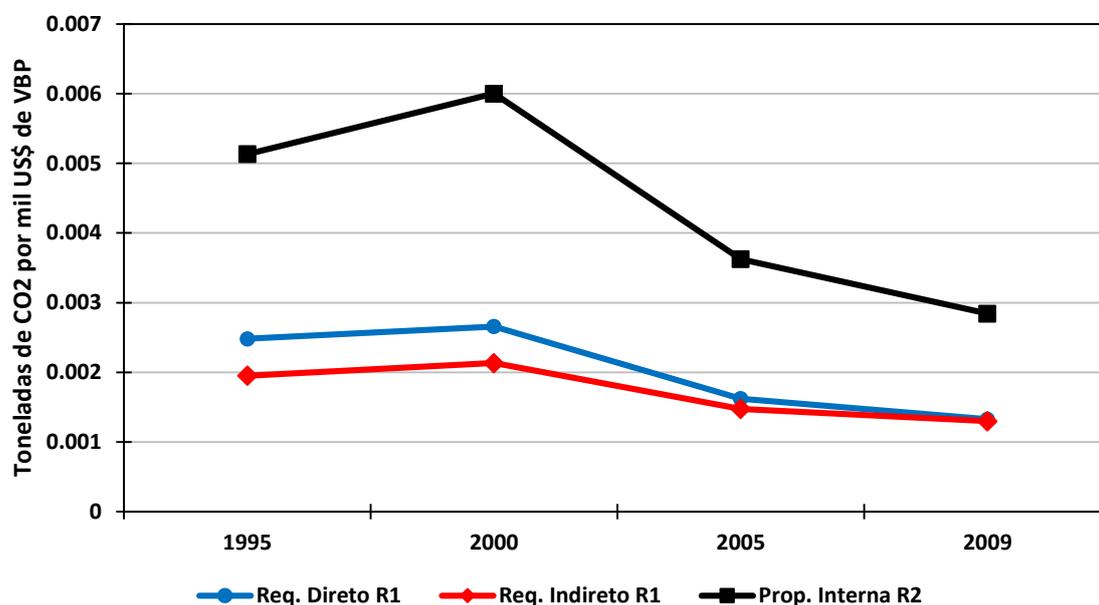


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

O Gráfico 37 apresenta os resultados para a interação econômica em termos de emissões de CO<sub>2</sub> para o Brasil (BRA) e para o NAFTA. Por meio do gráfico é possível observar que a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos do Brasil (BRA) no NAFTA, linha azul e vermelha, respectivamente, também apresentam um comportamento parecido ao longo dos anos, caracterizado por um leve acréscimo em um primeiro momento (1995 para 2000) e um decréscimo posteriormente (após o ano de 2000).

O mesmo se pode dizer em termos da poluição causada pela propagação interna do próprio NAFTA, linha preta, pois é possível observar um acréscimo em um primeiro momento (1995 para 2000) e um decréscimo pós 2000 (até 2009), caracterizando um processo produtivo interno menos poluidor.

Gráfico 37 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do Brasil (R1) e do NAFTA (R2) – [2009 = 100]



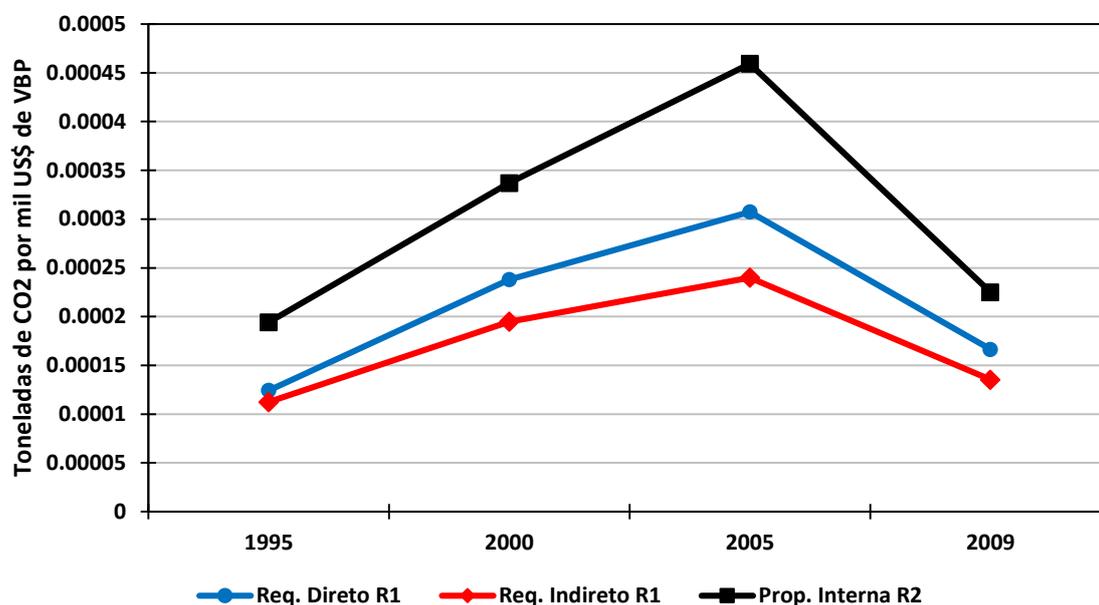
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Em termos de poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos do NAFTA no Brasil (BRA), Gráfico 38, é possível observar que estes também apresentam um comportamento semelhante, ou seja, ambos exibem um comportamento de acréscimo para os dois primeiros períodos e um decréscimo para o último.

Em termos do resultado encontrado para a poluição causada pela propagação interna do próprio Brasil (BRA), linha preta, é possível também observar um comportamento de acréscimo para os dois primeiros períodos, *i.e.*, 1995 para 2000 e 2000 para 2005, e, um comportamento diferente, de decréscimo, entre o período de 2005 para 2009.

Assim, em termos de poluição causada pela própria propagação interna do Brasil (BRA) dois diferentes cenários podem ser observados, um primeiro representando um processo produtivo mais poluidor (1995 a 2005) e depois um processo produtivo inverso, menos poluidor (2005 a 2009), assim como encontrado anteriormente quando se parou Brasil e Estados Unidos.

Gráfico 38 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do NAFTA (R1) e do Brasil (R2) – [2009 = 100]



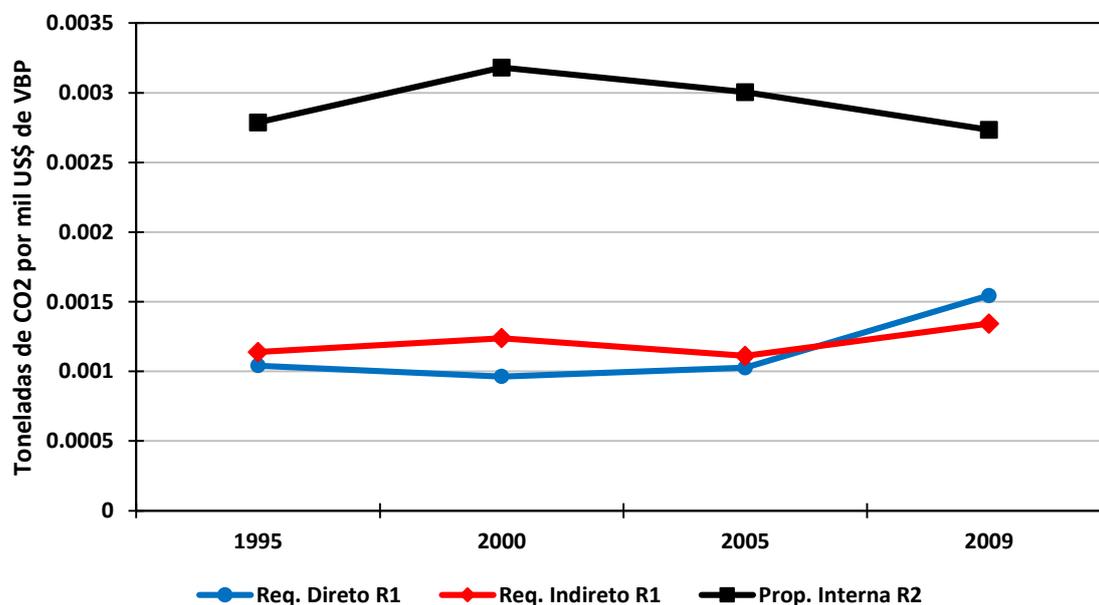
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

O Gráfico 39 traz os resultados para a interação econômica em termos de poluição para a China (CHN) e para a União Europeia (EU), *i.e.*, de forma mais específica, a influência da propagação interna da China (CHN) no nível de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>) da União Europeia (EU).

A partir do gráfico é possível observar que a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos da China (CHN) na União Europeia (EU), linha azul e vermelha, respectivamente, apresentam um comportamento um pouco diferente ao longo dos anos, pois o primeiro apresenta um decréscimo de 1995 a 2005 e a partir desse ano passa a apresentar um comportamento de acréscimo, e, por outro lado, o requerimento indireto oscila ao longo do período em questão.

Em termos de poluição causada pela propagação interna da própria União Europeia (EU), linha preta, Gráfico 39, é possível observar uma tendência de acréscimo de 1995 a 2000, e a partir de 2000, um comportamento diferente, ou seja, decréscimo. Assim, de certa forma um comportamento que representa um processo produtivo interno menos poluidor.

Gráfico 39 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da China (R1) e da União Europeia (R2) – [2009 = 100]



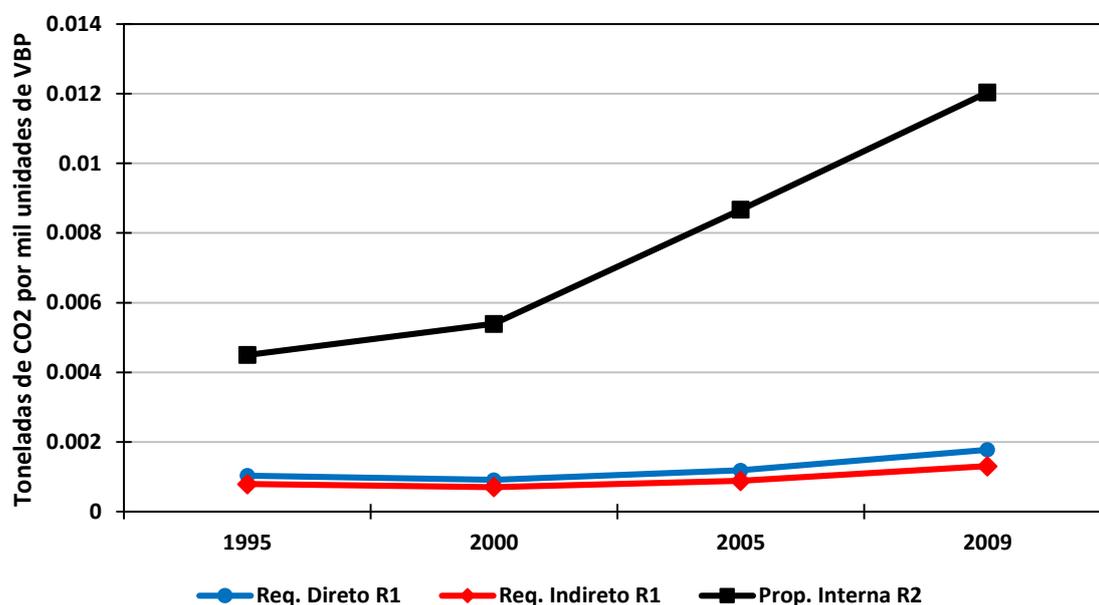
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Os resultados para China (CHN) e União Europeia (EU) tornam-se ainda mais relevante quando os resultados do segundo gráfico (Gráfico 40), que traz os resultados para a interação econômica em termos de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>) para a União Europeia (EU) e China (CHN), são analisados, ou seja, a influência da propagação interna da União Europeia (EU) no nível de poluição da China (CHN).

A relevância dos resultados se torna maior, pois através do Gráfico 40 é possível observar um comportamento antagônico quando a poluição causada pela propagação interna da própria China (CHN) dado um aumento de uma unidade monetária (US\$) de demanda final pela União Europeia (EU) é analisada. Diferente do que é observado para a União Europeia (EU), a China (CHN) apresenta um comportamento de acréscimo ao longo dos anos, ou seja, o que representa de certa forma um processo produtivo interno mais poluidor.

Além disso, em termos de poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos da União Europeia (EU) na China (CHN), o comportamento é parecido ao longo dos anos, com uma leve tendência de acréscimo.

Gráfico 40 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da União Europeia (R1) e da China (R2) – [2009 = 100]



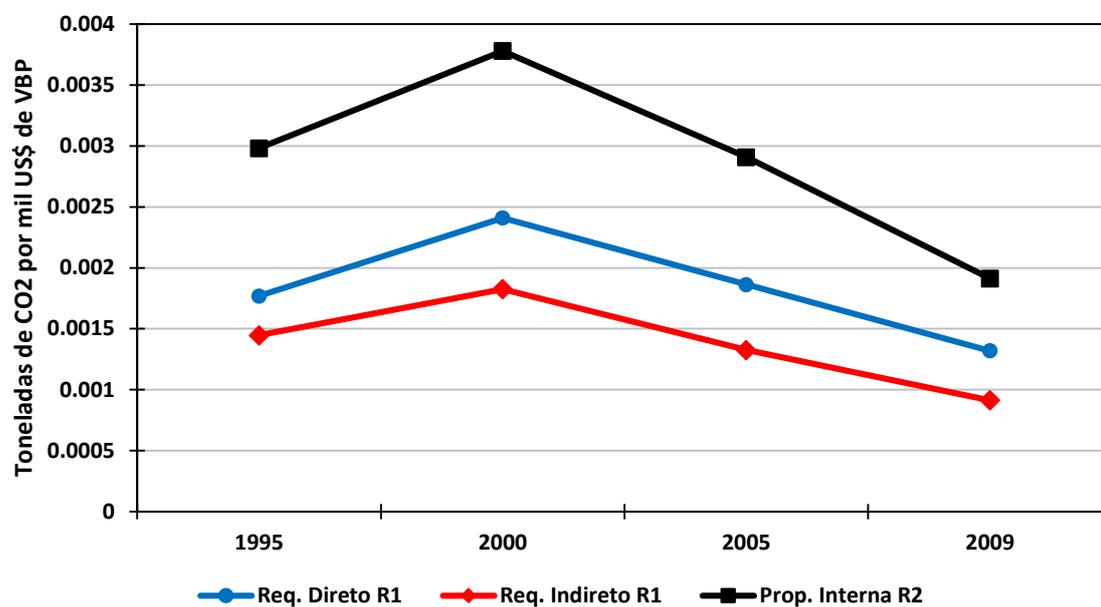
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

O Gráfico 41 traz os resultados para a interação econômica em termos de emissões de CO<sub>2</sub> para os Estados Unidos (USA) e para União Europeia (EU), onde se pode ver a influência da propagação interna dos Estados Unidos (USA) no nível de poluição da União Europeia (EU). E de forma inversa, o Gráfico 44, traz a influência da propagação interna da União Europeia (EU) no nível de poluição dos Estados Unidos (USA).

Em ambos os gráficos, é possível ver um comportamento precedido, pois o requerimento direto e indireto de insumos dos Estados Unidos (USA) na União Europeia (EU), Gráfico 41, e o inverso, União Europeia (EU) nos Estados Unidos (USA), Gráfico 42, é de acréscimo em um primeiro momento (1995 para 2000) e um decréscimo posteriormente (2000 para 2005 e 2005 para 2009).

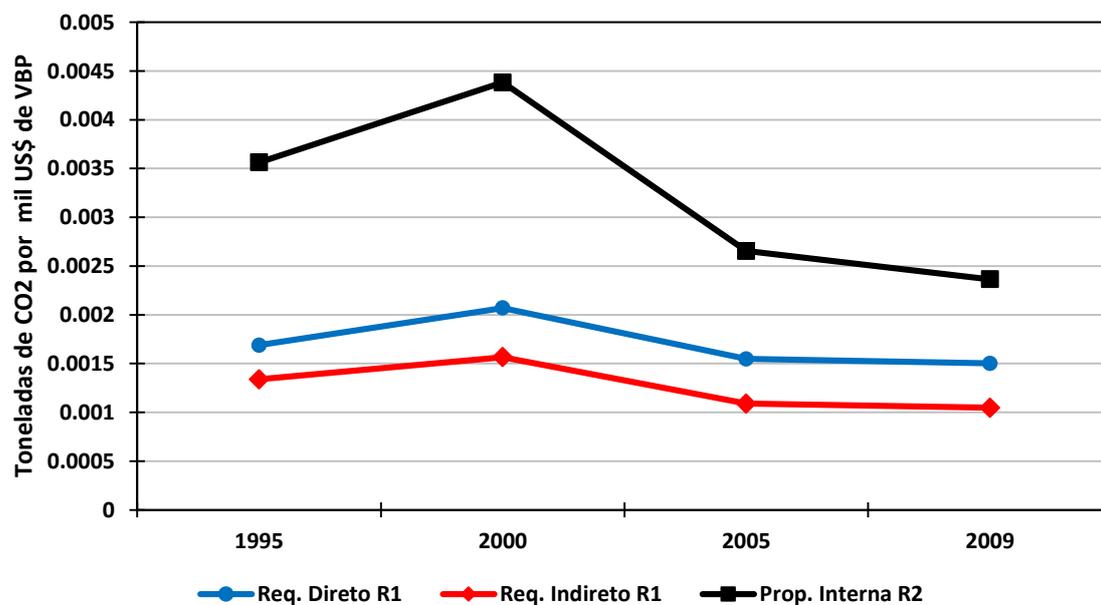
Além disso, em termos da poluição causada pela propagação interna do próprio Estados Unidos (USA), linha preta do Gráfico 41, e da própria União Europeia (EU), linha preta do Gráfico 42, algo similar pode ser observado, pois é possível observar um acréscimo de 1995 a 2000 e uma tendência de decréscimo a partir de 2000, o que representa de certa forma um processo produtivo interno menos poluidor tanto para os Estados Unidos (USA), quanto para a União Europeia (EU).

Gráfico 41 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição dos Estados Unidos (R1) e da União Europeia (R2) – [2009 = 100]



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Gráfico 42 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da União Europeia (R1) e dos Estados Unidos (R2)



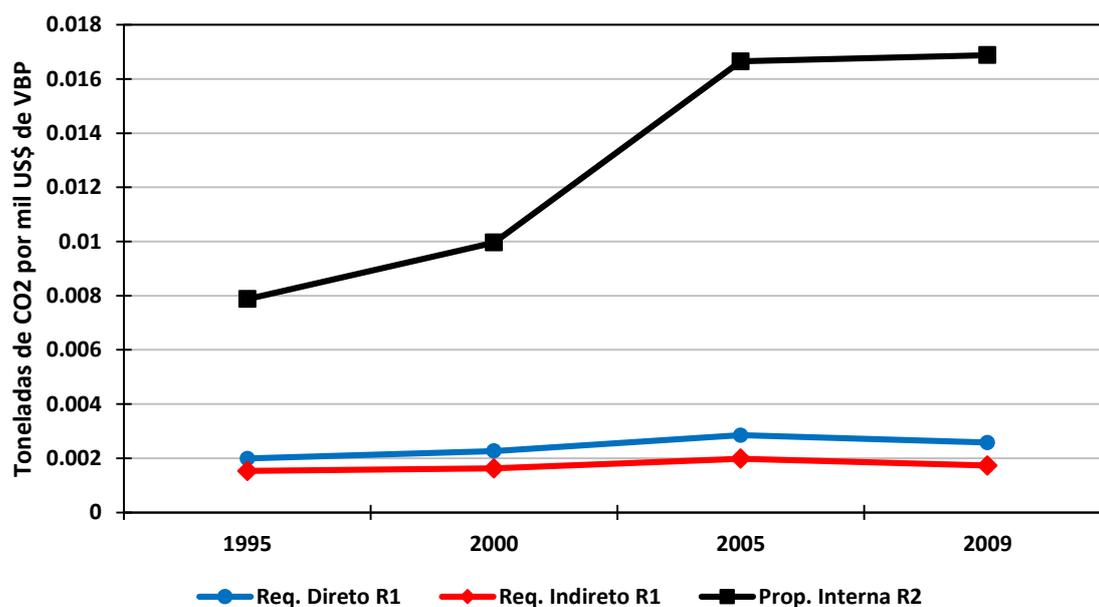
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Os Gráficos 43 e 44 trazem os resultados para a interação econômica em termos de emissões de CO<sub>2</sub> para os Estados Unidos (USA) e para o BRIC.

A partir do Gráfico 43, é possível observar que a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos dos Estados Unidos (USA) no BRIC, linha azul e vermelha, respectivamente, apresentam um comportamento parecido ao longo dos anos, acréscimo de 1995 a 2005, e a partir disso um comportamento de decréscimo.

Entretanto, o destaque fica por conta do resultado encontrado para a poluição causada pela propagação interna do próprio BRIC, linha preta, pois é possível observar uma tendência de acréscimo até 2005, o que representa de certa forma um processo produtivo interno mais poluidor e de 2005 para 2009 um comportamento inverso, de decréscimo.

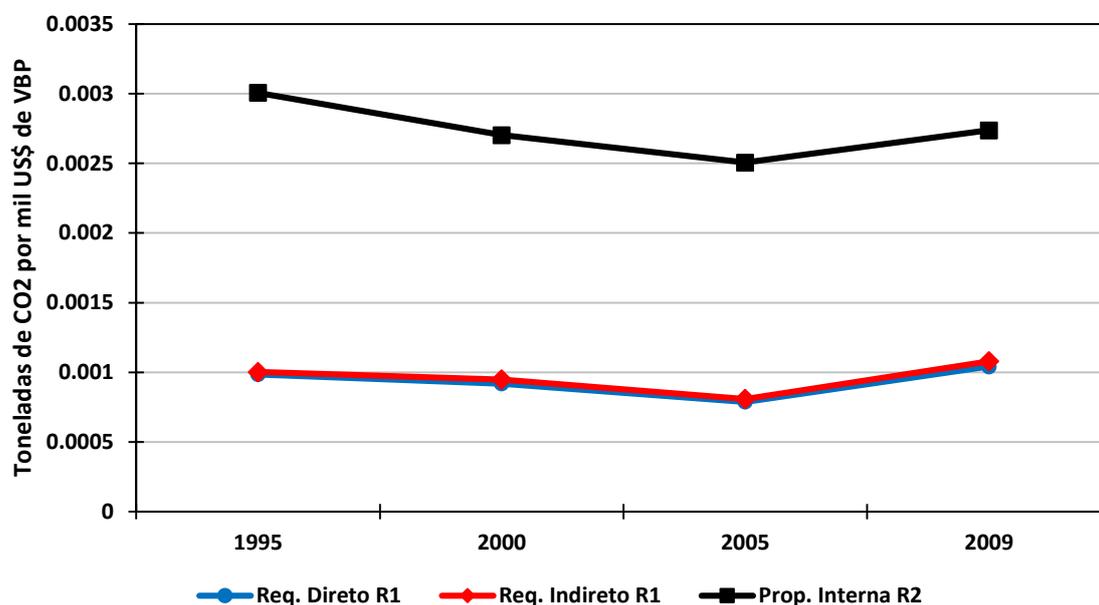
Gráfico 43 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição dos Estados Unidos (R1) e do BRIC (R2) – [2009 = 100]



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Em termos de resultados para a influência da propagação interna do BRIC no nível de poluição dos Estados Unidos (USA), Gráfico 44, é possível observar um comportamento antagônico para poluição causada pela propagação interna do próprio Estados Unidos (USA) em comparação com o que é visto para o BRIC (Gráfico 43), pois apresenta um comportamento de decréscimo ao longo dos anos, ou seja, o que representa de certa forma um processo produtivo interno menos poluidor.

Gráfico 44 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do BRIC (R1) e dos Estados Unidos (R2) – [2009 = 100]



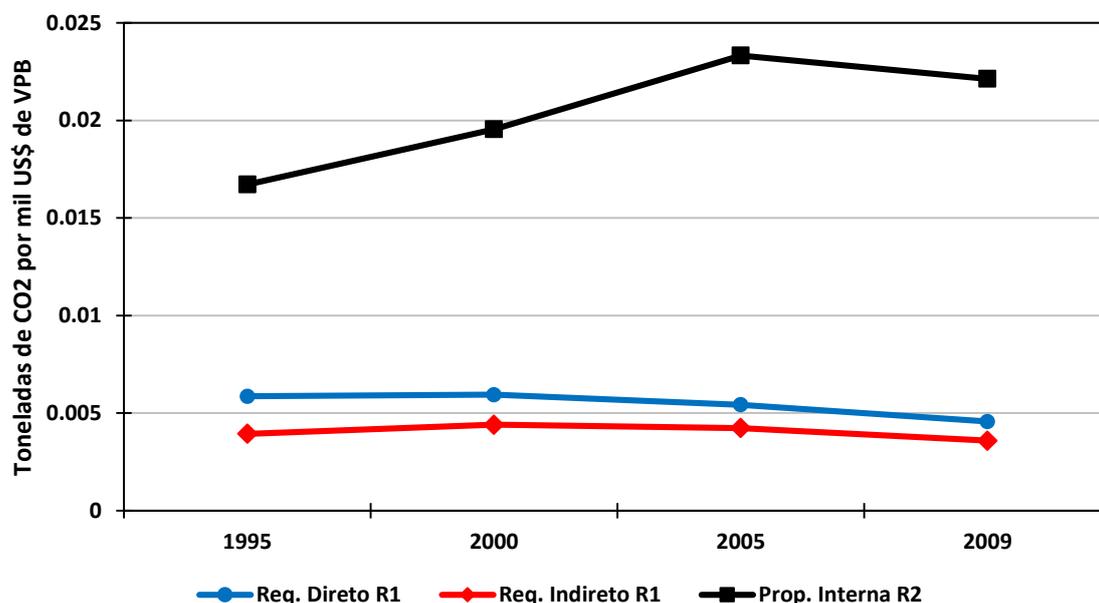
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Por fim, os Gráficos 45 e 46 trazem os resultados para a interação econômica em termos de poluição para a União Europeia (EU) e para o BRIC.

A partir do Gráfico 45 é possível observar a influência da propagação interna da União Europeia (EU) no nível de poluição do BRIC, onde a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos da União Europeia (EU) no BRIC, linha azul e vermelha, respectivamente, apresentam um comportamento de decréscimo parecido ao longo dos anos.

Além disso, com relação a poluição causada pela propagação interna do próprio BRIC, linha preta, é possível observar uma tendência de acréscimo, o que representa de certa forma um processo produtivo interno mais poluidor, até o ano de 2005 e de forma contrária, um comportamento de decréscimo com relação ao período de 2005 para 2009 (processo produtivo interno menos poluidor).

Gráfico 45 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição da União Europeia (R1) e do BRIC (R2) – [2009 = 100]



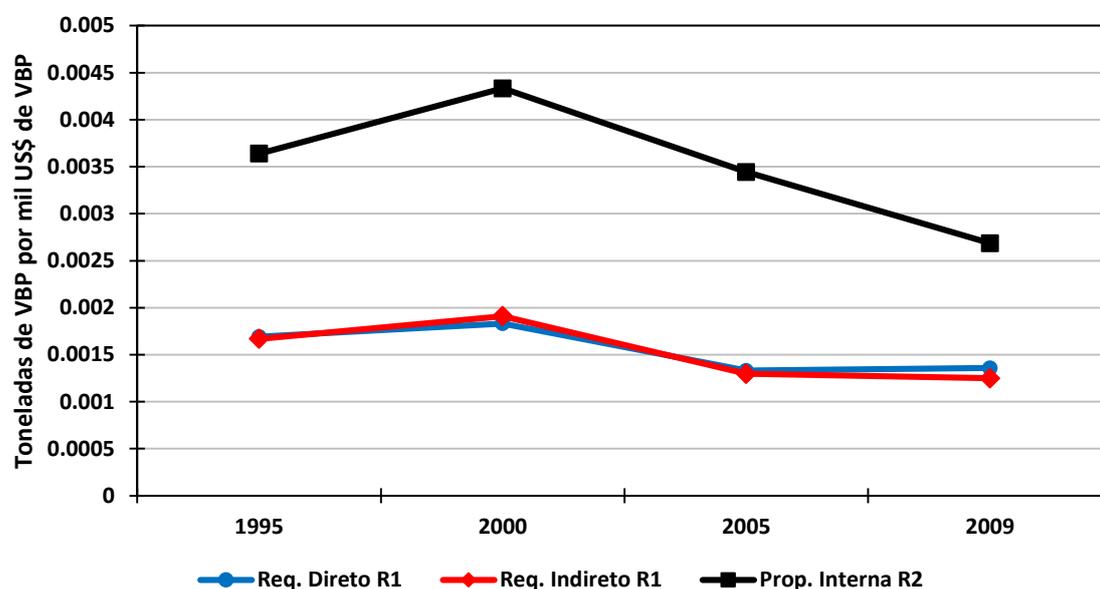
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Por outro lado, quando a análise é invertida, *i.e.*, se observa a poluição gerada pelo requerimento direto e indireto de insumos do BRIC na União Europeia (EU), Gráfico 46, é possível observar que estes também apresentam um comportamento semelhante, ou seja, ambos exibem um comportamento de acréscimo entre 1995 e 2000 e a partir disso, um comportamento de decréscimo (*i.e.* 2000 para 2005, 2005 para 2009).

Além disso, em termos do resultado encontrado para a poluição causada pela propagação interna da própria União Europeia (EU), linha preta, é possível também observar um comportamento de acréscimo para o primeiro período, *i.e.*, 1995 para 2000, e, um comportamento diferente, de decréscimo, entre os períodos de 2000 para 2005, e 2005 para 2009.

Assim, em termos de poluição causada pela própria propagação interna da União Europeia (EU) dois diferentes cenários são observados, um primeiro representando um processo produtivo mais poluidor (1995 a 2000) e depois um processo produtivo inverso, menos poluidor (2000 a 2009).

Gráfico 46 - Média dos Multiplicadores de Miyazawa de Poluição do BRIC (R1) e da União Europeia (R2) – [2009 = 100]



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Em suma os resultados da presente seção permitem analisar a estrutura das relações comerciais entre os países em termos de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>). Assim, com o intuito de realizar uma síntese dos resultados e para fins de comparação, os Quadros 1 e 2 trazem de forma simplificada os resultados dos multiplicadores de Miyazawa, para o pareamento entre países e, países e blocos econômicos, respectivamente.

Quadro 1 – Multiplicadores de Miyazawa (pareamento entre países)<sup>77</sup>

<b>Pareamento</b>	<b>Requerimento Direto R1</b>	<b>Requerimento Indireto R1</b>	<b>Propagação Interna R2</b>
China (R1) – USA (R2) (Gráfico 27)	Decréscimo entre 1995 e 2000. Constante entre 2000 e 2005. Acréscimo entre 2005 e 2009.	Decréscimo entre 1995 e 2000. Constante entre 2000 e 2005. Acréscimo entre 2005 e 2009.	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor).
USA (R1) – China (R2) (Gráfico 28)	Acréscimo entre 1995 e 2009.	Acréscimo entre 1995 e 2009.	Acréscimo (Processo produtivo interno mais poluidor).
Brasil (R1) – China (R2) (Gráfico 29)	Acréscimo entre 1995 e 2009.	Acréscimo entre 1995 e 2009.	Acréscimo (Processo produtivo interno mais poluidor).
China (R1) – Brasil (R2) (Gráfico 30)	Acréscimo entre 1995 e 2009.	Acréscimo entre 1995 e 2009.	Acréscimo (Processo produtivo interno mais poluidor), com exceção para o período entre 2005 e 2009.
Brasil (R1) – USA (R2) (Gráfico 31)	Acréscimo entre 1995 e 2000. Decréscimo entre 2000 e 2009.	Acréscimo entre 1995 e 2000. Decréscimo entre 2000 e 2009.	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor), com exceção para o período entre 1995 e 2000.
USA (R1) – Brasil (R2) (Gráfico 32)	Acréscimo entre 1995 e 2005. Decréscimo entre 2005 e 2009.	Acréscimo entre 1995 e 2005. Decréscimo entre 2005 e 2009.	Acréscimo (Processo produtivo interno mais poluidor), com exceção para o período entre 2005 e 2009.
Canadá (R1) – USA (R2) (Gráfico 33)	Decréscimo entre 1995 e 2009.	Decréscimo entre 1995 e 2009.	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor).
USA (R1) – Canadá (R2) (Gráfico 34)	Acréscimo entre 1995 e 2000. Decréscimo entre 2000 e 2009	Acréscimo entre 1995 e 2000. Decréscimo entre 2000 e 2009	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor).
México (R1) – USA (R2) (Gráfico 35)	Decréscimo entre 1995 e 2009.	Decréscimo entre 1995 e 2009.	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor).
USA (R1) – México (R2) (Gráfico 36)	Decréscimo entre 1995 e 2009.	Decréscimo, com exceção entre o período de 2000 e 2005.	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor), com exceção entre o período de 2000 e 2005.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: (a) R1 tem com significado região interna, e R2 região externa.

(b) Estados Unidos (USA).

<sup>77</sup> Para detalhes sobre a metodologia ver capítulo 4 (Metodologia) seção 4.3 (Multiplicadores de Miyazawa).

Quadro 2 – Multiplicadores de Miyazawa (pareamento entre países e blocos)<sup>78</sup>

<b>Pareamento</b>	<b>Requerimento Direto R1</b>	<b>Requerimento Indireto R1</b>	<b>Propagação Interna R2</b>
Brasil (R1) – EU (R2) (Gráfico 37)	Acréscimo entre 1995 e 2000. Decréscimo entre 2000 e 2009	Acréscimo entre 1995 e 2000. Decréscimo entre 2000 e 2009	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor), com exceção entre o período de 1995 e 2000.
EU (R1) – Brasil (R2) (Gráfico 38)	Acréscimo entre 1995 e 2000. Decréscimo entre 2000 e 2009	Acréscimo entre 1995 e 2000. Decréscimo entre 2000 e 2009	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor), com exceção entre o período de 1995 e 2000.
Brasil (R1) – NAFTA (R2) (Gráfico 39)	Acréscimo entre 1995 e 2000. Decréscimo entre 2000 e 2009	Acréscimo entre 1995 e 2000. Decréscimo entre 2000 e 2009	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor), com exceção entre o período de 1995 e 2000.
NAFTA (R1) – Brasil (R2) (Gráfico 40)	Acréscimo entre 1995 e 2005. Decréscimo entre 2005 e 2009.	Acréscimo entre 1995 e 2005. Decréscimo entre 2005 e 2009.	Acréscimo (Processo produtivo interno mais poluidor), com exceção para o período entre 2005 e 2009.
China (R1) – EU (R2) (Gráfico 41)	Decréscimo, com exceção entre o período de 2005 e 2009.	Acréscimo, com exceção entre o período de 2000 e 2005.	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor), com exceção entre o período de 1995 e 2000.
EU (R1) – China (R2) (Gráfico 42)	Acréscimo, com exceção entre o período de 1995 e 2000.	Acréscimo, com exceção entre o período de 1995 e 2000.	Acréscimo (Processo produtivo interno mais poluidor).
USA (R1) – EU (R2) (Gráfico 43)	Decréscimo, com exceção entre o período de 1995 e 2000.	Decréscimo, com exceção entre o período de 1995 e 2000.	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor), com exceção entre o período de 1995 e 2000.
EU (R1) – USA (R2) (Gráfico 44)	Decréscimo, com exceção entre o período de 1995 e 2000.	Decréscimo, com exceção entre o período de 1995 e 2000.	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor), com exceção entre o período de 1995 e 2000.
USA (R1) – BRIC (R2) (Gráfico 45)	Acréscimo, com exceção entre o período de 2005 e 2009.	Acréscimo, com exceção entre o período de 2005 e 2009.	Acréscimo (Processo produtivo interno mais poluidor), com exceção para o período entre 2005 e 2009.
BRIC (R1) – USA (R2) (Gráfico 46)	Decréscimo, com exceção entre o período de 2005 e 2009.	Decréscimo, com exceção entre o período de 2005 e 2009.	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor).
EU (R1) – BRIC (R2) (Gráfico 47)	Decréscimo entre 1995 e 2009.	Decréscimo entre 1995 e 2009.	Acréscimo (Processo produtivo interno mais poluidor), com exceção para o período entre 2005 e 2009.
BRIC (R1) – EU (R2) (Gráfico 48)	Decréscimo, com exceção entre o período de 1995 e 2000.	Decréscimo, com exceção entre o período de 1995 e 2000.	Decréscimo (Processo produtivo interno menos poluidor), com exceção entre o período de 1995 e 2000.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: (a) R1 tem com significado região interna, e R2 região externa.

(b) Estados Unidos (USA), União Europeia (EU), NAFTA, e BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China)

<sup>78</sup> Para detalhes sobre a metodologia ver capítulo 4 (Metodologia) seção 4.3 (Multiplicadores de Miyazawa).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tal como apresentado no decorrer do presente trabalho, o problema dos gases de efeito estufa (GEE) e as mudanças climáticas relacionadas são importantes pontos de debate nas economias internacionais, onde esforços de pesquisa têm levado cada vez mais em consideração o consumo sustentável. O tema começa a ganhar o cenário mundial a partir de um acordo internacional para redução das emissões globais para a atmosfera (Protocolo de Quioto).

Entretanto, embora tenha sido possível observar algum progresso, iniciativas reais para um consumo mais sustentável não se materializaram. Os esforços para desenvolver sistemas de consumo mais eficientes e eficazes acabam por ser ainda desconhecidos e com pouco avanço prático.

Como abordado por Wyckoff e Roop (1994), no contexto de mitigações, muitas políticas controladoras são baseadas na redução das emissões domésticas de GEE, ignorando as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas nos fluxos de comércio internacional. Desta forma, acordos internacionais para a redução das emissões GEE são calculados com base nas emissões produzidas dentro das fronteiras geográficas do país, sendo uma abordagem direta e fácil do ponto de vista de coleta dos dados, entretanto, desconsiderando o fato, por exemplo, que os aumentos das emissões produzidas em economias emergentes e países menos desenvolvidos são devidos a produção de bens para exportação (WIEBE *et al.*, 2012).

Desta forma, investigar a localização de tais emissões e os países envolvidos são passos importantes para garantir a redução das emissões de GEE. Diante da expansão e globalização acelerada das economias mundiais, a poluição incorporada nos fluxos de comércio torna-se outro fator a se levar em consideração.

Assim sendo, o trabalho buscou fazer uma investigação empírica sobre a responsabilidade pelas emissões e o comércio internacional para 27 países da União Europeia e 13 países selecionados para o período de 1995 a 2009. Além disso, permeou questões e discussões em torno das teorias e hipóteses ambientais que envolvem o comércio internacional.

E diante dos objetivos traçados e especificados na Introdução, o presente trabalho buscou contribuir de forma a utilizar um modelo interregional de insumo-produto,

possibilitando fazer uma interação entre as 27 economias da União Europeia, 13 países selecionados e mais o “restante do mundo”.

Por outro lado, em termos de contribuição ao trabalho dos autores Wiebe *et al.* (2012), por exemplo, o presente trabalho buscou através dos multiplicadores de Miyazawa abordar as questões de *feedback loop* entre os diversos países.

Para tal, o presente trabalho utilizou de uma base de dados (projeto WIOD) sólida em termos de compatibilização das tabelas de insumo-produto e as emissões atmosféricas de CO<sub>2</sub>, com a mesma abrangência de tempo e desagregação setorial.

Em termos de resultados e respostas aos objetivos traçados, algumas considerações podem ser feitas. Quanto ao primeiro objetivo específico, *i.e.*, (a) observar, o comportamento dos países com relação as emissões de CO<sub>2</sub>, se há concentração de tais emissões e se esse comportamento é mantido no decorrer dos anos (1995 a 2009), foi possível através dos Gráficos 2 a 5 observar o comportamento dos 40 países da presente amostra de dados mais o “restante do mundo” em termos de emissões absolutas, para os anos de 1995, 2000, 2005 e 2009, respectivamente. E como forma de exercício, a evolução temporal (*i.e.* 1995 a 2009) para os Estados Unidos (USA), China (CHN), Brasil (BRA), Índia (IND) e Rússia (RUS), Gráficos 6 a 9, respectivamente.

Por meio da análise dos níveis de emissões de CO<sub>2</sub> para os Estados Unidos (USA), China (CHN) e Rússia (RUS), por exemplo, foi possível observar um comportamento de altas emissões de CO<sub>2</sub> ao longo do tempo, com destaque para a ascensão da China (CHN) com o decorrer dos anos, ultrapassando a quantidade de emissões dos Estados Unidos (USA).

Outro ponto de destaque foi o comportamento inverso entre os Estados Unidos (USA), país desenvolvido, com um acréscimo de emissões em um primeiro momento e seguido por um alto decréscimo, e países em desenvolvimento, como China (CHN), Brasil (BRA), Índia (IND) e Rússia (RUS), com um comportamento de acréscimo com o decorrer dos anos.

Em termos, por exemplo, da teoria da curva de Kuznets ambiental (CKA), é possível interpretar tais resultados (exercícios com países selecionados) segundo a hipótese por trás de tal teoria, *i.e.*, uma relação em forma de U invertido entre a renda *per capita* (desenvolvimento econômico) e nível de qualidade ambiental (níveis de poluição). Os Estados Unidos (USA), por um lado, por estarem em um estágio mais avançado de desenvolvimento econômico respondem com um declínio da poluição. Por outro lado, China

(CHN), Brasil (BRA), Índia (IND) e Rússia (RUS), por estarem em um estágio inferior de desenvolvimento econômico, apresentam um comportamento de aumento da poluição.

Como apresentado por Nordström e Scott (1999), Dasgupta *et al.* (2002), Copeland e Taylor (2004) tais resultados são indícios de que o aumento da renda está associado a um aumento da poluição em estágios iniciais do desenvolvimento econômico e a um declínio da poluição em estágios mais avançados. Entretanto este não é o principal foco do presente trabalho, de forma que não é feito nenhum teste empírico propriamente dito para avaliar tal hipótese.

Entretanto, outras hipóteses podem ser discutidas, tal como a fuga de carbono (*Carbon Leakage*). Os resultados encontrados representam de certa forma uma fuga de carbono dos países desenvolvidos para os países em desenvolvimento. De forma ainda mais específica, indicam que o comércio internacional está sendo usado para diminuir as emissões de CO<sub>2</sub>.

Além disso, por meio dos indicadores agregados, os coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub>, foi possível classificar os países como intensivos ou não no que tange às emissões de CO<sub>2</sub>, apresentar os países com maiores intensidades de emissões e observar que o comportamento para alguns países muda ao longo do tempo (1995 a 2009). Também foi possível observar a média geral dos coeficientes de intensidade dos países no ano e seu comportamento ao longo dos anos.

Assim, estes resultados foram relevantes devido ao seu caráter descritivo, pois possibilitaram obter um panorama geral da economia mundial em termos de emissões de CO<sub>2</sub>. Entretanto, como destacado anteriormente, para o presente trabalho, os coeficientes de intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> foram mais importantes em termos metodológicos do que em termos de resultado propriamente dito, pois possibilitaram incorporar as emissões de CO<sub>2</sub> no comércio internacional.

Entretanto, apesar de os resultados das emissões absolutas apresentaram indícios de que pode-se aplicar e discutir algumas das teorias, é preciso olhar para os resultados em torno do comércio internacional, que para o presente trabalho consiste dos resultados extraídos a partir das tabelas de insumo produto: (i) Saldos Comerciais Globais de Emissões de CO<sub>2</sub>; e (ii) Multiplicadores de Miyazawa.

Assim, quanto ao segundo objetivo específico, *i.e.*, (b) mensurar as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas na produção e no consumo, foi possível, por meio dos balanços de carbonos e

a partir de alguns exercícios observar os saldos das emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas na produção e das emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no consumo.

Quanto ao terceiro e quarto objetivos específicos traçados, *i.e.*, (c) mensurar as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas nas exportações e importações de cada país; e (d) construção do balanço de carbono para cada um dos países<sup>79</sup>, foi possível observar, por exemplo, um comportamento antagônico entre os Estados Unidos (USA) e a China (CHN), pois para o primeiro as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas no consumo foram maiores do que as emissões incorporadas na produção. Enquanto que para a China (CHN) as emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas na produção foram maiores do que as emissões incorporadas no consumo, para os anos de 1995 a 2009.

Os resultados tornaram-se mais evidentes quando se observou os maiores importadores e exportadores líquidos de emissões de CO<sub>2</sub>, pois através destes resultados foi possível observar mudanças expressivas no comportamento de tais países. A China (CHN), como a maior exportadora líquida, duplicou o seu saldo em 2009. E por outro lado, os Estados Unidos (USA) foi o maior importador líquido para todos os anos da presente amostra de dados.

Além disso, foi possível observar de certa forma um comportamento antagônico entre os Estados Unidos (USA) e os BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China), por exemplo, com exceção da Índia (IND) que se comportou de forma parecida com os Estados Unidos (USA).

Cabe ressaltar, que tais resultados demonstram e embasam questões importantes da literatura quanto a responsabilidade pelas emissões de CO<sub>2</sub>, como por exemplo questões envolvendo o princípio do consumidor e o princípio do produtor e responsabilidades dos países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Dessa forma, diante do princípio da responsabilidade do consumidor, é possível observar que apesar das emissões absolutas da China (CHN), Brasil (BRA) e Rússia (RUS), por exemplo, estarem apresentando um comportamento de acréscimo ao longo do tempo, as responsabilidades por tais aumentos não são necessariamente dos respectivos países, pois estes são considerados exportadores líquidos de CO<sub>2</sub>, ou seja, tais países têm maior quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> incorporadas nas suas exportações do que nas importações, dando a ideia, segundo a literatura que distingue a responsabilidade do consumidor e do produtor, de que estas emissões são causadas em prol do comércio com outros países.

---

<sup>79</sup> Os Anexos IV a VII trazem os balanços de CO<sub>2</sub> para os anos 1995, 2000, 2005 e 2009, respectivamente.

Por outro lado, os Estados Unidos (USA) que apresentam um comportamento de decréscimo das emissões absolutas a partir dos últimos anos da presente amostra, são considerados como importadores líquidos de CO<sub>2</sub>, ou seja, pelo princípio da responsabilidade do consumidor, os Estados Unidos (USA) apesar de apresentarem um decréscimo em termos de emissões absolutas, parecem estar utilizando do comércio internacional para tal.

A Índia (IND), diferente do que foi observado para os outros três países considerados em desenvolvimento, se comporta como importador líquido de CO<sub>2</sub>, ou seja, se for levado em consideração que o país apresenta um comportamento de acréscimo das emissões absolutas e ainda assim apresenta uma alta quantidade de emissões incorporadas no comércio internacional, é possível indagar que tal país seja considerado como um dos grandes responsáveis pelos níveis de emissões de CO<sub>2</sub>.

Assim, ao observar o comportamento em termos de emissões absolutas e saldos comerciais globais de emissões de CO<sub>2</sub>, por meio dos países selecionados para o presente exercício, é possível afirmar que não existe um único padrão para descrever o comportamento dos países em desenvolvimento e desenvolvidos.

Além disso, assim como mencionado anteriormente, é importante observar que os resultados encontrados apresentam semelhanças e diferenças com relação a outros trabalhos envolvendo o mesmo tema.

Com relação ao quinto objetivo específico, *i.e.*, (e) verificar se o comércio internacional tem sido utilizado como uma forma de reduzir as emissões por parte dos países, foi possível encontrar indícios de que os decréscimos das emissões de alguns países são provenientes de uma maior interação em termos econômicos (comércio internacional).

Entretanto, os resultados acerca da estrutura das relações comerciais entre os países, os multiplicadores de Miyazawa, contribuíram ainda mais em termos da relação entre o comércio internacional e emissões. Além disso, possibilitaram responder as questões em torno do sexto objetivo específico, *i.e.*, (f) analisar o grau de interação econômica entre duas regiões em termos de poluição (emissões de CO<sub>2</sub>).

Diante dos multiplicadores de Miyazawa, foi possível observar, por exemplo, que o pareamento entre Estados Unidos (USA) e União Europeia (EU), países considerados como desenvolvidos, com a China (CHN), país em desenvolvimento, o resultado é de que um aumento de um US\$ de demanda final na China (CHN) em termos de poluição nos Estados Unidos (USA) e na União Europeia (EU) foi menor com o decorrer dos anos, ou seja, um

indício de que os processos produtivos internos dos Estados Unidos (USA) e da União Europeia (EU) estão cada vez menos poluidores. E quando se inverteu a análise, foi possível observar um processo produtivo interno da China (CHN) mais poluidor, dado a interação com tais países (e bloco econômico).

E de forma similar, foi possível observar que outros pareamentos entre países desenvolvidos e em desenvolvimento apresentam resultados parecidos, como por exemplo, o pareamento Estados Unidos (USA) e NAFTA<sup>80</sup> com o Brasil (BRA), ou entre os Estados Unidos (USA) e União Europeia (EU) com o BRIC. Entretanto, foi possível observar alguns resultados diferentes em termos de pareamento entre países e blocos desenvolvidos com países desenvolvidos, como para o pareamento entre México (MEX) e Estados Unidos (USA), e Brasil (BRA) e União Europeia (EU).

Além desses resultados, quando a análise foi feita em termos de interação entre dois países (blocos) desenvolvidos (pareamento Norte-Norte<sup>81</sup>), tal como Estados Unidos (USA) e Canadá, e Estados Unidos (USA) e União Europeia (EU), foi possível observar que os processos produtivos internos foram menos poluidores com o passar dos anos. E de forma contrária, quando a análise foi feita em termos de interação entre dois países em desenvolvimento (pareamento Sul-Sul<sup>82</sup>), tal como Brasil (BRA) e China (CHN), foi possível observar um de certa forma um processo produtivo interno mais poluidor.

Em termos do sétimo e último objetivo específico, *i.e.*, (g) avaliar teorias e hipóteses ambientais em torno das emissões de CO<sub>2</sub> e o comércio internacional, foi possível, por meio dos diferentes resultados do presente trabalho, fazer uma discussão em torno da teoria da curva de Kuznets ambiental (CKA), “*pollution haven effect*”, “*pollution haven hypothesis*”, o uso da política ambiental como um substituto para a política comercial, o uso da política comercial para atingir os objetivos ambientais, e padrões de comércio entre o Norte e o Sul.

À luz da teoria da curva de Kuznets ambiental (CKA), foi possível observar que os Estados Unidos (USA), por um lado, por estar em um estágio mais avançado de desenvolvimento econômico respondeu com um declínio da poluição. Por outro lado, países como China (CHN), Brasil (BRA), Índia (IND) e Rússia (RUS), por estarem em um estágio

---

<sup>80</sup> Cabe ressaltar que apesar de o NAFTA ser considerado na análise como bloco desenvolvido, em sua composição tem-se a presença do México, país considerado como em desenvolvimento. Entretanto, devido ao poder econômico do bloco como um todo, puxado pela economia americana e canadense, a análise em termos de bloco desenvolvido se encaixa de forma mais plausível.

<sup>81</sup> Termo proveniente da divisão Norte-Sul, uma divisão socioeconômica e política que separa os países desenvolvidos, chamados de países do norte, dos países do sul, grupo de países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento.

<sup>82</sup> Termo proveniente da divisão Norte-Sul.

inferior de desenvolvimento econômico, apresentaram um comportamento de aumento da poluição. Além disso, tais resultados representam indícios de que há uma fuga de carbono (*Carbon Leakage*), ou de forma ainda mais específica, pode estar representado, por exemplo, o uso do comércio internacional para diminuir as emissões de CO<sub>2</sub>.

Outras hipóteses foram discutidas, como “*pollution haven effect*”, ou seja, uma regulamentação da poluição tendo efeito sobre as decisões de localização das plantas e dos fluxos comerciais. Ou ainda de forma mais forte, que uma redução das barreiras comerciais está levando a um deslocamento da indústria intensiva em poluição dos países com rigorosas normas para países com normas mais fracas (“*pollution haven hypothesis*”).

Diante dos pareamentos pré-definidos para os multiplicadores de Miyazawa, foi possível também discutir e levantar questões acerca de tais teorias. A China (CHN), por exemplo, sempre apresentou um processo produtivo mais poluidor, o que nos dá indícios de uma fuga de carbono, pois os países que formam tal relação de comércio com a China (CHN) aparentemente utilizam do comércio internacional para diminuir suas emissões.

Dados os exemplos de pareamentos Norte-Sul (*e.g.* Estados Unidos e China; União Europeia e China) em que o processo produtivo no Sul está cada vez mais poluidor e o do Norte cada vez menos poluidor, foi possível levantar indícios que a regulamentação está afetando as decisões de localização das plantas, por exemplo (“*pollution haven effect*”). Ou que uma redução das barreiras comerciais está levando o deslocamento da indústria intensiva em poluição dos países com rigorosas normas (Norte) para países com normas mais fracas (Sul), hipótese essa denominada como “*pollution haven hypothesis*”.

Apesar dos resultados apresentarem indícios de que tais teorias estão de certa forma ocorrendo, é preciso interpretar os resultados com cautela, pois estes resultados representam um exercício em que foi feito um pareamento para uma amostra de países e blocos econômicos. Ou seja, de forma geral, apesar de ser possível observar um padrão, é importante observar a interação (*i.e.* pareamento) dos países e/ou blocos de forma minuciosa, pois os países (blocos) interagem de forma diferente.

Ou seja, de forma geral a relação de causa e efeito entre emissões e comércio internacional tem outros componentes, *e.g.* custo, mobilidade do capital e mão-de-obra, que não são abordados no escopo do presente trabalho.

Além disso, cabe ressaltar que não é do escopo deste trabalho discutir e apresentar todos os pareamentos que podem ser realizados tomando por base as 41 unidades espaciais (*i.e.* 40 países mais o “restante do mundo”). Os pareamentos escolhidos buscaram evidenciar

as questões inerentes ao processo de integração entre os países e o impacto sobre emissões. A escolha dos pareamentos pode também levar em consideração componentes sociológicos e de economia-política, por exemplo. Isto pode ser uma possível extensão do trabalho.

E de forma ainda mais criteriosa, os resultados poderiam ser analisados em termos setoriais, ou seja, pode-se adotar como exercício avaliar a interação econômica entre dois países e/ou bloco econômico a nível setorial. E de forma complementar, o exercício poderia ser feito considerando não apenas pontos isolados de tempo, e sim uma evolução temporal como um todo.

Por fim, em termos de limitação, como exposto por Wyckoff e Roop (1994), o uso das Tabelas de Insumo-Produto não aborda a questão do que aconteceria no futuro, ou seja, a análise não aborda o que aconteceria se as políticas de redução de emissão de carbono fossem adotadas, de forma contrária, examina os acontecimentos passados.

Entretanto, o uso de modelos de insumo-produto permite julgar se deve ou não considerar o carbono incorporado no comércio internacional como um fator importante nas discussões de políticas de redução de emissões.

Assim, em geral, a partir dos diferentes resultados, o presente trabalho permite evidenciar a importância de se levar em consideração o comércio internacional no que tange as questões inerentes a degradação ambiental (aqui em termos de emissões de CO<sub>2</sub>). Ou seja, diante de todos resultados fica evidente que degradação ambiental e comércio internacional não devem ser tratados de forma separada, onde as questões ambientais devem estar cada vez mais presentes nas discussões dos tomadores de decisões.

## REFERÊNCIAS

AHMAD, N.; WYCKOFF, A. **Carbon dioxide emissions embodied in international trade of goods**. OECD Publishing, 2003.

ANTWEILER, W. The pollution terms of trade. **Economic Systems Research**, v. 8, n. 4, p. 361-366, 1996.

ANTWEILER, W.; COPELAND, B. R.; TAYLOR, M. S. Is free trade good for the environment? **The American Economic Review**, v. 91, n. 4, p. 877-908, 1998.

BASTIANONI, S.; PULSELLI, F. M.; TIEZZI, E. The problem of assigning responsibility for greenhouse gas emissions. **Ecological Economics**, v. 49, n. 3, p. 253-257, 2004.

BRUNNERMEIER, S. B.; LEVINSON, A. Examining the evidence on environmental regulations and industry location. **The Journal of Environment & Development**, v. 13, n. 1, p. 6-41, 2004.

CARVALHO, T. S.; SANTIAGO, F. S.; PEROBELLI, F. S. International trade and emissions: The case of the Minas Gerais state - 2005. **Energy Economics**, v. 40, p. 383-395, 2013.

CEBDS. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**, 2002. Disponível em: <<http://cebds.org.br/media/uploads/pdf-capas-publicacoes-cebds/energia-mudanca-no-clima/mecanismo-desenvolvimento-limpo.pdf>> Acessado em: 08 de janeiro de 2014.

CHICHILNISKY, G. North-south trade and the global environment. **The American Economic Review**, v. 84, n. 4, p. 851-874, 1994.

CHIMELI, A. B.; BRADEN, J. B. Total factor productivity and the environmental Kuznets curve. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 49, n. 2, p. 366-380, 2005.

CHIMELI, A. B. Growth and the environment: Are we looking at the right data?. **Economics Letters**, v. 96, n. 1, p. 89-96, 2007.

COPELAND, B. A.; TAYLOR, M. S. North-South trade and the environment. **Quarterly Journal of Economics**, v. 109, n. 3, p. 755-787, 1994.

\_\_\_\_\_. Trade, Growth, and the Environment. **Journal of Economic Literature**, v. 42, n. 1, p. 7-71, 2004.

\_\_\_\_\_. Free trade and global warming: a trade theory view of the Kyoto protocol. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 49, n. 2, p. 205-234, 2005.

DASGUPTA, S.; LAPLANTE, B.; WANG, H.; WHEELER, D. Confronting the environmental Kuznets curve. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 16, n. 1, p. 147-168, 2002.

DIETZENBACHER, E.; GUILHOTO, J. M.; IMORI, D. The Role of Brazilian Regions in the Global Value Chain. **Texto para Discussão**: TD-Nereus 13-2013, São Paulo, 2013.

DIETZENBACHER, E.; LOS, B.; STEHRER, R.; TIMMER, M.; DE VRIES, G. The Construction of World Input–Output Tables in the WIOD Project. **Economic Systems Research**, v. 25, n. 1, p. 71-98, 2013.

EDER, P.; NARODOSLAWSKY, M. What environmental pressures are a region's industries responsible for? A method of analysis with descriptive indices and input–output models. **Ecological Economics**, v. 29, n. 3, p. 359-374, 1999.

ERUMBAN, A. A.; GOUMA, R.; VRIES, G.; VRIES, K.; TIMMER, M. P. WIOD Socio-Economic Accounts (SEA): Sources and Methods. **World Input-Output Database (WIOD)**, 2012a. Disponível em: <<http://www.wiod.org>>. Acessado em: 03 de maio de 2013.

ERUMBAN, A. A.; GOUMA, R.; VRIES, G.; VRIES, K.; TIMMER, M. P. Sources for National Supply and Use Table Input Files. **World Input-Output Database (WIOD)**, 2012b. Disponível em: <<http://www.wiod.org>>. Acessado em: 03 de maio de 2013.

FERNG, Jiun-Jiun. Allocating the responsibility of CO<sub>2</sub> over-emissions from the perspectives of benefit principle and ecological deficit. **Ecological Economics**, v. 46, n. 1, p. 121-141, 2003.

FRITZ, O. M.; SONIS, M.; HEWINGS, G. J. D. A Miyazawa analysis of interactions between polluting and non-polluting sectors. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 9, n. 3, p. 289-305, 1998.

GALLEGO, B.; LENZEN, M. A consistent input–output formulation of shared producer and consumer responsibility. **Economic Systems Research**, v. 17, n. 4, p. 365-391, 2005.

GENTY, A.; ARTO, I.; Neuwahl, F. Final Database of Environmental Satellite Accounts: Technical Report on their Compilation. **World Input-Output Database (WIOD)**, 2012. Disponível em: <<http://www.wiod.org>>. Acessado em: 03 de maio de 2013.

GFN. National Footprint Accounts, national summary data sheets. **Global FootprintNetwork**, 2005. Disponível em: <[http://www.footprintnetwork.org/gfn\\_sub.php?content=national\\_footprints](http://www.footprintnetwork.org/gfn_sub.php?content=national_footprints)>. Acessado em: 14 de abril de 2013.

GUILHOTO, J. J. M. **Análise de Insumo-Produto: teorias e fundamentos** (Input-Output Analysis: Theory and Foundations). Departamento de Economia (FEA), Universidade de São Paulo. Mimeo., 2011.

GUILHOTO, J. J. M.; MORETTO, A. C.; RODRIGUES, R. L. Decomposition & synergy: a study of the interactions and dependence among the 5 Brazilian macro regions. **Economia aplicada**, v. 5, n. 2, p. 345-362, 2001.

GUPTA, S.; BHANDARI, P. M. An effective allocation criterion for CO<sub>2</sub> emissions. **Energy Policy**, v. 27, n. 12, p. 727-736, 1999.

HETHERINGTON, R. An input-output analysis of carbon dioxide emissions for the UK. **Energy Conversion and Management**, v. 37, n. 6, p. 979-984, 1996.

HEWINGS, G. J. D.; OKUYAMA, Y.; SONIS, M. Economic interdependence within the Chicago metropolitan area: a Miyazawa analysis. **Journal of Regional Science**, v. 41, n. 2, p. 195-217, 2001.

HILGEMBERG, E. M. **Quantificação e efeitos econômicos do controle de emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes do uso de gás natural, álcool e derivados de petróleo no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto**. Piracicaba/São Paulo, 151 p. Tese (Doutorado em Economia) – ESALQ/USP, 2004.

HOEKSTRA, R.; JANSSEN, M. A. Environmental responsibility and policy in a two-country dynamic input-output model. **Economic Systems Research**, v. 18, n. 1, p. 61-84, 2006.

JAYADEVAPPA, R.; CHHATRE, S. International trade and environmental quality: a survey. **Ecological Economics**, v. 32, n. 2, p. 175-194, 2000.

KONDO, Y.; MORIGUCHI, Y.; SHIMIZU, H. CO<sub>2</sub> Emissions in Japan: Influences of imports and exports. **Applied Energy**, v. 59, n. 2, p. 163-174, 1998.

LABANDEIRA, X.; LABEAGA, J. M. Estimation and control of Spanish energy-related CO<sub>2</sub> emissions: an input-output approach. **Energy Policy**, v. 30, n. 7, p. 597-611, 2002.

LENZEN, M.; PADE, L.; MUNKSGAARD, J. CO<sub>2</sub> multipliers in multi-region input-output models. **Economic Systems Research**, v. 16, n. 4, p. 391-412, 2004.

LENZEN, M. Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: an input-output analysis. **Energy Policy**, v. 26, n. 6, p. 495-506, 1998.

LEONTIEF, W., Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach, **Review of Economic Statistics**, v.52, p.262-277, 1970.

LEVINSON, A.; TAYLOR, M. S. Unmasking the Pollution Haven Effect. **International Economic Review**, v. 49, n. 1, p. 223-254, 2008.

MACHADO, G.; SCHAEFFER, R.; WORRELL, E. Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil: an input-output approach. **Ecological Economics**, v. 39, n. 3, p. 409-424, 2001.

MIYAZAWA, K. An analysis of the interdependence between service and goods-producing sectors. **Hiotsubashi Journal of Economics**. v. 12, n. 1, p. 10-21, 1971.

MIYAZAWA, K. Input-output analysis and interrelational income multiplier as a matrix. **Hiotsubashi Journal of Economics**. v. 08, n. 2, p. 39-58, 1968.

MIYAZAWA, K. Internal and external matrix multipliers in the input-output model. **Hiotsubashi Journal of Economics**. v. 06, n. 1, p. 38-55, 1966.

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

MONGELLI, I.; TASSIELLI, G.; NOTARNICOLA, B. Global warming agreements, international trade and energy/carbon embodiments: an input–output approach to the Italian case. **Energy Policy**, v. 34, n. 1, p. 88-100, 2006.

MUNKSGAARD, J.; PEDERSEN, K. A. CO<sub>2</sub> accounts for open economies: producer or consumer responsibility?. **Energy Policy**, v. 29, n. 4, p. 327-334, 2001.

MURADIAN, R.; O'CONNOR, M.; MARTINEZ-ALIER, J. Embodied pollution in trade: estimating the “environmental load displacement” of industrialised countries. **Ecological Economics**, v. 41, n. 1, p. 51-67, 2002.

NEUMAYER, E. In defence of historical accountability for greenhouse gas emissions. **Ecological Economics**, v. 33, n. 2, p. 185-192, 2000.

NORDSTRÖM, H.; VAUGHAN, S. **Trade and environment**. Special Studies, World Trade Organization (WTO), WTO Publications, Geneva, 1999.

OKUYAMA, Y.; SONIS, M.; HEWINGS, G. J. D. Economic Impacts of an Unscheduled, Disruptive Event: A Miyazawa Multiplier Analysis. **Understanding and Interpreting Economic Structure** (Advances in Spatial Science). p. 113-143. New York: Springer-Verlag, 1999.

PAULANI, L. M; BRAGA, M. B. **A nova contabilidade Social: uma introdução à macroeconomia**. 3ªed. São Paulo: Saraiva, 2007.

PETERS, G. P.; HERTWICH, E. G. **Production Factors and Pollution Embodied in Trade: Theoretical Development**. Working Papers, 5/2004, University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, 2004.

PETERS, G. P.; HERTWICH, E. G. Structural analysis of international trade: Environmental impacts of Norway. **Economic Systems Research**, v. 18, n. 2, p. 155-181, 2006.

PETERS, G. P.; MINX, J. C.; WEBER, A. L.; EDENHOFER, O. Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 21, p. 8903-8908, 2011.

PROOPS, J. L. R. Energy intensities, input-output analysis and economic development. In: MOTAMEN, H. **Input-Output analysis: current developments**. Chapman and Hall, p. 201-215. New York, 1988.

REES, W. E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. **Environment and Urbanization**, v. 4, n. 2, p. 121-130, 1992.

REES, W.; WACKERNAGEL, M. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: measuring the natural capital requirements of the human economy. In: JANSSON, A. M.; HAMMER, M.; FOLKE, C.; COSTANZA, R. (Eds.), **Investing in Natural Capital: the**

Ecological Economics Approach to Sustainability. Island Press, Washington DC, pp. 362–390, 1994.

RODRIGUES, J., DOMINGOS, T.; GILJUM, S.; SCHNEIDER, F. Designing an indicator of environmental responsibility. **Ecological Economics**, v. 59, n. 3, p. 256-266, 2006.

ROSE, A. Reducing conflict in global warming policy: the potential of equity as a unifying principle. **Energy Policy**, v. 18, n. 10, p. 927-935, 1990.

SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J.; DUARTE, R. CO<sub>2</sub> emissions embodied in international trade: evidence for Spain. **Energy Policy**, v. 32, n. 18, p. 1999-2005, 2004.

SCHAEFFER, R.; DE SÁ, A. L. The embodiment of carbon associated with Brazilian imports and exports. **Energy Conversion and Management**, v. 37, n. 6, p. 955-960, 1996.

SESSO FILHO, U. A.; MORETTO, A. C.; RODRIGUES, R. L.; GUILHOTO, J. J. M. Interações sinérgicas e transbordamento do efeito multiplicador de produção das grandes regiões do Brasil. **Economia Aplicada**, v. 10, n. 2, p. 225-247, 2006.

SHIN, S. Developing country's perspective on COP3 development (Kyoto Protocol). **Energy Policy**, v. 26, n. 7, p. 519-526, 1998

SMITH, K. R. Allocating responsibility for global warming: The natural debt index. **Ambio**. Stockholm, v. 20, n. 2, p. 95-96, 1991.

SONIS, M.; HEWINGS, G. J. D. MIYAZAWA, K. Synergetic interactions within the pairwise hierarchy of economic linkages sub-systems. **Hiotsubashi Journal of Economics**. v. 38, n. 2, p. 183-199, 1997.

SONIS. M.; HEWINGS, G. J. D. Economic landscapes: multiplier product matrix analysis for multiregional input-output systems. **Hiotsubashi Journal of Economics**. v. 40, n. 1, p. 59-74, 1999a.

SONIS. M.; HEWINGS, G. J. D. Hierarchies of regional sub-structures and their multipliers within input-output systems: Miyazawa revisited. **Hiotsubashi Journal of Economics**. v. 34, n. 1, p. 33-44, 1993.

SONIS. M.; HEWINGS, G. J. D. Matrix sensitivity, error analysis and internal/external multiregional multipliers. **Hiotsubashi Journal of Economics**. v. 36, n. 1, p. 61-70, 1995.

SONIS. M.; HEWINGS, G. J. D. Miyazawa's Contributions to Understanding Economic Structure: Interpretation, Evaluation and Extensions. **Understanding and Interpreting Economic Structure** (Advances in Spatial Science). p. 13-51. New York: Springer-Verlag, 1999b.

TAYLOR, M. Scott. Unbundling the pollution haven hypothesis. **The BE Journal of Economic Analysis & Policy**, v. 4, n. 2, 2005.

TIMMER, M. The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods. **World Input-Output Database (WIOD)**, WIOD working paper n. 10, 2012. Disponível em: <<http://www.wiod.org>>. Acessado em: 03 de maio de 2013.

TUKKER, A.; COHEN, M. J.; DE ZOYSA, U.; HERTWICH, E.; HOFSTETTER, P.; INABA, A.; LOREK, S.; STØ, E. The Oslo declaration on sustainable consumption. **Journal of Industrial Ecology**, v. 10, n. 1-2, p. 9-14, 2006.

TUKKER, A.; DIETZENBACHER, E. Global Multiregional Input-Output Frameworks: An Introduction and Outlook. **Economic Systems Research**, v. 25, n. 1, p. 1-19, 2013.

TURNER, K.; LENZEN, M.; WIEDMANN, T.; BARRETT, J. Examining the global environmental impact of regional consumption activities—Part 1: A technical note on combining input-output and ecological footprint analysis. **Ecological Economics**, v. 62, n. 1, p. 37-44, 2007.

WACKERNAGEL, M., REES, W. **Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth**. New Society Publishers, Gabriola Island, BC, 1996.

WACKERNAGEL, M.; ONISTO, L.; BELLO, P.; LINARES, A. C.; FALFAN, I. S. L.; GARCIA, J. M.; GUERRERO, A. I. S.; GUERRERO, M. G. S. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. **Ecological Economics**, v. 29, n. 3, p. 375-390, 1999.

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

WIEDMANN, T.; LENZEN, M. On the conversion between local and global hectares in ecological footprint analysis. **Ecological Economics**, v. 60, n. 4, p. 673-677, 2007.

WIEDMANN, T.; LENZEN, M.; TURNER, K.; BARRETT, J. Examining the global environmental impact of regional consumption activities—Part 2: Review of input-output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade. **Ecological Economics**, v. 61, n. 1, p. 15-26, 2007.

WWF. Living Planet Report 2006, World-Wide Fund for Nature International (WWF), Zoological Society of London, Global Footprint Network. WWF, Gland, Switzerland, 2006. Disponível em: <<http://www.panda.org/livingplanet>>. Acessado em: 14 de abril de 2013.

WTO. **Trade and Climate Change: A Report by the United Nations Environment Programme and the World Trade Organization**. WTO Publications, World Trade Organization, UNEP/Earthprint, 2009.

WYCKOFF, A. W.; ROOP, J. M. The embodiment of carbon in imports of manufactured products: Implications for international agreements on greenhouse gas emissions. **Energy Policy**, v. 22, n. 3, p. 187-194, 1994.

## ANEXOS

## Anexo I – Países da Matriz de Insumo-Produto (Projeto WIOD)

<b>Países</b>	<b>Siglas</b>	<b>Países</b>	<b>Siglas</b>
Alemanha	DEU	Índia	IND
Austrália	AUS	Indonésia	IDN
Áustria	AUT	Irlanda	IRL
Bélgica	BEL	Itália	ITA
Brasil	BRA	Japão	JPN
Bulgária	BGR	Letônia	LVA
Canadá	CAN	Lituânia	LTU
China	CHN	Luxemburgo	LUX
Chipre	CYP	Malta	MLT
Coreia	KOR	México	MEX
Dinamarca	DNK	Polônia	POL
Eslováquia	SVK	Portugal	PRT
Eslovênia	SVN	Reino Unido	GBR
Espanha	ESP	República Checa	CZE
Estados Unidos	USA	Restante do Mundo	RoW
Estônia	EST	Romênia	ROM
Finlândia	FIN	Rússia	RUS
França	FRA	Suécia	SWE
Grécia	GRC	Taiwan	TWN
Holanda	NLD	Turquia	TUR
Hungria	HUN		

Fonte: Elaboração própria a partir do projeto WIOD.

## Anexo II – Setores da Matriz de Insumo-Produto (Projeto WIOD)

Número do Setor	Setor
1	Agricultura, caça, silvicultura e pesca
2	Extrativa mineral
3	Produtos alimentícios, bebidas e tabaco
4	Têxteis e produtos têxteis
5	Couro e calçado
6	Madeira e produtos da madeira e da cortiça
7	Celulose, papel, impressão e publicação
8	Coque, produtos petrolíferos refinados e combustível nuclear
9	Produtos químicos
10	Borracha e produtos plásticos
11	Outros produtos minerais não metálicos
12	Metais básicos e metálicos
13	Máquinas e equipamentos, Nec
14	Equipamento elétrico e óptico
15	Equipamentos de transporte
16	Fabricação, Nec; Reciclagem
17	Abastecimento de Eletricidade, Gás e Água
18	Construção
19	Comércio, manutenção e reparação de veículos automóveis e motocicletas; Venda a varejo de combustível
20	Comércio Atacadista e Comissão de Comércio, exceto de automóveis e motocicletas
21	Comércio a varejo, exceto de automóveis e motocicletas, reparação de eletrodomésticos
22	Hotéis e Restaurantes
23	Transporte Terrestre
24	Transporte aquático
25	Transporte aéreo
26	Atividades de apoio e auxílio aos transportes; Agências de viagem
27	Correios e Telecomunicações
28	Intermediação financeira
29	Atividades imobiliárias
30	Locação de máquinas e equipamentos e outras atividades empresariais
31	Administração pública e defesa e segurança social
32	Educação
33	Saúde e Assistência Social
34	Outros serviços coletivos, sociais e pessoais
35	Famílias com empregados; Órgãos e organizações extraterritoriais

Fonte: Elaboração própria a partir do projeto WIOD.

Anexo III – Coeficientes de Intensidade para os 40 países mais o “restante do mundo” – 1995 a 2009 continua

<b>País</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>AUS</b>	14,27	13,55	13,26	15,96	15,12	16,73	19,27	17,47	14,47	12,68	12,47	13,03	11,46	11,28	11,28
<b>AUT</b>	4,87	5,18	5,87	5,91	5,91	6,53	6,74	6,52	5,59	5,78	5,56	4,97	4,30	3,80	4,38
<b>BEL</b>	6,54	6,75	7,19	7,69	7,75	8,23	7,96	7,94	7,28	6,73	6,83	6,44	5,82	5,45	6,38
<b>BGR</b>	55,45	52,24	55,85	46,66	38,17	38,26	38,09	33,57	28,43	22,76	21,10	19,11	16,40	14,24	11,88
<b>BRA</b>	7,08	7,36	6,91	7,54	10,74	9,09	10,79	11,86	10,44	9,63	7,82	6,73	6,19	5,53	5,32
<b>CAN</b>	16,57	15,92	15,72	17,96	17,02	15,47	16,16	16,03	14,36	13,28	12,04	10,87	10,66	9,82	10,35
<b>CHN</b>	45,48	41,86	34,31	33,19	29,71	28,47	26,75	26,36	25,94	23,01	20,52	20,85	17,43	15,43	15,21
<b>CYP</b>	19,32	20,60	23,63	25,79	31,96	33,49	31,78	27,12	22,82	18,38	17,85	16,34	13,96	12,44	11,70
<b>CZE</b>	17,83	17,18	17,47	14,32	14,64	17,46	16,03	13,78	12,19	11,10	11,07	9,95	8,93	6,69	7,89
<b>DEU</b>	7,42	7,85	8,47	8,31	8,61	9,86	10,08	9,33	7,88	6,83	6,71	6,48	5,65	5,17	5,49
<b>DNK</b>	9,10	10,09	9,94	9,98	9,78	9,25	9,56	9,22	8,64	7,40	6,89	7,54	6,68	6,04	6,48
<b>ESP</b>	7,21	6,76	7,57	7,76	8,52	9,31	9,08	8,76	7,25	6,82	6,53	5,96	5,54	4,88	4,99
<b>EST</b>	93,13	88,03	123,45	75,75	38,45	39,95	39,97	33,68	28,50	26,62	23,53	19,60	17,17	13,59	19,59
<b>FIN</b>	8,19	9,41	9,78	9,35	10,08	10,63	11,53	10,88	9,71	8,33	7,77	8,50	7,18	5,66	6,65
<b>FRA</b>	5,67	6,03	6,51	6,36	6,62	7,21	7,26	6,70	5,67	4,87	4,76	4,52	4,01	3,72	4,03
<b>GBR</b>	10,45	10,70	9,53	9,74	9,61	10,28	11,57	10,86	9,53	8,25	8,23	7,38	6,76	7,35	9,18
<b>GRC</b>	15,50	15,08	16,77	17,45	18,02	21,45	21,58	17,39	14,52	13,11	13,02	12,71	11,29	10,01	11,87
<b>HUN</b>	14,14	14,07	13,36	13,44	13,76	14,97	14,45	12,28	10,04	8,20	7,81	7,59	6,32	5,61	6,94
<b>IDN</b>	26,82	21,94	23,11	55,52	40,79	33,01	35,33	27,87	25,48	25,10	25,17	23,24	21,08	19,29	17,93
<b>IND</b>	29,78	30,61	28,71	30,57	31,32	30,60	31,63	29,58	26,87	26,33	25,22	24,87	22,59	25,41	27,32
<b>IRL</b>	8,24	8,61	8,41	8,22	10,47	11,12	10,18	9,36	7,68	7,38	6,36	5,00	4,59	4,89	4,73
<b>ITA</b>	7,13	6,75	7,08	7,31	7,61	7,98	7,91	7,56	6,56	5,96	5,79	5,59	5,02	4,60	4,98
<b>JPN</b>	5,19	5,70	6,42	7,17	6,54	6,11	7,15	7,68	7,45	6,86	6,83	7,16	7,22	6,37	6,03

Fonte: Elaboração própria a partir do projeto WIOD.

Nota: Toneladas de CO<sub>2</sub> por mil unidades monetárias (US\$) de VBP.

## Anexo III – Coeficientes de Intensidade para os 40 países mais o “restante do mundo” – 1995 a 2009

Conclusão

<b>País</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>KOR</b>	13,47	13,51	15,14	19,33	16,08	15,23	19,65	18,25	16,07	15,57	13,74	12,62	11,98	12,86	15,72
<b>LTU</b>	25,25	20,93	18,83	18,09	18,00	16,41	17,09	14,56	11,31	9,94	9,30	8,45	7,57	5,99	7,00
<b>LUX</b>	5,57	5,79	5,46	4,65	4,81	2,76	2,86	3,51	2,92	2,88	2,70	2,54	1,98	1,71	2,06
<b>LVA</b>	29,17	25,22	21,01	17,92	17,40	14,87	15,34	18,51	11,68	9,53	8,10	6,59	5,40	4,95	5,62
<b>MEX</b>	22,93	21,04	18,20	19,71	18,15	15,89	15,10	14,06	14,15	12,84	12,09	11,43	11,24	10,96	13,56
<b>MLT</b>	9,22	9,67	9,12	8,73	8,79	9,28	9,51	9,11	8,31	8,94	6,85	11,01	7,97	6,62	10,21
<b>NLD</b>	7,03	7,30	7,79	8,01	8,15	8,57	8,76	8,24	7,13	6,56	6,18	5,78	5,35	4,92	6,11
<b>POL</b>	31,26	30,42	29,40	26,08	25,23	24,84	21,25	19,81	18,28	16,06	14,28	13,79	11,61	9,71	11,41
<b>PRT</b>	8,17	7,99	8,67	9,17	10,11	10,43	10,39	10,51	8,71	8,02	8,10	7,21	6,06	5,76	6,00
<b>ROM</b>	31,04	31,78	29,89	24,88	25,45	26,90	24,25	22,03	18,71	15,39	12,90	11,06	8,92	7,08	6,86
<b>RoW</b>	41,62	38,56	38,55	39,07	35,67	35,13	32,09	31,87	27,64	27,08	27,23	25,36	22,45	22,76	17,35
<b>RUS</b>	40,82	32,54	29,95	38,83	81,64	68,84	57,03	50,95	43,56	33,45	28,35	23,84	18,93	16,10	20,17
<b>SVK</b>	18,94	17,75	17,48	18,06	20,02	17,35	17,60	14,87	12,05	10,64	10,04	8,61	6,78	6,09	6,46
<b>SVN</b>	7,90	8,39	8,97	8,38	8,24	9,57	10,15	9,22	7,50	7,06	7,08	6,95	5,88	5,56	5,37
<b>SWE</b>	5,17	5,18	5,33	5,83	5,79	6,02	6,74	6,15	5,58	5,19	5,00	4,90	4,49	4,20	5,30
<b>TUR</b>	16,17	15,37	14,14	14,97	14,57	15,28	16,54	17,50	15,40	13,06	11,35	12,24	10,44	8,07	9,90
<b>TWN</b>	17,00	17,53	17,40	20,31	20,88	23,83	28,03	29,91	34,47	33,67	34,18	36,05	32,66	30,11	28,37
<b>USA</b>	15,60	15,16	14,95	15,07	14,18	13,23	12,54	13,91	13,45	13,37	12,65	12,69	12,96	12,36	12,81

Fonte: Elaboração própria a partir do projeto WIOD.

Nota: Toneladas de CO<sub>2</sub> por mil unidades monetárias (US\$) de VBP.

Anexo IV – Balanço CO<sub>2</sub> para 40 países selecionados – 1995

Em milhões t

<b>País</b>	<b>AUS</b>	<b>AUT</b>	<b>BEL</b>	<b>BGR</b>	<b>BRA</b>	<b>CAN</b>	<b>CHN</b>	<b>CYP</b>	<b>CZE</b>	<b>DEU</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	171,52	41,54	78,13	30,03	128,21	274,00	1121,56	3,17	63,24	653,47
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	166,97	40,08	69,76	29,80	125,47	264,46	1032,82	5,06	65,16	655,84
Exportação	39,45	20,95	44,42	9,70	20,95	75,27	199,53	0,45	14,89	167,40
Importação	34,90	19,49	36,04	9,47	18,21	65,73	110,80	2,33	16,81	169,77
Importação - Exportação (I) ou (E)*	-4,55 <b>E</b>	-1,46 <b>E</b>	-8,38 <b>E</b>	-0,23 <b>E</b>	-2,74 <b>E</b>	-9,54 <b>E</b>	-88,74 <b>E</b>	1,88 <b>I</b>	1,92 <b>I</b>	2,37 <b>I</b>
<b>País</b>	<b>DNK</b>	<b>ESP</b>	<b>EST</b>	<b>FIN</b>	<b>FRA</b>	<b>GBR</b>	<b>GRC</b>	<b>HUN</b>	<b>IDN</b>	<b>IND</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	51,32	123,78	7,97	35,30	298,41	399,04	35,05	33,02	115,11	316,37
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	43,72	126,07	10,29	27,63	256,66	387,10	38,56	37,17	114,66	330,11
Exportação	22,83	33,47	1,26	17,83	118,42	111,06	5,22	7,94	25,96	23,12
Importação	15,24	35,76	3,59	10,16	76,68	99,12	8,73	12,09	25,51	36,86
Importação - Exportação (I) ou (E)*	-7,60 <b>E</b>	2,29 <b>I</b>	2,33 <b>I</b>	-7,67 <b>E</b>	-41,74 <b>E</b>	-11,93 <b>E</b>	3,50 <b>I</b>	4,15 <b>I</b>	-0,45 <b>E</b>	13,73 <b>I</b>
<b>País</b>	<b>IRL</b>	<b>ITA</b>	<b>JPN</b>	<b>KOR</b>	<b>LTU</b>	<b>LUX</b>	<b>LVA</b>	<b>MEX</b>	<b>MLT</b>	<b>NDL</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	19,38	286,79	804,12	229,61	7,70	4,85	6,24	213,53	1,30	132,05
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	18,22	275,47	712,59	205,22	10,21	3,76	7,55	212,10	1,76	106,01
Exportação	9,19	89,39	228,48	68,39	2,01	3,86	1,45	35,23	0,38	70,48
Importação	8,03	78,07	136,96	44,00	4,52	2,77	2,76	33,80	0,83	44,43
Importação - Exportação (I) ou (E)*	-1,16 <b>E</b>	-11,32 <b>E</b>	-91,52 <b>E</b>	-24,39 <b>E</b>	2,51 <b>I</b>	-1,09 <b>E</b>	1,31 <b>I</b>	-1,43 <b>E</b>	0,46 <b>I</b>	-26,05 <b>E</b>
<b>País</b>	<b>POL</b>	<b>PRT</b>	<b>ROM</b>	<b>RUS</b>	<b>SVK</b>	<b>SVN</b>	<b>SWE</b>	<b>TUR</b>	<b>TWN</b>	<b>USA</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	181,27	30,19	63,87	544,64	19,96	8,72	47,00	102,21	120,36	3491,43
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	181,96	30,83	72,08	508,32	18,72	9,13	34,71	109,84	98,63	3569,08
Exportação	27,91	8,32	7,64	92,65	7,71	2,92	28,25	9,62	54,30	354,72
Importação	28,60	8,95	15,85	56,33	6,46	3,34	15,96	17,25	32,57	432,37
Importação - Exportação (I) ou (E)*	0,69 <b>I</b>	0,64 <b>I</b>	8,21 <b>I</b>	-36,32 <b>E</b>	-1,24 <b>E</b>	0,41 <b>I</b>	-12,30 <b>E</b>	7,63 <b>I</b>	-21,73 <b>E</b>	77,66 <b>I</b>

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.  
Nota: \* Importador Líquido (I) ou Exportador Líquido (E).

Anexo V – Balanço CO<sub>2</sub> para 40 países selecionados – 2000

Em milhões t

<b>País</b>	<b>AUS</b>	<b>AUT</b>	<b>BEL</b>	<b>BGR</b>	<b>BRA</b>	<b>CAN</b>	<b>CHN</b>	<b>CYP</b>	<b>CZE</b>	<b>DEU</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	231,09	41,39	77,67	21,04	151,64	320,78	1095,90	4,74	71,46	595,41
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	232,42	40,16	66,41	21,24	154,07	288,48	1026,13	7,57	81,31	618,32
Exportação	48,80	21,67	47,73	7,37	22,26	110,29	187,78	0,79	15,29	174,79
Importação	50,13	20,45	36,47	7,57	24,68	77,99	118,01	3,62	25,15	197,71
Importação - Exportação	1,33	-1,22	-11,26	0,20	2,42	-32,31	-69,77	2,83	9,86	22,91
(I) ou (E)*	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>
<b>País</b>	<b>DNK</b>	<b>ESP</b>	<b>EST</b>	<b>FIN</b>	<b>FRA</b>	<b>GBR</b>	<b>GRC</b>	<b>HUN</b>	<b>IDN</b>	<b>IND</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	51,37	138,17	9,33	33,43	298,68	427,98	51,30	32,80	136,34	403,29
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	37,35	150,94	11,72	28,12	268,68	410,17	59,93	39,98	133,88	429,09
Exportação	28,07	42,44	1,81	17,06	121,22	140,92	8,87	8,37	35,52	36,81
Importação	14,05	55,21	4,20	11,75	91,21	123,11	17,50	15,55	33,06	62,61
Importação - Exportação	-14,02	12,77	2,39	-5,31	-30,01	-17,80	8,63	7,18	-2,46	25,80
(I) ou (E)*	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>I</b>
<b>País</b>	<b>IRL</b>	<b>ITA</b>	<b>JPN</b>	<b>KOR</b>	<b>LTU</b>	<b>LUX</b>	<b>LVA</b>	<b>MEX</b>	<b>MLT</b>	<b>NDL</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	29,01	293,69	790,18	253,96	7,20	5,83	5,58	270,55	1,51	137,17
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	24,15	299,34	719,90	231,95	9,74	3,15	6,17	273,87	2,13	112,46
Exportação	16,30	92,93	210,53	82,52	2,26	5,16	1,78	53,61	0,54	75,21
Importação	11,44	98,58	140,25	60,51	4,79	2,48	2,37	56,93	1,17	50,50
Importação - Exportação	-4,85	5,65	-70,28	-22,01	2,54	-2,68	0,59	3,32	0,62	-24,71
(I) ou (E)*	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>E</b>
<b>País</b>	<b>POL</b>	<b>PRT</b>	<b>ROM</b>	<b>RUS</b>	<b>SVK</b>	<b>SVN</b>	<b>SWE</b>	<b>TUR</b>	<b>TWN</b>	<b>USA</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	144,50	37,98	43,60	404,03	22,12	8,30	48,14	126,00	146,74	3846,81
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	157,30	41,56	49,80	330,27	20,55	9,20	35,90	137,94	134,24	4101,46
Exportação	25,24	9,76	8,09	119,50	8,35	2,95	31,32	16,60	61,09	390,96
Importação	38,04	13,34	14,29	45,73	6,78	3,86	19,09	28,54	48,60	645,60
Importação - Exportação	12,80	3,58	6,20	-73,76	-1,57	0,90	-12,23	11,94	-12,50	254,65
(I) ou (E)*	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>I</b>

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: \* Importador Líquido (I) ou Exportador Líquido (E).

Anexo VI – Balanço CO<sub>2</sub> para 40 países selecionados – 2005

Em milhões t

<b>País</b>	<b>AUS</b>	<b>AUT</b>	<b>BEL</b>	<b>BGR</b>	<b>BRA</b>	<b>CAN</b>	<b>CHN</b>	<b>CYP</b>	<b>CZE</b>	<b>DEU</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	281,02	50,56	84,55	25,63	169,41	359,01	1342,38	4,36	78,49	612,11
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	287,14	47,30	75,34	27,82	152,22	310,64	1167,35	6,74	85,37	603,53
Exportação	64,22	29,66	55,95	6,44	40,57	131,32	354,11	1,06	22,07	224,77
Importação	70,34	26,40	46,73	8,64	23,38	82,95	179,08	3,43	28,95	216,18
Importação - Exportação	6,12	-3,26	-9,21	2,19	-17,19	-48,37	-175,03	2,37	6,89	-8,59
(I) ou (E)*	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>E</b>
<b>País</b>	<b>DNK</b>	<b>ESP</b>	<b>EST</b>	<b>FIN</b>	<b>FRA</b>	<b>GBR</b>	<b>GRC</b>	<b>HUN</b>	<b>IDN</b>	<b>IND</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	58,16	168,20	11,81	35,09	307,08	422,18	57,05	39,07	184,78	505,12
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	37,89	182,19	17,12	29,37	290,95	435,34	72,96	44,58	190,37	608,52
Exportação	36,70	58,33	0,14	18,75	126,31	149,99	3,82	13,22	43,07	51,99
Importação	16,44	72,32	5,46	13,03	110,18	163,14	19,73	18,74	48,66	155,39
Importação - Exportação	-20,26	13,99	5,32	-5,71	-16,13	13,15	15,91	5,52	5,59	103,40
(I) ou (E)*	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>
<b>País</b>	<b>IRL</b>	<b>ITA</b>	<b>JPN</b>	<b>KOR</b>	<b>LTU</b>	<b>LUX</b>	<b>LVA</b>	<b>MEX</b>	<b>MLT</b>	<b>NDL</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	40,18	321,73	741,27	275,04	9,79	16,75	6,06	303,82	1,36	147,18
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	28,07	323,98	701,27	245,63	11,98	4,07	6,85	304,36	2,12	119,98
Exportação	26,30	108,14	198,74	100,47	3,96	15,36	2,14	65,30	0,55	81,02
Importação	14,19	110,39	158,74	71,06	6,15	2,67	2,93	65,84	1,31	53,82
Importação - Exportação	-12,11	2,25	-40,00	-29,41	2,19	-12,68	0,78	0,54	0,76	-27,21
(I) ou (E)*	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>E</b>
<b>País</b>	<b>POL</b>	<b>PRT</b>	<b>ROM</b>	<b>RUS</b>	<b>SVK</b>	<b>SVN</b>	<b>SWE</b>	<b>TUR</b>	<b>TWN</b>	<b>USA</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	173,34	42,38	54,67	544,06	22,60	9,68	54,49	134,51	155,98	3860,50
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	181,76	47,15	66,59	439,44	23,09	10,07	39,82	151,95	149,91	4366,48
Exportação	37,50	11,38	10,11	163,58	9,58	4,44	36,71	21,68	64,68	349,79
Importação	45,92	16,15	22,03	58,96	10,06	4,83	22,04	39,12	58,61	855,77
Importação - Exportação	8,42	4,77	11,92	-104,62	0,48	0,38	-14,67	17,44	-6,07	505,98
(I) ou (E)*	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>I</b>

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.  
Nota: \* Importador Líquido (I) ou Exportador Líquido (E).

Anexo VII – Balanço CO<sub>2</sub> para 40 países selecionados – 2009

Em milhões t

<b>País</b>	<b>AUS</b>	<b>AUT</b>	<b>BEL</b>	<b>BGR</b>	<b>BRA</b>	<b>CAN</b>	<b>CHN</b>	<b>CYP</b>	<b>CZE</b>	<b>DEU</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	280,45	45,35	78,95	23,80	182,36	333,73	1699,83	3,93	73,48	563,59
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	300,87	41,37	66,89	22,93	168,88	314,67	1303,58	6,03	70,12	552,03
Exportação	56,79	28,09	51,03	8,66	41,62	98,84	606,63	1,09	24,69	210,15
Importação	77,21	24,12	38,97	7,79	28,14	79,78	210,38	3,19	21,33	198,59
Importação - Exportação	20,42	-3,98	-12,06	-0,87	-13,49	-19,06	-396,25	2,10	-3,36	-11,56
(I) ou (E)*	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>
<b>País</b>	<b>DNK</b>	<b>ESP</b>	<b>EST</b>	<b>FIN</b>	<b>FRA</b>	<b>GBR</b>	<b>GRC</b>	<b>HUN</b>	<b>IDN</b>	<b>IND</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	54,88	152,41	9,27	37,29	285,21	386,37	52,52	34,31	208,90	763,22
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	35,90	156,35	8,99	31,83	277,64	407,37	61,09	37,05	206,49	880,70
Exportação	34,27	59,65	3,49	18,07	114,12	124,40	11,42	13,55	45,71	58,47
Importação	15,30	63,60	3,22	12,61	106,55	145,40	20,00	16,29	43,29	175,95
Importação - Exportação	-18,97	3,95	-0,27	-5,46	-7,57	21,00	8,57	2,74	-2,41	117,48
(I) ou (E)*	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>I</b>
<b>País</b>	<b>IRL</b>	<b>ITA</b>	<b>JPN</b>	<b>KOR</b>	<b>LTU</b>	<b>LUX</b>	<b>LVA</b>	<b>MEX</b>	<b>MLT</b>	<b>NDL</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	36,86	266,74	653,50	255,78	9,16	15,29	6,35	287,05	1,52	139,51
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	27,56	285,82	651,48	233,70	12,09	3,17	6,52	302,29	2,12	112,26
Exportação	25,12	88,41	149,94	97,87	4,13	14,32	2,53	49,58	0,70	80,06
Importação	15,81	107,50	147,92	75,79	7,06	2,19	2,70	64,82	1,29	52,80
Importação - Exportação	-9,31	19,08	-2,02	-22,07	2,93	-12,12	0,17	15,24	0,59	-27,25
(I) ou (E)*	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>E</b>
<b>País</b>	<b>POL</b>	<b>PRT</b>	<b>ROM</b>	<b>RUS</b>	<b>SVK</b>	<b>SVN</b>	<b>SWE</b>	<b>TUR</b>	<b>TWN</b>	<b>USA</b>
Produção CO <sub>2</sub> Doméstica	174,03	37,80	48,86	545,15	22,76	9,28	47,83	151,76	146,18	3419,15
Consumo CO <sub>2</sub> Doméstico	186,49	40,14	55,84	449,98	22,76	10,25	38,20	171,47	140,52	3709,57
Exportação	37,14	11,67	9,39	153,46	10,39	4,11	31,58	24,86	60,08	332,24
Importação	49,60	14,01	16,37	58,29	10,38	5,08	21,95	44,57	54,42	622,66
Importação - Exportação	12,46	2,34	6,98	-95,17	0,00	0,97	-9,63	19,71	-5,66	290,41
(I) ou (E)*	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>I</b>	<b>E</b>	<b>I</b>

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da WIOD.

Nota: \* Importador Líquido (I) ou Exportador Líquido (E).

