

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
Centro Sócio-Econômico - CSE  
Departamento de Economia e Relações Internacionais - CNM

**ALEXANDRE EICK MARTINS VIEIRA**

**EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> E IMPACTO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE DOS  
IMPACTOS DA ABERTURA COMERCIAL, TIPOS DE ENERGIA E COMPOSIÇÃO  
DO PIB SOBRE A INTENSIDADE DAS EMISSÕES**

**FLORIANÓPOLIS**

**2015**

**ALEXANDRE EICK MARTINS VIEIRA**

**EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> E IMPACTO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE DOS  
IMPACTOS DA ABERTURA COMERCIAL, TIPOS DE ENERGIA E COMPOSIÇÃO DO  
PIB SOBRE A INTENSIDADE DAS EMISSÕES**

Monografia submetida ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito obrigatório para a obtenção do grau de Bacharelado.

**Orientador:** Prof. Dr. Milton Biage

**FLORIANÓPOLIS**

**2015**

**ALEXANDRE EICK MARTINS VIEIRA**

**EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> E IMPACTO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE DOS  
IMPACTOS DA ABERTURA COMERCIAL, TIPOS DE ENERGIA E COMPOSIÇÃO DO  
PIB SOBRE A INTENSIDADE DAS EMISSÕES**

A Banca Examinadora resolveu atribuir a nota 8,5 ao aluno Alexandre Eick Martins Vieira na disciplina CNM 7107 – Monografia, pela apresentação deste trabalho.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Milton Biage

---

Prof. Max Resende Cardoso

---

Prof. Helberte França

## RESUMO

VIEIRA, A. E. M. **Emissões de CO<sub>2</sub> e Impacto Ambiental:** uma análise dos impactos da abertura comercial, tipos de energia e composição do PIB sobre as intensidade das emissões. 125 f. Monografia – Curso de Ciências Econômicas, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

Junto com o aumento da consciëntização sobre o meio ambiente, de organizações mundias e países desenvolvidos, provocou uma pressão sobre a regulação da poluição nas economias industriais. De acordo com a Hipótese dos Portos de Poluição, um rápido crescimento de indústria sujas deve ser observado nas economias abertas em desenvolvimento que são pouco regulamentadas. Com o objetivo de identificar se há uma transferência na produção de manufaturados de energia suja dos países industrializados para os países em desenvolvimento, foi aplicado o método clássico de regressão Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), para estruturar regressões simples e múltiplas afim de identificar os níveis de emissões de CO<sub>2</sub> per capita, que trata-se da nossa variável dependente, em função das variáveis independentes, que são: PIB per capita; PIB industrial per capita; PIB de serviços per capita; Abertura comercial; Consumo de energia; Uso de energias renováveis; Uso de energias limpas; Uso de energias sujas. O período a ser analisado é de 1989 até 2009, com uma amostra de 6 países desenvolvidos e 5 países em desenvolvimento.

**Palavras-chaves:** aquecimento global, Kuznets, dióxido de carbono, abertura comercial

## ABSTRACT

VIEIRA, A. E. M. **CO2 emissions and environmental impact: an analysis of the impacts of trade liberalization, energy types and composition of GDP on emissions intensity**  
125 f. Monograph – Degree in Economics, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

Along with increasing awareness of the environment, world organizations and developed countries caused a strain on the regulation of pollution in industrial economies. According to the hypothesis of Pollution Ports, rapid growth of dirty industry should be seen in open economies in development that are poorly regulated. With the objective to identify if there is a transfer in the production of dirty energy manufactured from industrialized countries to developing countries, the classic method of regression was applied, ordinary least squares (OLS), to structure simple and multiple regressions in order to identify levels of CO2 emissions per capita, that it is our dependent variable, according to the independent variables, namely: GDP per capita; Per capita industrial GDP; GDP per capita services; Trade liberalization; Energy consumption; Use of renewable energy; Use of clean energy; Use of dirty energy. For the period 1989 to 2009 with a sample of 6 developed and 5 developing countries.

**Keywords:** global warming, Kuznets, carbon dioxide, trade liberalization

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

<b>Tabela 1:</b> Participação percentual da Indústria e dos Serviços no PIB para cada país.....	120
<b>Tabela 2:</b> Percentual das fontes de energias utilizadas para cada país. ....	121
<b>Tabela 3:</b> Nível de Abertura Comercial.....	122
<b>Tabela 4:</b> Os dez maiores produtores e consumidores de carvão mineral .....	122
<b>Tabela 5:</b> PIB Industrial per capita e PIB de Serviços per capita.....	123
<b>Tabela 6:</b> PIB per capita .....	124
<b>Tabela 7:</b> Emissões de CO <sub>2</sub> per capita .....	124
<b>Quadro 1:</b> Modelo Multivariáveis EUA.....	44
<b>Quadro 2:</b> Modelo Multivariáveis CAN.....	48
<b>Quadro 3:</b> Modelo Multivariáveis AUS.....	52
<b>Quadro 4:</b> Modelo Multivariáveis ALE.....	57
<b>Quadro 5:</b> Modelo Multivariáveis SUE.....	61
<b>Quadro 6:</b> Modelo Multivariáveis BRA.....	66
<b>Quadro 7:</b> Modelo Multivariáveis MEX.....	70
<b>Quadro 8:</b> Modelo Multivariáveis CHI.....	75
<b>Quadro 9:</b> Modelo Multivariáveis IND.....	80
<b>Quadro 10:</b> Modelo Multivariáveis RUS.....	84
<b>Quadro 11:</b> Modelo Multivariáveis JAP.....	89

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Evolução da emissão de CO <sub>2</sub> para EUA, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. ....	40
<b>Figura 2:</b> Evolução da emissão de CO <sub>2</sub> para EUA, em função do Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.....	42
<b>Figura 3:</b> Evolução da emissão de CO <sub>2</sub> para o CAN, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. ....	46
<b>Figura 4:</b> Evolução da emissão de CO <sub>2</sub> para o CAN, em função do Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.....	47
<b>Figura 5:</b> Evolução da emissão de CO <sub>2</sub> para a AUS, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. ....	50
<b>Figura 6:</b> Evolução da emissão de CO <sub>2</sub> para a AUS, em função do Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.....	51
<b>Figura 7:</b> Evolução da emissão de CO <sub>2</sub> para a ALE, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. ....	54
<b>Figura 8:</b> Evolução da emissão de CO <sub>2</sub> para a ALE, em função do Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.....	55
<b>Figura 9:</b> Evolução da emissão de CO <sub>2</sub> para a SUE, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. ....	59
<b>Figura 10:</b> Evolução da emissão de CO <sub>2</sub> para a SUE, em função do Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.....	60
<b>Figura 11:</b> Evolução da emissão de CO <sub>2</sub> para o BRA, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. ....	63
<b>Figura 12:</b> Evolução da emissão de CO <sub>2</sub> para o BRA, em função do Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.....	65
<b>Figura 13:</b> Evolução da emissão de CO <sub>2</sub> para o MEX, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. ....	68

<b>Figura 14:</b> Evolução da emissão de CO2 para o MEX, em função do Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.....	69
<b>Figura 15:</b> Evolução da emissão de CO2 para o CHI, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. ....	72
<b>Figura 16:</b> Evolução da emissão de CO2 para a CHI, em função do Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.....	74
<b>Figura 17:</b> Evolução da emissão de CO2 para o IND, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. ....	77
<b>Figura 18:</b> Evolução da emissão de CO2 para a IND, em função do Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.....	78
<b>Figura 19:</b> Evolução da emissão de CO2 para a RUS, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. ....	81
<b>Figura 20:</b> Evolução da emissão de CO2 para a RUS, em função do Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.....	83
<b>Figura 21:</b> Evolução da emissão de CO2 para o JAP, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. ....	86
<b>Figura 22:</b> Evolução da emissão de CO2 para o JAP, em função do Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.....	88

## LISTA DE SIGLAS

**AUS-** Austrália

**BRA-** Brasil

**BRIC-** Brasil, Rússia, Índia e China

**BTUS-** Unidade Térmica Britânica

**CAK-** Curva Ambiental de Kuznets

**CAN-** Canadá

**CEBDS-** Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável

**CFC-** Cloro-Flúor-Carboneto

**CH<sub>4</sub>-** Metano

**CHI-** China

**CO<sub>2</sub>-** Dióxido de Carbono

**FIV-** Fator de Inflação da Variância

**GEE-** Gases de Efeito Estufa

**ALE-** Alemanha

**H<sub>2</sub>O-** Água

**IBRD-** Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento

**IC-** Índice Condicional

**IND-** Índia

**IPCC-** Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

**JAP-** Japão

**MEX-** México

**MQG-** Mínimos Quadrados Generalizados

**MQO-** Mínimos Quadrados Ordinários

**N<sub>2</sub>O-** Óxido Nitroso

**NAFTA-** Tratado Norte-Americano de Livre Comércio

**O<sub>3</sub>**- Ozônio

**OECD**- Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

**OTA**- *Office of Technology Assessment*

**PIB**- Produto Interno Bruto

**RIO-92**- Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento

**RUS**- Rússia

**SQE**- Some dos Quadrados Explicados pela Regressão

**SUR**- *Seemingly Unrelated Regression*

**SUE**- Suécia

**TSCS**- *Time Series Cross Section*

**UNEP**- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

**UNFCCC**- Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

**US\$**- Dólar Americano

**EUA**- Estados Unidos da América

**WCED**- Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

**WTO**- Organização Mundial do Comércio

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 TEMA E PROBLEMA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivo Geral.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos.....	14
1.3 JUSTIFICATIVA.....	15
2 METODOLOGIA.....	17
2.1 MÉTODOS DOS MÍNIMOS QUADRADOS ORDINÁRIOS.....	17
2.1.1 Multicolinearidade.....	18
2.1.2 Normalidade dos Resíduos.....	19
2.1.3 Heterocedasticidade.....	20
2.2 BASE DE DADOS.....	20
2.3 ESCOLHA DAS VARIÁVEIS.....	22
2.3.1 Emissões de CO <sub>2</sub> per capita.....	23
2.3.2 PIB per capita.....	23
2.3.3 PIB Industrial per capita e PIB de Serviços per capita.....	24
2.3.4 Abertura Comercial.....	24
2.3.5 Consumo de Energia.....	25
2.3.6 Tipos de Energia: Energia Renovável, Energia Limpa e Energia Suja.....	25
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA.....	26
3.1 EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL.....	26
3.2 A CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS.....	30
3.2.1 Surgimento.....	30
3.2.2 Comportamento e Conceitos.....	31

3.2.3 Críticas .....	33
3.3 HIPÓTESE DOS PORTOS DE POLUIÇÃO .....	34
3.4 ABERTURA COMERCIAL .....	36
4 ANÁLISE DESCRITIVA .....	38
4.1 ESTADOS UNIDOS .....	39
4.2 CANADÁ .....	43
4.3 AUSTRÁLIA .....	49
4.4 ALEMANHA .....	53
4.5 SUÉCIA .....	57
4.6 BRASIL .....	62
4.7 MÉXICO .....	66
4.8 CHINA .....	71
4.9 ÍNDIA .....	75
4.10 RÚSSIA .....	80
4.11 JAPÃO .....	84
5 CONCLUSÃO .....	90
REFERÊNCIAS .....	92

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 TEMA E PROBLEMA

É tema frequente de debate entre cientistas, pesquisadores, chefes de estado, governo e políticos, o aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Esse, oriundo do aumento das atividades produtivas das economias mundiais, tem como consequência o agravamento dos efeitos de aquecimento global e mudanças climáticas. O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é considerado o gás antropogênico de maior contribuição para o efeito estufa, responsável por mais de 60% desse (OZTURK e ACARAVCI, 2010). Segundo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 1996), a maior parte do aumento nas emissões de CO<sub>2</sub> é atribuída ao consumo de energia, em especial da queima de combustíveis fósseis ou fontes de energia suja tais como o petróleo, gás natural (Metano) e carvão mineral.

Embora, inicialmente, tenha-se discutido os limites físicos do crescimento, o debate evoluiu para considerações a respeito das mudanças de comportamento e das opções de política que conciliariam o desenvolvimento do bem-estar humano com as falhas do mercado relacionadas ao meio ambiente. Percebeu-se que os problemas ambientais encarados por um país relacionavam-se a seu estágio de desenvolvimento, sendo alguns associados à própria pobreza – como falta de saneamento e degradação do solo e de recursos naturais – enquanto outros decorriam do aumento da atividade econômica – como a poluição associada à produção industrial e ao uso de energia (WCED<sup>1</sup>, 1987; IBRD<sup>2</sup>, 1992). (LUCENA, 2005, p 1)

Melhorias no crescimento econômico e bem-estar podem afetar os tipos de oportunidades tecnológicas e financeiras utilizadas para evitar e gerir os problemas ambientais.

---

<sup>1</sup> *World Commission on Environment and Development*, também conhecido como *Brundtland Commission*, criado em 1983 à pedido das Nações Unidas. Tem como missão unificar os países para alcançarem juntos, desenvolvimento sustentável.

<sup>2</sup> *International Bank for Reconstruction and Development*. Fundado em 1944, para reconstruir a Europa após a II Guerra mundial, hoje em dia oferece empréstimo para países.

Nesta situação é interessante saber se o crescimento econômico e a preservação ambiental podem coincidir ou não. Na fase inicial de desenvolvimento econômico, uma pequena parte do excesso de renda é tipicamente atribuída aos problemas ambientais e, portanto, esta fase é susceptível de ser acompanhada por problemas ambientais do processo de industrialização. (EUNHO CHOI, 2010).

Quando o PIB per capita aumenta e ultrapassa um determinado limiar, o nível de poluição tipicamente diminui. Esse efeito combinado pode resultar em uma relação em forma de U invertido entre o PIB per capita e o nível de poluição. Essa relação é conhecida como a Curva Ambiental de Kuznets (CAK), introduzida por Kuznets<sup>3</sup> (1955). Uma série de estudos têm examinado as consequências ambientais da liberalização do comércio e o crescimento econômico nas últimas décadas. Além disso, o fenômeno da mudança climática, que tem sido um importante tópico de pesquisa nos últimos anos, vem sendo considerado como uma das consequências mais importantes do sistema global de energia e consumo. O nível de emissão de CO<sub>2</sub> é significativo ao examinar as relações causais entre a poluição ambiental, a liberalização do comércio e o crescimento econômico. O modelo clássico da Curva Ambiental de Kuznets compara impactos ambientais em virtude do crescimento da renda. O modelo proposto inclui na análise outros fatores, que não a renda, para poder identificar o quanto a abertura comercial é responsável nas emissões de CO<sub>2</sub> e no aumento da degradação ambiental.

O comércio internacional implica na circulação de mercadorias produzidas em um país para o consumo em outro. Isso significa que a poluição gerada na produção destes produtos está relacionada com o consumo de outro país. A implantação de indústrias poluentes nos países em desenvolvimento estabelece setores manufatureiros intensivos no uso de energia suja, tais como ferro, aço, alumínio e celulose, que alteram as estruturas de produção, com consequente aumento no crescimento econômico. No entanto, também influenciam diretamente as emissões de CO<sub>2</sub> nesses países e ao nível global.

Embora países, tanto em industrialização quanto já industrializados, têm aumentado as suas necessidades energéticas através da exportação de produtos manufaturados, o

---

<sup>3</sup> Simon Smith Kuznets foi um economista russo naturalizado estadunidense. Recebeu o Prêmio de Ciências Económicas em Memória de Alfred Nobel de 1971. O prêmio foi recebido pela sua famosa "Curva de Kuznets", que relaciona 'Desigualdade de Renda' ao 'Crescimento do Produto' de uma Economia.

crescimento tem sido significativamente maior no primeiro grupo. Em simultâneo, países industrializados têm sido capazes de reduzir suas necessidades energéticas através da importação de bens manufaturados. As exportações de produtos manufaturados dos países industrializados tem sido, assim, um fator importante na geração da parte inclinada para cima da CAK e importações por países industrializados têm contribuído para a descida. (SURI & CHAPMAN, 1998).

A diminuição de emissões de CO<sub>2</sub> pode ser explicada apenas pelo aumento da renda per capita, conforme a Teoria da Curva Ambiental de Kuznets, ou está apenas havendo uma transferência das matrizes produtoras de energia suja de países desenvolvidos para os países em desenvolvimento? Analisaremos as causas dos níveis de emissões de CO<sub>2</sub> a partir de vários fatores além da renda, tais como o tipo de energia utilizada (renovável/limpa/suja), a composição do PIB, o consumo de energia, e a abertura comercial. Isto considerando bases de dados de países desenvolvidos e em desenvolvimento, como os Estados Unidos da América, Canadá, Austrália, Alemanha, Suécia, Brasil, México, China, Índia, Rússia e Japão.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho define como principal objetivo identificar se há uma transferência na produção de manufaturados de energia suja dos países industrializados para os países em desenvolvimento.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar quais são os fatores de maior e menor impacto, sobre os níveis de emissão de CO<sub>2</sub> nas economias analisadas, por meio do modelos econométricos de regressões de multivariáveis, a ser esquematizados para cada país;

- b) Estruturar modelos de regressões que permitem identificar como variável dependente, emissão de CO<sub>2</sub> per capita, comporta-se em função das variáveis da abertura comercial, a participação do produto industrial e a participação do serviço de produto do PIB per capita, consumo de energia e os tipos de energia renováveis, sujas e limpas, para os seguintes países: Estados Unidos, Canadá, Austrália, Alemanha, Suécia, Brasil, México, China, Índia, Rússia e Japão;
- c) Analisar os resultados dos modelos de regressões, especificamente, o quanto as variáveis explicativas (PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Abertura comercial, Consumo de Energia, Energia Renovável, Energia Limpa e Energia Suja) influenciam na emissão de gás carbônico e nos impactos ambientais em um conjunto de países (Estados Unidos, Canadá, Austrália, Alemanha, Suécia, Brasil, México, China, Índia, Rússia e Japão);
- d) Verificar se os países desenvolvidos estão priorizando o uso de energias limpas/renováveis.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Em virtude da extrema dependência que o vigente sistema econômico mundial tem em relação à energia, e mais notadamente, em relação à energia de origem fóssil, o tema torne-se seriamente complexo e problemático, visto que qualquer mudança relevante no atual padrão de consumo energético mundial será acompanhada por repercussões importantes na economia mundo (CAMPOS DE ANDRADE, 2010).

Este debate envolvendo o sistema econômico mundial e as emissões de gases de efeito estufa vem adquirindo relevância nas discussões sobre o crescimento econômico. Por isto é importante o questionamento, se a economia deveria respeitar os limites ambientais do planeta e reduzir suas taxas de crescimento econômico de modo a conseguir aliar as necessidades da sociedade às restrições impostas pelo meio ambiente, ou, buscar outras fontes ou meios de produção para viabilizar um desenvolvimento menos agressivo ao nosso ambiente.

Nesta pesquisa, ao utilizarem-se modelos empíricos com os resultados obtidos, esses poderão servir para definir novos métodos de produção, bem como na utilização de energias mais limpas, para reduzir os impactos ambientais.

Estudos com esse objetivo tornam conhecidos os comportamentos das economias sobre os seus níveis de poluição emitidos, e as ponderações das variáveis explanatórias sobre a variável dependente (emissão de CO<sub>2</sub>), de modo a embasar e orientar para políticas governamentais e planejamentos públicos e privados.

## 2 METODOLOGIA

Neste capítulo do trabalho será explicado o método clássico de regressão, o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), que foi utilizado para estruturar regressões simples e múltiplas afim de identificar os níveis de emissões de CO<sub>2</sub> per capita, que trata-se da nossa variável dependente, em função das variáveis independentes, que são: PIB per capita; PIB industrial per capita; PIB de serviços per capita; Abertura comercial; Consumo de energia; Uso de energias renováveis; Uso de energias limpas; Uso de energias sujas. Também será explicado o porquê da escolha das variáveis e onde os dados foram coletados.

### 2.1 MÉTODOS DOS MÍNIMOS QUADRADOS ORDINÁRIOS

A forma funcional de mínimos quadrados é assim denominada porque minimiza os erros de estimação entre os valores observados e os valores preditos, ou seja, minimiza os resíduos. Dito de outra forma, o modelo de mínimos quadrados ordinários minimiza o erro em explicar/predizer os valores de Y a partir dos valores de X. Essas estimações são eficientes desde que os pressupostos subjacentes à análise de regressão sejam devidamente respeitados. A precisão de uma estimativa é medida pelo seu erro-padrão (é o desvio-padrão da distribuição amostral do estimador). Com a regressão é possível estimar o grau de associação entre Y, variável dependente e X<sub>i</sub>, conjunto de variáveis independentes. O objetivo é resumir a correlação entre X<sub>i</sub> e Y em termos da direção e magnitude. Mais especificamente, é possível utilizar as variáveis independentes para prever os valores da variável dependente. Em regressões multivariadas – compostas de mais de uma variável independente – é possível também identificar a contribuição de cada variável independente sobre a capacidade preditiva do modelo como um todo. Onde Y representa a variável dependente que queremos prever. X, por sua vez, representa a variável independente, aquilo que pode ajudar prever a variação de Y. O coeficiente de regressão ( $\beta$ ) representa a mudança observada em Y associada ao aumento de uma unidade em X. Finalmente, o termo estocástico ( $\epsilon$ ) é a diferença entre os valores observados e os valores preditos de Y, ou seja, os resíduos do modelo.

As propriedades dos MQO se embasam nas premissas do modelo de regressão linear clássico. O modelo de regressão linear clássico parte de dez premissas. Estas dez

premissas são: modelo de regressão linear; os valores de  $X$  são fixos em amostras repetidas; o valor médio do termo de erro  $u_i$  é zero; homocedasticidade ou variância igual a  $u_i$ ; não há autocorrelação entre os termos de erro; ausência de covariância entre  $u_i$  e  $X_i$ ; o número de observações  $n$  deve ser maior que o número de parâmetros a serem estimados; variabilidade dos valores de  $X$ ; o modelo de regressão está especificado da forma correta; não multicolinearidade perfeita.

Este método (MQO) fornece estimadores de simples interpretação e que possuem propriedades desejáveis (Teorema de Gauss-Markov) como, linear, não-viesado, consistência e eficiência. A propriedade linear, isto é, uma função linear de uma variável aleatória, como a variável dependente  $Y$  no modelo de regressão. Um estimador não-viesado ou não tendencioso, é aquele que não tende a subestimar ou superestimar o valor do parâmetro real da população, isto é, seu valor médio ou esperado  $E(\hat{\beta}_2)$  é igual ao verdadeiro valor  $\beta_2$ . Um estimador consistente é aquele que se aproxima do valor real do parâmetro na população à medida que o tamanho da amostra,  $n$ , aumenta. Tem variância mínima na classe de todos os estimadores lineares não tendenciosos desse tipo; um estimador não tendencioso com a menor variância é conhecido como um estimador eficiente (GUJARATI, 2006).

### 2.1.1 Multicolinearidade

A multicolinearidade refere-se à correlação entre três ou mais variáveis independentes. O que precisa ser feito é buscar variáveis explicativas que possuem multicolinearidade limitada com as outras variáveis explicativas, mas também contém correlações altas com a variável dependente. Ademais dos efeitos na explicação, a multicolinearidade pode ter graves efeitos nas estimativas dos coeficientes de regressão e na finalidade geral do modelo estimado (HAIR, 2005). É possível descobrir a presença de multicolinearidade pelo Fator de Inflação da Variância (FIV). O coeficiente de correlação entre  $X_1$  e  $X_2$  é dado por  $r_{23}$ . Essa correlação é responsável pela covariância entre os coeficientes angulares do modelo ( $\beta_n$ ). Quanto maior  $r_{23}$ , maior a covariância entre eles, chegando ao infinito (caso  $r_{23} = 1$ ). O FIV mostra a velocidade com que a covariância aumenta, com o aumento da correlação entre as variáveis explanatórias. Se o FIV de uma variável for maior que 10, essa variável é altamente colinear. A fórmula do FIV é a seguinte: 
$$FIV = \frac{1}{(1-r_{23}^2)}$$

Várias medidas têm sido propostas para resolver o problema de multicolinearidade, como: excluir uma ou mais variáveis independentes altamente correlacionadas e identificar outras variáveis independentes para ajudar na previsão, tal procedimento deve ser feito com cautela pois, neste caso, há o descarte de informações, contida nas variáveis removidas; usar o modelo com variáveis independentes altamente correlacionadas apenas para previsão, ou seja, não interpretar os coeficientes de regressão; usar as correlações simples entre cada variável independente e a dependente para compreender a relação entre variáveis independentes e dependente; usar um método mais sofisticado de análise como a regressão Bayesiana ou a regressão sobre componentes principais para obter um modelo que reflita mais claramente os efeitos simples das variáveis independentes.

### 2.1.2 Normalidade dos Resíduos

Ao testar a normalidade dos resíduos de uma regressão linear, a regressão linear apenas deve ser aplicada se os erros são normais (distribuição gaussiana), portanto, caso o teste aponte que esta premissa é inválida, os resultados da regressão não podem ser utilizados. Diante disso, deve-se recriar um modelo que explique a verdadeira distribuição da população, introduzindo diferentes variáveis independentes. Ao utilizar um modelo que não esteja equiparado com a realidade, poderá encontrar que os resíduos têm uma média afastada de zero. Isso levaria à distribuição dos resíduos para longe de uma distribuição normal padrão.

Os resíduos de um modelo devem ter a mesma variância, isto é, que os resíduos devem diferir da média, de forma aleatória ou independente. Se a variância se altera à medida que prevê diferentes valores, isto provavelmente é a causa da não normalidade dos resíduos.

Alguns exemplos de testes são: D'Agostino's K-squared test; Jarque-Bera test; Anderson-Darling test; Cramér-von-Mises criterion; Lilliefors test for normality; Shapiro-Wilk test; Pearson's chi-square test; Shapiro-Francia test for normality; etc.

### 2.1.3 Heterocedasticidade

Heterocedasticidade é quando o pressuposto de homocedasticidade é infringido, e a variância dos resíduos não é constante. Em outras palavras, a heterocedasticidade apresenta-se como uma forte dispersão dos dados em torno de uma reta; uma dispersão dos dados perante um modelo econométrico regredido.

A presença de heterocedasticidade na estimação do modelo pelo método dos mínimos quadrados gera parâmetros não eficientes, acarretando erro em todas as análises. Há diversos testes para detectar a presença ou ausência de heterocedasticidade. Os mais comuns são os propostos por: Goldfeld Quandt (1965), mais apropriado para grandes amostras; Park (1966); Glejser (1969); e Pesaran (1987), tem a vantagem de ser um teste simples. Sua detecção também pode ser realizada por meio do Teste de White, que consiste num teste residual. A heterocedasticidade não elimina as propriedades de inexistência de viés e consistência dos estimadores de MQO, entretanto, eles deixam de ter variância mínima e eficiência, ou seja, não são os melhores estimadores lineares não-viesados.

## 2.2 BASE DE DADOS

Foram coletados indicadores oficiais e tradicionais para as variáveis explicativas e dependente, que são elaborados principalmente por agências de estatísticas internacionais, tais como o Banco Mundial, conhecida como Indicadores de Desenvolvimento Mundial (*World Development Indicators*, WDI), elaborado pelo Banco Mundial, e como a Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency*, IEA). Essas instituições dedicadas ao conhecimento, compartilham seus bancos de dados de forma aberta e estão disponíveis para livre acesso. O período selecionado para essa base de dados é referente ao período de 1989 à 2009, esta data inicial e final, foi escolhida pelo fato de que todos os países da amostra possuíam os indicadores com dados completos. Para se ter uma amostra representativa, foram selecionados 6 países desenvolvidos e 5 em desenvolvimento que possuíssem relações comerciais entre eles. Na sequência desta subseção, temos a definição dos indicadores e o porquê alguns dados foram necessário para elaboração do trabalho.

Foi utilizado os dados de população total dos países para poder calcular as variáveis explicativas PIB Industrial per capita e PIB de Serviços per capita, pois estes não foram encontrados já elaborados. O resultado do cálculo foi obtido através da divisão destes por suas respectivas populações. A população conta todos os residentes, independentemente do estatuto legal ou cidadania - exceto para os refugiados não permanentemente se estabeleceram no país de asilo, que são geralmente considerados parte da população do seu país de origem. A fonte dos dados é proveniente de *World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files*.

Os dados do indicador PIB per capita (em U.S. dólares correntes), uma das variáveis explicativas que também tem os dados provenientes do Banco Mundial, é o produto interno bruto dividido pela população na metade do ano. O PIB é a soma do valor acrescentado bruto por todos os produtores residentes na economia mais quaisquer impostos sobre os produtos e menos quaisquer subsídios que não estão incluídos no valor dos produtos.

Foram utilizados os dados da porcentagem da Indústria no PIB, para obter o PIB Industrial, calculado à partir do produto da porcentagem da participação da indústria no PIB com o PIB real para ter o valor real do PIB industrial, isto para posteriormente calcular o PIB industrial per capita. Também foi executado o mesmo procedimento para obter o PIB de Serviços. A indústria corresponde às divisões *International Standard Industrial Classification* (ISIC 10-45 e inclui a fabricação (divisões ISIC 15-37). Compreende um valor acrescentado em mineração, manufatura (também relatado como um subgrupo separado), construção, eletricidade, água e gás. Já, os serviços correspondem às divisões ISIC 50-99 e eles incluem o valor acrescentado no comércio por grosso e a retalho (incluindo hotéis e restaurantes), transporte e governo, financeiro, profissional, e serviços pessoais como educação, cuidados de saúde, e serviços imobiliários. Fonte de dados em *World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files*.

Foi utilizado os dados de PIB em US\$ correntes, para este ser multiplicado pela participação da indústria e serviços para obter o PIB industrial e PIB de serviços. Os dados são em U.S. dólares atuais. Valores em dólares para o PIB são convertidas a partir das moedas nacionais, utilizando as taxas de câmbio oficiais único ano. Os dados foram coletados em *World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files*.

Os dados de Emissões de CO<sub>2</sub> (toneladas métricas per capita), definida como variável dependente do trabalho, é decorrente da queima de combustíveis fósseis e da fabricação

de cimento. Eles incluem o dióxido de carbono produzido durante o consumo de combustíveis sólidos, líquidos e gases combustíveis e queima de gás. Os dados foram coletados em *Carbon Dioxide Information Analysis Center, Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, United States*.

Os dados de consumo de energia (kg de petróleo equivalente per capita), que é uma das variáveis explicativas, refere-se ao uso de energia primária antes da transformação de outros combustíveis de uso final, o que é igual a produção interna mais as importações e as alterações das existências, menos as exportações e os combustíveis fornecidos a navios e aeronaves nos transportes internacionais. Os dados de combustíveis renováveis e resíduos (% da energia total), que consta como uma das variáveis explicativas, compreendem a biomassa sólida, líquida de biomassa, biogás, resíduos industriais e resíduos urbanos, medidos em percentagem do consumo total de energia. Como outra variável explicativa, a Energia alternativa e nuclear (% do consumo total de energia), é energia limpa que não produz dióxido de carbono quando gerado. Ele inclui energia hidrelétrica e nuclear, geotérmica, e energia solar, entre outros. Os dados referente ao consumo de combustíveis fósseis de energia (% do total), que compreende como outra variável explicativa dos tipos de energia utilizada, compreende carvão, petróleo, petróleo e produtos de gás natural. Todos os dados desses indicadores de energia foram coletados de *International Energy Agency (IEA)*.

Os dados da variável explicativa Abertura comercial (*Openness*), foram obtidos de *Federal Reserve Bank of St. Louis (FRED)*, que é a soma das exportações com as importações, e esta somatória é dividida pelo PIB, representando a totalidade do comercio em percentagem em relação ao PIB.

### 2.3 ESCOLHA DAS VARIÁVEIS

As justificativas para a inclusão do conjunto de variáveis exógenas são baseadas nos estudos de Suri e Chapman (1998), Jaunky (2011), e Jayanthakumaran *et al.* (2012), que argumentaram que o crescimento econômico, por si só, não é a chave para resolver os problemas de degradação ambiental. Esses autores citam que a adoção de uma política de conservação ambiental não pode ser seguida somente em virtude do forte contragolpe na tendência de poluição, devido à desaceleração do impacto do crescimento econômico sobre os

níveis de poluição. A proteção ambiental não se dará automaticamente, mas como consequência de políticas pró-crescimento com fontes de energia limpas, associadas com políticas adequadas para proteger o meio ambiente.

### 2.3.1 Emissões de CO<sub>2</sub> per capita

Como variável dependente, utilizou-se a emissão de CO<sub>2</sub> per capita por tonelada métrica, pelo fato de que o uso dessa variável per capita faz com que os dados sejam melhor comparados entre os países, devido à grande variabilidade populacional e de produção entre eles. O volume de emissões de CO<sub>2</sub> é uma das raras variáveis físicas disponíveis em bancos de dados, uma vez que tem sido sistematicamente contabilizada. A principal razão dessa contabilização é a preocupação com a intensificação do efeito estufa e suas consequências, principalmente as mudanças climáticas.

### 2.3.2 PIB per capita

A variável PIB per capita, em dólar estadunidense em valores correntes foi utilizada como medida para captar o crescimento econômico entre os países. Utilizou-se essa variável per capita pelo mesmo pressuposto da variável emissões de CO<sub>2</sub>. As variáveis explanatórias comuns para todos os estudos econométricos sobre crescimento-meio ambiente, são PIB per capita e seu quadrado, PIB<sup>2</sup>. A variável PIB representa o nível da atividade econômica ou renda. *Ceteris Paribus*, quanto maior nível da atividade econômica, maior sua geração de poluentes. O PIB<sup>2</sup>, por outro lado, representa os aspectos da economia que não permanecem iguais à medida que PIB cresce. Isso inclui transformações estruturais na composição do PIB e aumento de consciência e regulamentação ambientais. A composição estrutural do PIB, inicialmente move-se em favor para o setor industrial de uso de energia intensivas, enquanto sua participação na agricultura diminui. Em níveis mais avançados de desenvolvimento, a participação da indústria começa a cair, ao passo que o setor de serviços não intensivos em energia sobe (Syrquin; Chenery, 1988). Nos países com altos níveis de renda, o PIB puxa a economia para um nível com menor intensidade no uso de energias, em geral. Isso tem um efeito atenuante no

crescimento de energia, em termos per capita. É esperado que a variável PIB<sup>2</sup> tenha um sinal negativo. (SURI, CHAPMAN, 1998)

### 2.3.3 PIB Industrial per capita e PIB de Serviços per capita

A variável PIB industrial per capita inclui a produção industrial para o mercado interno, além de produção para exportação, é uma medida da ampla transformação estrutural da economia. Os países de rápida industrialização têm assistido a um aumento acentuado da proporção do setor manufatureiro. Nos países industrializados esta participação ou estabilizou ou está em declínio, tendo o aumento na participação da variável PIB de Serviços per capita. Embora o fato de que a transformação da estrutura global da economia vem impulsionando os países em industrialização ao uso cada vez maior de energia intensivas, as nações mais ricas estão geralmente em movimento no sentido oposto. Pode notar-se que o aumento da participação da indústria no PIB capta mais do que apenas uma maior quantidade de energia necessária para produzir bens industriais, ele também reflete alguns dos correlatos da industrialização, como a urbanização e a crescente necessidade de transportes, que tendem a aumentar as exigências de energia de um país. (SURI; CHAPMAN, 1998)

### 2.3.4 Abertura Comercial

Uma das variáveis explicativas utilizada é o grau de abertura comercial, que é a soma das importações e exportações dividido pelo PIB. Essa variável serve para estudar a influência da abertura ao comércio internacional na relação entre crescimento e meio ambiente. É crucial examinar o efeito do movimento de *cross-country* de bens que incorporam a poluição. Neste contexto, é importante considerar o comércio de mercadorias tanto intensivas em uso de energia tanto de mercadorias não-intensiva de energia, tendo em vista que a cadeia de produção de bens não-energia-intensiva pode envolver grandes quantidades de energia intensiva no seu processo. (SURI; CHAPMAN, 1998)

### 2.3.5 Consumo de Energia

A variável consumo de energia, sugere que o desenvolvimento econômico e a produção podem ser determinadas conjuntamente, porque o crescimento econômico está intimamente relacionado com o consumo de energia, pelo fato de que um maior desenvolvimento econômico requer um maior consumo de energia. (HALICIOGLU. F, 2009)

### 2.3.6 Tipos de Energia: Energia Renovável, Energia Limpa e Energia Suja

Os tipos de energia afetam diretamente os níveis de emissões de CO<sub>2</sub>. Quanto maior a utilização de fontes energéticas sujas, maior suas emissões, já o aumento nos níveis de energias renováveis/limpas, acarreta em uma diminuição das emissões de poluentes. Por isto é importante captar a variação desses variáveis para analisar os níveis de emissões de CO<sub>2</sub>.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo consiste na redação de todo o material pertinente encontrado nas literaturas relacionadas à teoria da Curva Ambiental de Kuznets, servindo de base para a análise e interpretação dos dados coletados na fase de elaboração do relatório final. Dessa forma, os dados apresentados serão interpretados à luz das teorias existentes.

#### 3.1 EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL

O efeito estufa natural, proporciona há milhares de anos, as condições ideais para a proliferação da vida no planeta. Contudo, o homem progressivamente vem, alterando o sistema climático do planeta (PEREIRA e MAY, 2003). De acordo com a pesquisa feita em 2001 pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), cientistas concordam que o acúmulo de gases do efeito estufa, provenientes das atividades humanas, tem causado o aquecimento no planeta, que constitui-se em uma ameaça à sustentabilidade do meio ambiente, que por sua vez, compromete a saúde do homem e a economia global.

Gases como o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o vapor d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) funcionam como uma cortina de gás que vai da superfície da Terra em direção ao espaço, impedindo que a energia do sol absorvida pela Terra durante o dia seja emitida de volta para o espaço. Sendo assim, parte do calor continua presente na Terra, onde o ar tem maior densidade, que faz com que a temperatura média do planeta seja em torno de  $15^\circ\text{C}$ . Se não houvesse o efeito estufa a temperatura média da Terra seria cerca de  $-17^\circ\text{C}$  (BENNETT et al, 2004).

Conforme Kiehl e Kevin (1997), os principais gases que contribuem para o efeito estufa são: vapor de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), com 36-70 %; o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), com 9-26%; o metano ( $\text{CH}_4$ ), com 4-9%; e o ozônio ( $\text{O}_3$ ), com 3-7%. Contudo, o principal contribuinte não gás para o efeito estufa na Terra são as nuvens, que também absorvem e emitem radiação infravermelha, tendo efeitos importantes sobre as propriedades radiante da atmosfera.

A *U.S. Information Administration*<sup>4</sup> publicou dados estatísticos, abrangendo mais de 200 países, sobre as emissões de dióxido de carbono. Compilando os dados deste órgão e tendo como referência os dados de emissões de 2011, verifica-se a ascensão da Ásia e Oceania à liderança da emissão de CO<sub>2</sub>, sendo responsáveis por 45,07% do total de emissões mundiais. Na África também ocorreram grandes aumentos nas emissões, atingindo 3,53% do total; a Europa atingiu um patamar e se estabilizou com 13,2%; a América do Norte é responsável por 19,77%; e a América do Sul e Central responsável por 4,11%. Agora, tendo como referência as emissões de 1990-2011, constata-se que o mundo emitiu 51,36% mais de CO<sub>2</sub> em 2011 que em 1990, a Ásia e a Oceania apresentaram um crescimento de 183,98%; a África manifestou um crescimento de 58,77%; a Europa demonstrou uma queda de 5,28%; a América do Norte se caracterizou com um crescimento de 11,91%; e finalmente, a América do Sul e Central manifestaram um crescimento de 86,89%. Ainda tendo como referência o período de 1990-2011, se destacam com significativo crescimento a China, o maior emissor mundial de CO<sub>2</sub>, que aumentou suas emissões em 300,2%, a Índia em 198,25%, a Indonésia em 173,61% e o Brasil 100,31%. Destacam-se com crescimentos poucos acentuados, os EUA que aumentaram 8,93%, a Alemanha, Itália, França e Hungria que apresentaram crescimentos praticamente nulos. A partir desses dados constata-se de forma inegável a intensificação das emissões de CO<sub>2</sub>, especificamente, nos países em desenvolvimento. Por estes fatos, o aquecimento global tem atraído muita atenção dos pesquisadores nos últimos anos, essencialmente, em virtude dos níveis de emissões de CO<sub>2</sub>, principal fonte de aquecimento global.

Total de emissões antrópicas de GEE têm continuado a aumentar ao longo do 1970-2010 com maiores aumentos absolutos entre 2000 e 2010, apesar de um número crescente de políticas de mitigação das mudanças climáticas. As emissões de CO<sub>2</sub> da queima de combustíveis fósseis e processos industriais contribuiu com cerca de 78% das emissões totais de GEE 1970-2010, com uma contribuição percentual semelhante para o aumento durante o período de 2000 a 2010. Globalmente, o crescimento econômico e a população continuaram a ser os elementos mais importantes para a contribuição do aumento das emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da queima de combustíveis fósseis. A contribuição do crescimento da população entre 2000 e 2010 manteve-se praticamente idêntico ao das três décadas anteriores, enquanto a

---

<sup>4</sup> *U. S. Information Administration, Independent Statistics and Analysis*. Disponível em: <<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=90&pid=44&aid=8&cid=regions&syid=1990&eyid=2011&unit=MMTCD>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

contribuição do crescimento económico aumentou consideravelmente. O aumento da utilização do carvão reverteu a tendência de longo prazo de descarbonização gradual (ou seja, reduzir a intensidade no uso de energia de carbono) do abastecimento de energia do mundo (IPCC, 2014).

Os principais riscos do aquecimento global incluem o risco de graves problemas de saúde e meios de vida interrompidos resultantes de tempestades, elevação do nível do mar e inundações costeiras; inundações interiores em algumas regiões urbanas; e períodos de calor extremo. Riscos sistêmicos devido a eventos climáticos extremos que levam à apagação das redes de infraestruturas e serviços críticos. O risco de insegurança alimentar e da água e perda de meios de subsistência rurais e renda, especialmente para as populações mais pobres. Perda de ecossistemas e biodiversidade (IPCC, 2014).

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), estipulou que alguns ecossistemas e culturas já estão em risco pela mudança climática. Com o aquecimento adicional de cerca de 1 ° C, o número de sistemas únicos e ameaçados pelo risco de consequências graves aumenta. Muitos sistemas com capacidade adaptativa limitada, particularmente aqueles associados com gelo do mar Ártico e recifes de corais, estão sujeitos a riscos muito altos com o aquecimento adicional de 2 ° C. Além dos riscos resultantes da magnitude do aquecimento, as espécies terrestres também são sensíveis à taxa de aquecimento, espécies marinhas são afetadas pela taxa e o grau de acidificação dos oceanos e sistemas costeiros com o aumento do nível do mar. Eventos climáticos extremos: riscos das alterações climáticas relacionadas com eventos extremos, como ondas de calor, forte precipitação e inundações costeiras, no momento são moderados, mas com 1 ° C de aquecimento adicional, os riscos são altos. Riscos associados com alguns tipos de eventos extremos (por exemplo, calor extremo) aumentam progressivamente com maior aquecimento. Riscos de impactos agregados globais são moderados sob aquecimento adicional de entre 1 ° C e 2 ° C, refletindo os impactos sobre a biodiversidade, tanto da Terra e da economia global em geral. Perda de extensa biodiversidade, com perda associada de bens e serviços ecossistêmicos, leva a riscos elevados em cerca de 3 ° C de aquecimento adicional.

A preocupação com o efeito estufa é tão grande que países assinaram um acordo internacional que visa diminuir a emissão de gás carbônico para a atmosfera. Este acordo foi chamado de Protocolo de Kyoto. O acordo é consequência de uma série de eventos iniciada com a *Toronto Conference on the Changing Atmosphere*, no Canadá (outubro de 1988), seguida pelo IPCC's *First Assessment Report* em Sundsvall, Suécia (agosto de 1990) e que culminou

com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (UNFCCC) na RIO-92 no Rio de Janeiro, Brasil (junho de 1992). Discutido e negociado em Quioto no Japão em 1997, foi aberto para assinaturas em 11 de Dezembro de 1997 e ratificado em 15 de março de 1999. Sendo que para este entrar em vigor precisou que 55 países, que juntos, produzem 55% das emissões, o ratificassem, assim entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, depois que a Rússia o ratificou em Novembro de 2004. Por ele se propõe um calendário pelo qual os países-membros (principalmente os desenvolvidos) têm a obrigação de reduzir a emissão de gases do efeito estufa em, pelo menos, 5,2% em relação aos níveis de 1990 no período entre 2008 e 2012 (GOUVÉIA & MESQUITA, 2011).

Em um balanço da secretaria da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (UNFCCC) destacou que 37 países conseguiram superar sua meta de redução de 5% em suas emissões até 2012, a maioria dos países foram da União Europeia.

É importante enfatizar que este protocolo foi apenas o início de um esforço mundial para minimizar as emissões de gases de efeito estufa. Hoje se fala em acordos mundiais pós Kyoto, pois já temos evidências suficientes sobre a necessidade de se diminuir drasticamente tais emissões. “Estou convencida de que sem o protocolo de Kyoto não estaríamos avançados como hoje na crescente penetração das energias renováveis” disse Christiana Figueres<sup>5</sup>, secretária-executiva da UNFCCC.

O relatório da *World Trade Organization* (WTO) e *United Nations Environment Programme* UNEP (2009) sobre comércio e mudanças climáticas apresenta evidências de que o grau de abertura de um país está correlacionado com o aumento de emissões dos gases de efeito estufa, majoritariamente emissões de CO<sub>2</sub>. Assim, o comércio internacional, por conta das emissões de carbono do processo industrial na fabricação de bens e serviços e/ou transporte destas mercadorias, contribuirá de alguma maneira com a insustentabilidade global.

---

<sup>5</sup> Christiana Figueres tem sido a Secretária Executivo da Convenção -Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) desde julho de 2010. Ela já dirigiu quatro Conferências consecutivas, e agora é encarregada com o processo intergovernamental para entregar o acordo de Paris 2015 sobre mudança climática. Seu comentário está disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2015/02/1590476-dez-anos-depois-protocolo-de-kyoto-falhou-em-reduzir-emissoes-mundiais.shtml>>

## 3.2 A CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS

Com o objetivo de esclarecer a literatura a respeito da hipótese da Curva Ambiental de Kuznets, esta seção é estruturada da seguinte maneira: na primeira subseção será explicado seu surgimento; na subseção seguinte, seu comportamento e seus fatores responsáveis; na terceira subseção, serão apresentadas as críticas teóricas e metodológicas envolvendo a hipótese da CAK.

### 3.2.1 Surgimento

Kuznets (1955) mostrou em um artigo uma análise sobre a relação entre crescimento econômico e distribuição de renda de três países: Alemanha, Estados Unidos e Reino Unido, entre os séculos XIX e XX. Nele evidenciou que a relação entre renda per capita e desigualdade da renda seguem uma curva de “U invertido”, onde o aumento da renda per capita é acompanhado por um aumento na desigualdade da renda nos primeiros estágios do crescimento econômico. Mas, à medida em que a renda continua a crescer, a desigualdade tende a diminuir após a economia alcançar o ponto de inflexão.

A aplicação do conceito de Curva de Kuznets em estudos ambientais surgiu no começo da década de 1990 com os trabalhos de Grossman e Krueger (1991), Shafik e Bandyopadhyay (1992) e Panayotou (1993). Esse conceito dita como descrever os impactos que o desenvolvimento econômico exerce sobre os níveis de emissões de poluentes, uma vez que estes estão intimamente relacionados com a produção de um país. Grossman e Krueger (1991) foram os primeiros, em um estudo sobre os impactos ambientais potenciais do *North American Free Trade Agreement* (NAFTA), a mostrar evidências de que o crescimento econômico em um país pobre vem acompanhado por emissões em níveis crescentes associadas ao crescimento da atividade produtiva. De acordo com a condição de pobreza do país, é dada uma prioridade menor sobre a qualidade ambiental, o que implica menos controle e poucas políticas ambientais sobre os níveis de emissões. Entretanto, o conceito foi popularizado pelo relatório do Banco Mundial *World Bank Development Report* (IBRD, 1992), mas quem atribuiu à relação entre emissões e renda per capita o nome de Curva Ambiental de Kuznets (CAK), foi Panayotou (1993).

[...], outros estudos empíricos podem ser citados como sustentando a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets. Selden e Song (1993) mostraram, usando emissões de poluentes do ar [...], que existe substancial suporte para assegurar a hipótese de “U-invertido”, [...]. Similarmente, Hettige *et al.* (1992) já havia demonstrado resultado similar considerando medidas de emissões tóxicas mais abrangentes. Além desses, outros estudos empíricos como Shafik (1994), Cropper e Griffiths (1994), Hilton e Levinson (1998) podem ser citados para corroborar a hipótese da curva ambiental de Kuznets. Não obstante, as explicações para essas evidências parecem não ser objeto de consenso entre os economistas. (ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2006, p 530)

### 3.2.2 Comportamento e Conceitos

Coondoo e Dinda (2002) detectam que, de maneira geral, a parte crescente da curva de Kuznets evidencia a renda como função da emissão de poluentes e a decrescente, o oposto. Soytas, Sari e Ewing (2006) constataram que poluição deve ser gerada pra que haja crescimento no próximo período devido ao aumento da demanda por energia.

A CKA é uma hipótese acerca da relação entre indicadores de degradação ambiental e a renda per capita. Segundo ela, nos estágios iniciais do desenvolvimento econômico, a degradação ambiental e a poluição aumentariam juntos com a renda per capita. Contudo, após um certo nível de renda (a partir de agora chamado de “ponto de inflexão”; em inglês, *turning point*), que varia de acordo com os indicadores estudados, essa tendência se reverteria de tal forma que a qualidade ambiental melhoraria com o crescimento econômico. Tal efeito foi denominado por alguns autores como “descolamento” (*de-linking*) entre a atividade econômica e pressão ambiental (Simonis, 1989; IBRD, 1992). Isso implica que o impacto ambiental é uma função na forma de “U” invertido da renda per capita. (LUCENA, 2005, p 9)

A CAK é marcada por três estágios: O primeiro, a parte ascendente da curva, é definido pela transição de uma economia agrícola limpa para uma economia industrializada suja, onde o crescimento econômico implica em uma pressão gradativamente maior sobre o meio ambiente, resultado da criação e ampliação do parque industrial. O segundo estágio é o período de estabilização entre a parte ascendente e descendente da curva, caracterizado pela maturação da infraestrutura industrial e da sociedade. Nesse ponto o atendimento das necessidades básicas permite o crescimento de setores menos intensivos em poluição, e a tecnologia começa a reduzir a intensidade de matéria/energia e rejeitos da produção. Por último,

o terceiro estágio, a parte descendente CAK, onde ocorre o descolamento entre o crescimento econômico e a pressão sobre o meio ambiente, quando o primeiro não implica mais no aumento do segundo. Ao crescer a renda, a sociedade se preocuparia com a questão ambiental e demandaria às instituições para que seja controlado o nível de poluição. (Grossman e Krueger, 1991 e 1995; Shafik e Bandyopadhyay, 1992; Selden e Song, 1994; Machado, 2002; Kearsley e Riddel, 2010).

Vários fatores são responsáveis pela configuração descrita para a CAK na literatura. Selden e Song (1994), atribuem a inversão da trajetória positivamente inclinada para um negativamente inclinada, à uma elasticidade de renda positiva para qualidade ambiental, isso mostra que, conforme a renda aumenta, as pessoas tendem a demandar mais qualidade ambiental, níveis maiores de conscientização sobre as consequências da atividade econômica no meio ambiente, maiores níveis de educação ambiental e sistemas políticos mais abertos. Para Cole e Stern (2004), o aumento da rigidez na regulação ambiental, liberalização comercial e o aperfeiçoamento tecnológico, também são definidas como prováveis causadoras da parte declinante da curva. Magnani (2001) postula que a CAK resulta quando as preferências coletivas de indivíduos, de uma melhor qualidade ambiental são convertidas em políticas públicas. Stern (2004) vai além e categoriza tais elementos em dois grupos. Ele inclui no primeiro os fatores que afetam diretamente a relação entre crescimento econômico e pressão ambiental, que são, escala de produção, avanços tecnológicos, mudanças estruturais na composição da produção, mudanças nos insumos utilizados na produção. No segundo grupo, ele inclui, regulação, educação e conscientização ambiental, que tem efeito através dos elementos descritos do no primeiro grupo.

De acordo com Grossman e Krueger (1995), é possível explicar o formato da CAK com base em três efeitos distintos: *efeito escala*, quando um aumento da renda está associado a um aumento das emissões de poluentes para uma dada composição do produto e uma dada tecnologia; *efeito composição*, quando uma mudança da composição do produto associado a um aumento da renda leva a uma alteração do peso dos produtos menos poluentes no produto total, conduzindo a uma redução das emissões quando o peso dos produtos menos poluentes aumenta; *efeito técnica*, quando a adoção de tecnologias menos poluentes associada a um aumento da renda leva a uma redução das emissões. (ÁVILA, DINIZ, 2014, p 98)

Apesar de que seja admitido que a trajetória descrita pela CAK não é automática, e sim efeito de uma conciliação de fatores exógenos, ela tem fortes inferência no que diz respeito à obtenção do desenvolvimento sustentável, pois esse seria alcançado depois de um certo nível

de renda. Dessa maneira, os propósitos ambientais estariam garantidos com a continuidade do modelo de desenvolvimento corrente. Isto é, chegaríamos a uma situação onde o crescimento econômico não mais atentaria o meio ambiente.

### 3.2.3 Críticas

Mesmo com os resultados positivos, diversas críticas foram atribuídas à hipótese da Curva Ambiental de Kuznets ao decorrer dos anos. A crítica predominante fundamenta-se no inadequado uso da técnica econométrica, que pode conduzir a evidências equivocadas. Stern (2004) previne que a CAK pode não existir para certos tipos de poluentes, sob o rigor de uma econometria correta. Também, pode ser espúria a possível relação conseguida entre as variáveis. Wagner (2008), acredita que a resultância das estimações é sensível ao tipo de poluente examinado. Para De Bruyn (2000), o ponto de inflexão e os próprios coeficiente também mostram-se vulneráveis ao tipo de modelo utilizado.

Stern (2005) afirma que nos países que possuem baixa taxa de crescimento econômico, os países industrializados, o efeito escala pode ser remediado pelos efeitos composição e técnico. O que não ocorre no entanto nos países em desenvolvimento, que possuem taxas de crescimento mais altas. O efeito escala não consegue ser remediado pelos efeitos composição e técnico, pois este se sobressai sobre os outros. Entretanto, a alteração na composição da produção é insuficiente para contrabalançar o efeito escala, de maneira a originar uma trajetória semelhante à Curva Ambiental de Kuznets. Isto apenas seria concebível se os setores intensivos em poluição reduzissem em termos absolutos, ou seja menor produção de bens, ou se houver uma substituição por importações. Pouco provável dessa primeira opção acontecer, o que se analisa é justamente o descolamento das atividades poluidoras para outros países, na maioria dos casos em países na fase de desenvolvimento.

A associação entre meio ambiente e crescimento econômico possui diferentes alternativas de pesquisa. Os indicadores de degradação ambiental contém múltiplas probabilidades de pesquisa, eles apresentam amplas variações no que se refere às especificações dos modelos e suas possíveis formas funcionais, as técnicas econométricas, os países envolvidos e período de tempo analisado (BARROS, 2000).

A Curva Ambiental de Kuznets, tem a renda como o seu principal causador nos níveis de emissões de CO<sub>2</sub>, o que é contestado por vários autores. Unruh e Moomaw (1998), alegam que a renda não é a força predominante das emissões de CO<sub>2</sub>, e sim, eventos históricos coincidentes com ela. Além do mais, eles contestam a afirmação de que a trajetória dos países desenvolvidos seja exclusiva e que será reproduzida por todos os países.

Stern e Dinda (2004), criticam a abordagem metodológica comumente utilizada para testar empiricamente a CAK. A utilização de modelos de regressão com uma única equação para múltiplos países está vigorosamente propenso a problemas de disponibilidade e comparabilidade de dados e a vieses referentes à introdução ou omissão de variáveis explicativas. Essa metodologia também não fornece informações sobre as causas da relação por ele explicada.

Suri e Chapman (1998) argumentam que a possível explicação da causa da parte declinante CAK seria o descolamento das indústrias intensivas em poluição dos países desenvolvidos para os países em desenvolvimento, que possuem renda mais baixa, por parte da diferença na regulamentação ambiental, segundo prevê a Hipótese dos Portos de Poluição (*Pollution Haven Hypothesis*). Conforme essa hipótese, a fraca regulamentação ambiental dos países em desenvolvimento produziriam vantagens comparativas em produtos intensivos em poluição, que conceberiam uma transferência das atividades poluidoras para os países em desenvolvimento. Cole (2004), afirma que caso essa hipótese seja verdadeira, para que a trajetória da Curva Ambiental de Kuznets seja acompanhada por esses países em desenvolvimento, a elasticidade-renda por bens manufaturados (intensivos em poluentes), tem de ser negativa ao se atingir um elevado nível de renda.

### 3.3 HIPÓTESE DOS PORTOS DE POLUIÇÃO

Durante as três últimas décadas, muitos países pobres experimentaram uma rápida ascensão econômica depois de adotarem políticas econômicas liberais. O baixo custo unitário do trabalho em economias em desenvolvimento, tem sido suficiente para reduzir significativamente o potencial da produção automatizada nos países de renda alta (MODY e WHEELER, 1990). Embora sejam fatores importante, rendas relativas e habilidades de trabalho não são os únicos determinantes para vantagem locacional. Outros fatores reconhecidos incluem a qualidade e preço local da energia disponível e de matérias primas, economias de

aglomeração, etc. (WHEELER e MODY 1992). Mais recentemente, a atenção tem sido focada para o possível impacto nas diferenças entre regulamentações ambientais. Nas economias da *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), regulamentações ambientais mais estritas significam que poluidores pagam mais por equipamentos de controle de poluição, pela conversão por processos mais limpos, ou por penalidades em emissões inaceitáveis. Esta diferença entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento, em princípio, poderia produzir “portos de poluição” juntamente com os baixos custos unitários de trabalho. Indústrias intensivas em poluição (aquelas com baixa elasticidade de substituição entre o uso do meio ambiente e outros fatores de produção) pode juntar-se à indústrias intensivas em trabalho, migrando dos países da OCDE para economias abertas em desenvolvimento, se este último manter-se desregulado e preços ambiental forem um determinante significativo de vantagem comparativa (MANI e WHEELER, 1997).

[...] os diferenciais de rigidez no processo de regulação ambiental entre os países desenvolvidos e países em desenvolvimento gerariam vantagens comparativas em produtos intensivos em poluição para os últimos. Isso motivaria uma significativa transferência de atividades econômicas poluidoras para os países ditos em desenvolvimento. Logo, caso essa hipótese seja verdadeira, a elasticidade-renda por produtos manufaturados, em particular aqueles intensivos em poluição, deverá ser negativa quando se atinge um alto nível de renda (COLE, 2004; AKBOSTANCI, ASIK e TUNC, 2009). (SERRANO, 2012, p 28)

Se for considerada a renda per capita de países desenvolvidos e a renda per capita dos países em desenvolvimento como um indicador de crescimento e for observada a relação ao longo do tempo desse indicador e de índices de qualidade ambiental, ao que parece, apenas os países em desenvolvimento (baixos níveis de renda per capita), o aumento na renda vem acompanhada de uma amplificação na deterioração ambiental. Diferentemente dos países desenvolvidos, onde essa relação é o oposto, quando temos crescimento da renda, a grandeza desses indicadores de degradação ambiental mostra-se menor em termos relativos. Logo, averigua-se que estaria ocorrendo uma transferência das indústrias intensivas em poluição para os países de baixa renda per capita em parte desse diferencial na regulamentação ambiental, segundo pressupõe a Hipótese dos Portos de Poluição (KEARSLEY e RIDDEL, 2010).

### 3.4 ABERTURA COMERCIAL

Choi, Heshmati e Cho (2010) mostraram que a dependência no comércio exterior tem um impacto significativo nas emissões de CO<sub>2</sub>. A variável ABERTURA mostrou um U-invertido com relação às emissões de CO<sub>2</sub>. Conclusões similares foram alcançada por Taskin & Zaim (2000), que afirmam que no início do estágio de livre comércio, existe um aumento na poluição do meio ambiente, mas que quando os países excedem certo nível de abertura comercial as condições para um ambiente menos poluído começam a melhorar. Isto acontece pelo fato de que quanto mais aumentamos a liberalização, mais as pessoas fazem esforços para alcançar padrões internacionais de meio ambiente para o comércio internacional, colaboração e propósitos competitivos.

Copeland & Taylor (1994) investigaram a relação entre livre comércio e qualidade do meio ambiente, e sugeriram que o livre comércio tem três tipos de efeitos nos países. O livre comércio induz as pessoas a se interessarem e compreenderem sobre problemas ambientais, que por sua vez exigem efetivos controles de poluição e melhores políticas ambientais. É desta maneira que a tecnologia (o primeiro efeito), através do livre comércio, tende a melhorar o meio ambiente. O segundo, o efeito escala, onde o livre comércio pode levar ao aumento nos volumes comercializados no mundo, onde cada país aumenta suas produções, que por sua vez pode deteriorar a qualidade do meio ambiente. O terceiro, o efeito composição, descreve que países em desenvolvimento tendem a atrair indústrias intensivas em poluição, e países desenvolvidos tendem a evitar tais indústrias para atraírem investimento estrangeiro direto.

Shafik e Bandyopadhyay (1992) testam a hipótese de que quanto mais aberto o comércio de um país, mais limpo são os processos de produção que emprega. Eles conceituam que a abertura e a concorrência tende a aumentar o investimento em novas tecnologias que incorporam processos mais limpos para atender às normas ambientais mais elevadas. Na melhor das hipóteses, eles encontram uma fraca evidência de que as economias mais abertas poluem menos. A característica comum destes estudos é que eles têm analisado o impacto da orientação política comercial sobre a geração de poluentes. Embora esta seja uma abordagem pertinente e lógica, o estudo não se concentra diretamente sobre o impacto do comércio através do fluxo real de bens entre países.

Embora já haja uma literatura razoável que tente abordar a questão do comércio internacional, alguns autores como Cole (2004) ainda insistem em não haver evidências. Porém, no modelo de dados em painel adotado por ele, mesmo encontrando o comércio internacional como uma variável que ajudaria na dinâmica da CKA, a variável de percentual do setor de manufaturados acabou por confirmar que em países subdesenvolvidos é mais complicado o trajeto da curva de Kuznets ambiental. (BRITO; MELO, 2011, p, 11)

O comércio implica na circulação de mercadorias produzidas em um país para o consumo (ou posterior processamento) em outro, isto mostra que a poluição gerada na produção desses bens está relacionada com o consumo em outro país. Grossman e Krueger (1995) observam que a parte inclinada para baixo do CAK poderia surgir porque, quando os países se desenvolvem, eles deixam de produzir certos bens intensivos em poluição e começam a importa-los de outros países com menos leis restritivas de proteção ambiental. Eles confiam em seu próprio estudo (Grossman e Krueger, 1991; Tobey, 1990) a concluir que a magnitude desse impacto é pequeno. Lucas et al. (1992), por outro lado, apresenta evidências que são consistentes com a hipótese de que uma regulação ambiental mais estrita nos países da OCDE levou a um deslocamento da localização de indústrias poluentes em relação aos países mais pobres. Além disso, Low e Yeats (1992) mostram que as indústrias intensivas de poluição são responsáveis por uma parcela crescente das exportações de alguns países em desenvolvimento, enquanto que no caso das exportações dos países industrializados, a participação de indústrias sujas diminuiu.

## 4 ANÁLISE DESCRITIVA

Neste capítulo será analisado, por meio de modelos de regressão, as relações de causalidade entre emissões de CO<sub>2</sub> e as várias variáveis consideradas como intrinsicamente explicativas da evolução dos níveis de emissões de CO<sub>2</sub>; isto é, a abertura comercial, consumo total de energia, utilização de energia suja, utilização de energia limpa, PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita.

Os países a serem estudados, são Estado Unidos, Canadá, Austrália, Alemanha, Suécia, Brasil, México, China, Índia, Rússia e Japão. Todos os dados são anuais e o período selecionado para essa base de dados foi do ano 1989 a 2009. Esse período de vinte anos foi escolhido pois, tanto como anteriormente a 1989 como posteriormente a 2009, vários dados não estão disponíveis para alguns países, principalmente, para a Rússia que apresenta uma base de dados bem incompleta, o que dificultou a possibilidade de usar um período mais abrangente.

Os países selecionados compõe uma amostra de 11 países, do quais 5 países em desenvolvimento e 6 países já desenvolvidos. Dos países em desenvolvimento, foram escolhidos aqueles do BRIC<sup>6</sup>, mais o México, que são países emergentes considerados estarem em processos de plena expansão de suas capacidades produtivas, especialmente, nas últimas décadas, apresentando crescimentos industriais altos. Dos países desenvolvidos, todos firmam fortes parcerias comerciais com os demais países do grupo de países em desenvolvimento.

Para obter as regressões, foi utilizado o *software* GRETL, que compila e interpreta dados econométricos. As regressões foram ajustadas de forma linear, quadrática e cúbica, para em seguida escolher-se os modelos que melhor se ajustaram.

Os resultados dos modelos de regressões a serem apresentados nas subseções que seguem tem com finalidade evidenciar de forma clara e especificamente para cada país, as relações destacadas no capítulo anterior.

---

<sup>6</sup> BRIC é uma sigla que se refere a Brasil, Rússia, Índia, China, que se destacam no cenário mundial como países em desenvolvimento.

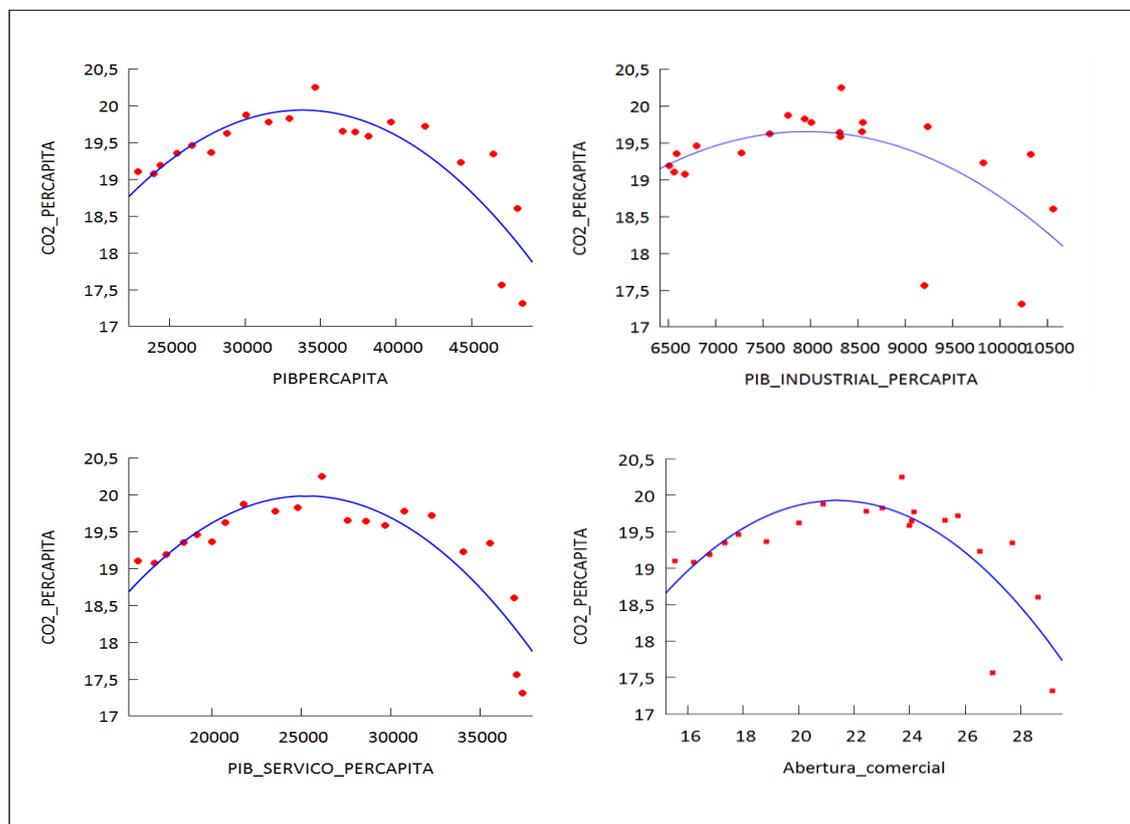
#### 4.1 ESTADOS UNIDOS

Nesta subseção apresenta-se os resultados dos modelos de regressão para os Estados Unidos da América, um país desenvolvido, envolvendo as relações de impacto sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, devido as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.

Apresenta-se na Figura 1 as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pelo EUA, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. No gráfico superior à esquerda da Figura 1, apresenta-se a comparação entre os dados empíricos e a curva de regressão entre a emissão de CO<sub>2</sub> e o PIB per capita, estimada através de um polinômio quadrático, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo A. Conforme observa-se no modelo A.1, este se apresentou adequadamente ajustado, com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, 1% e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado, R<sup>2</sup>, de 0,70. Os resíduos demonstraram-se um comportamento de normalidade. Estas características do modelo demonstra um comportamento característico, o qual pode ser analisado à luz da teoria anteriormente apresentada. Em particular, observa-se no gráfico superior à esquerda da Figura 1 que as emissões de CO<sub>2</sub> aumentam com o crescimento do PIB per capita, contudo, a partir do nível de renda per capita da ordem de US\$ 35.000,00 por ano, inicia-se a queda dos níveis emissões em função do crescimento do PIB per capita, atingindo na atualidade nível de emissão de 17,5kg (*of oil equivalent per capita*). Esta característica da relação entre emissão de CO<sub>2</sub> e PIB per capita para os EUA representada em uma curva de segundo grau (U invertido), conforme a teoria clássica da Curva Ambiental de Kuznets. Tanto o gráfico de PIB de serviço apresentada na parte inferior da Figura 1, como o gráfico do PIB industrial, exposto no canto superior à direita da Figura 1, apresentaram o mesmo comportamento do gráfico do PIB per capita, ostentando as mesmas curvas quadráticas, o primeiro exibindo uma queda nas emissões a partir do nível de renda per capita U\$ 27.000,00 e de U\$ 8.200,00 para o segundo. O modelo A.3 da variável PIB de serviços per capita, apresentado no anexo A, obteve resultados semelhantes ao modelo destacado no parágrafo anterior. Já o modelo A.2 do anexo A, referente ao modelo de regressão entre as Emissões de CO<sub>2</sub> e PIB industrial per capita, resultou em coeficientes locais

insignificante para a constante, e significantes respectivamente, 5% e 5%, e coeficiente de determinação ajustado  $R^2$  0,28. Seu mix de composição (indústria/serviço), que é a participação da indústria per capita e dos serviços per capita no PIB per capita, passou de 28,63%/69,27% em 1989 para 19,58%/78,81% em 2009, ou seja uma queda relativa de 32% na participação da indústria no PIB e um aumento relativo de 14% do serviço no PIB, em um período de vinte anos. Esta queda muito alta da participação da indústria no PIB pode ter sido causada pelas exportações das matrizes de produção industrial para outros países, e intensificação do PIB de serviços na composição do sistema produtivo. Os EUA apresentaram 27% de grau de abertura comercial no ano de 2009, no período de 1989 até 2009 constatou-se um aumento em mais de 11%, de acordo com a Tabela 3 do Anexo L. É visível o início da parte descende da curva no gráfico inferior à direita da Figura 1, que começa a partir dos 22% grau de abertura comercial (valor atingido em 1997), tendo um decréscimo acentuada na emissão de CO<sub>2</sub>, a partir deste ponto de máxima emissão. O modelo da variável Abertura comercial apresentou coeficiente de determinação ajustado  $R^2$  0,60, conforme modelo A.4 do Anexo A, significando que esta variável tem considerável causalidade nas emissões de CO<sub>2</sub>. Esta queda nas emissões de CO<sub>2</sub> em função da abertura comercial, é explicada pelo que quando o grau de abertura comercial

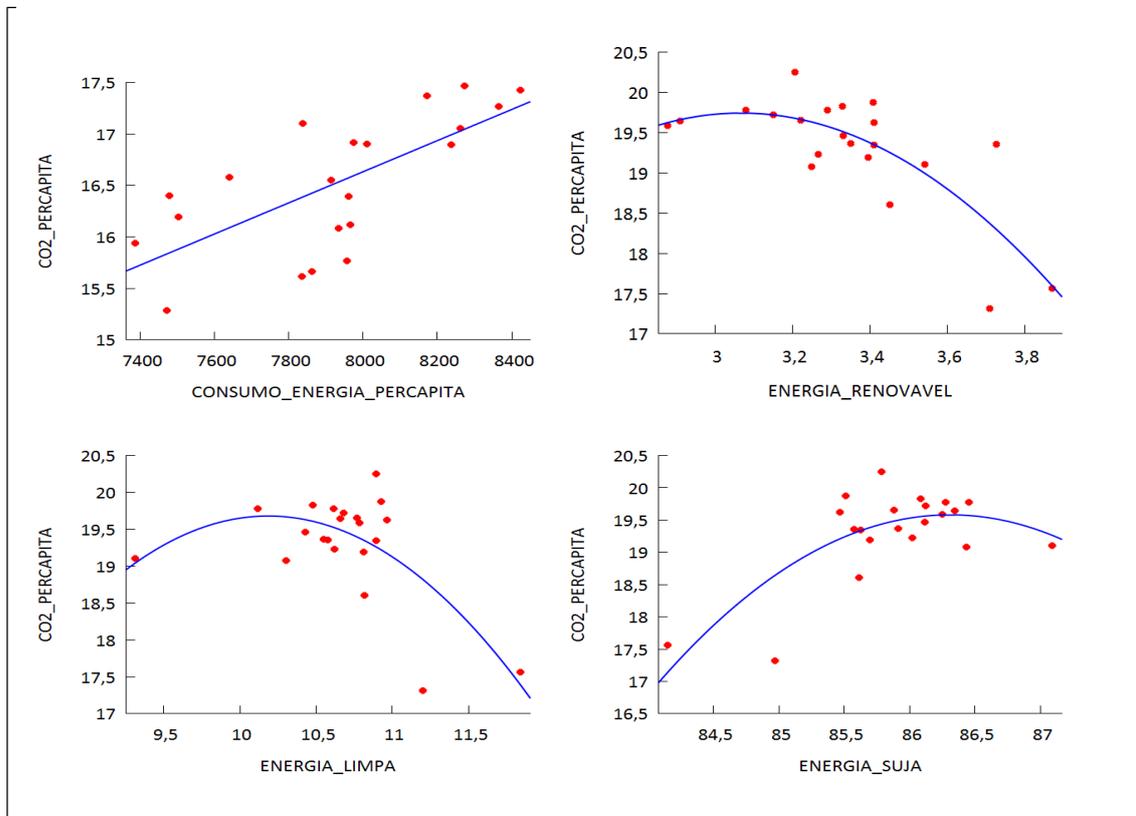
**Figura 1:** Evolução da emissão de CO<sub>2</sub> para USA, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial.



aumenta, ela tende a aumentar o investimento em novas tecnologias que incorporam processos mais limpos para atender às normas ambientais mais elevadas, e quanto mais aumentamos a liberalização, mais as pessoas fazem esforços para alcançar padrões internacionais de meio ambiente para o comércio internacional, colaboração e propósitos competitivos.

Temos na Figura 2, as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pelo EUA, em função do Consumo total de energia, do Uso de energias renováveis, Uso de energia limpas e o Uso de energias sujas. Energicamente, foi analisado, no gráfico superior à esquerda da Figura 2, uma reta positivamente inclinada em relação ao Consumo de energia com as Emissões de CO<sub>2</sub>, que nos mostra que ao aumentar o consumo de energia per capita temos um aumento na liberação de gases poluentes, este apresentou um modelo adequadamente ajustado, conforme modelo A.5 do Anexo A. O restante dos gráficos da Figura 2, que são o Uso de energias renováveis, Uso de energia limpas, Uso de energias sujas, exibiram uma curva de segundo grau virada para baixo. Seus respectivos modelos A.6, A.7 A.8 do Anexo A, também demonstraram estar adequadamente ajustados. Segundo o gráfico superior da direita da Figura 2, que representa às emissões de CO<sub>2</sub> per capita em função do Uso de energias renováveis, foi estimada através de um polinômio de 2º grau, conforme modelo A.6, apresentou-se adequadamente ajustado, com coeficientes locais e global significantes em 1%, e coeficiente de determinação ajustado R<sup>2</sup>, 0,99. Neste gráfico, com curva em formato de U invertido, temos início da queda das emissões de CO<sub>2</sub> a partir do nível de 3,2% do uso de fontes de energias renováveis. Conforme gráfico inferior à esquerda da Figura 2, ao aumentar o nível do uso de fontes de energia limpa ocorre uma forte queda nas emissões de CO<sub>2</sub>. A partir de 10,3% do uso de energia limpa, relativo ao consumo total de energia (nível atingido no ano de 1990, conforme Tabela 2). Como visto na tabela 2 do Anexo L, o uso de fontes limpas no USA teve aumento absoluto de 2,52% de 1989 até 2009, com uma queda absoluta de 2,94% em fontes energéticas sujas, ou seja, o país está priorizando fontes de energias mais limpas à fonte de energias sujas. No gráfico inferior à esquerda da Figura 2, que descreve à relação entre fontes de energia suja e emissões de CO<sub>2</sub>, observa-se que a partir do valor de 86,25 (nível de consumo atingido no ano de 2002, conforme se observa na Tabela 2, no anexo L) inicia-se na curva de energia suja, uma queda na emissão de CO<sub>2</sub>. Pode-se conjecturar que esta pode ser explicada pela introdução de novas tecnologias, mais avançadas, nos processos de produção.

**Figura 2:** Evolução da emissão de CO2 para USA, em função do Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas e Uso de energias sujas.



Conforme Quadro 1, abaixo, refere-se ao modelo de multivariáveis dos EUA, submetido ao método MQO, envolvendo a emissão de CO2 per capita como variável dependente e as seguintes variáveis como explicativas: relPIB, relNRJ e Abertura comercial. Em particular, cabe ressaltar que por motivos de multicolinearidade, tornou-se necessário criar as variáveis relPIB, que é o PIB industrial per capita dividido pelo PIB de serviços per capita, assim como a variável relNRJ, que é a soma das energias renováveis e limpas, dividido pela energia suja, onde este procedimento foi realizado para todos os modelos de múltiplas variáveis dos países analisados. Com esse mecanismo de transformação dessas variáveis tornou-se possível dirimir os efeitos de multicolinearidade entre as variáveis explicativas do modelo, atingindo um grau aceitável. O modelo apresentado no Quadro 1 abaixo demonstra que os resíduos não apresentaram heterocedasticidade e distribuindo-se de forma normal e com média zero, conforme exigência do estimador clássico OLS (Ordinary Square Least) nos resíduos. O modelo apresentou uma significância global em 1%, estimada a partir de do Teste F, e seu coeficiente de determinação ajustado  $R^2$  foi de 0,85, evidenciando ter boa explicação para as emissões de CO<sub>2</sub>. A constante denotou ser insignificante. A variável relPIB foi ajustada por um polinômio quadrático, cujo coeficiente ( $\beta_1$ ) ter sinal positivo e o coeficiente ( $\beta_2$ ) ter sinal

negativo, demonstra um comportamento de uma curva formato de U-invertido. Esses coeficientes apresentaram um nível de significância locais, respectivamente, em 5% e 10%. A explicação para esse comportamento baseia-se no fato de o PIB de serviços ter ganho espaço na composição do PIB. A variável relNRJ, apresentou um reta declinada, com coeficiente local significativo em 1%, esta reta pode ser explicada pela queda no uso de fontes de energia sujas do consumo total de energias. A variável abertura comercial, obteve uma curva de U-invertido, com coeficientes locais significantes em 1% e 1%. As variáveis que mais impactam para redução das emissões por ordem decrescente foram relPIB, relNRJ e Abertura comercial.

**Quadro 1:** Modelo Multivariáveis EUA: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	2,38588	4,91398	0,4855	0,6343	
relPIB	67,4463	30,073	2,2428	0,0404	**
sq_relPIB	-97,2576	47,9458	-2,0285	0,0607	*
relNRJ	-37,3661	10,1805	-3,6704	0,0023	***
Abertura_com	1,07469	0,30697	3,5010	0,0032	***
sq_Abertura_com	-0,0240826	0,00634755	-3,7940	0,0018	***
Média var. dependente	19,30193		D.P. var. dependente	0,712394	
Soma resíd. quadrados	1,404204		E.P. da regressão	0,305963	
R-quadrado	0,861656		R-quadrado ajustado	0,815542	
F(5, 15)	18,68512		P-valor(F)	5,77e-06	
Log da verossimilhança	-1,394664		Critério de Akaike	14,78933	
Critério de Schwarz	21,05646		Critério Hannan-Quinn	16,14946	

**Teste de White para a heteroscedasticidade -**

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 7,93703

com p-valor =  $P(\text{Qui-quadrado}(8) > 7,93703) = 0,439646$

**Teste da normalidade dos resíduos -**

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 1,64037

com p-valor = 0,4403

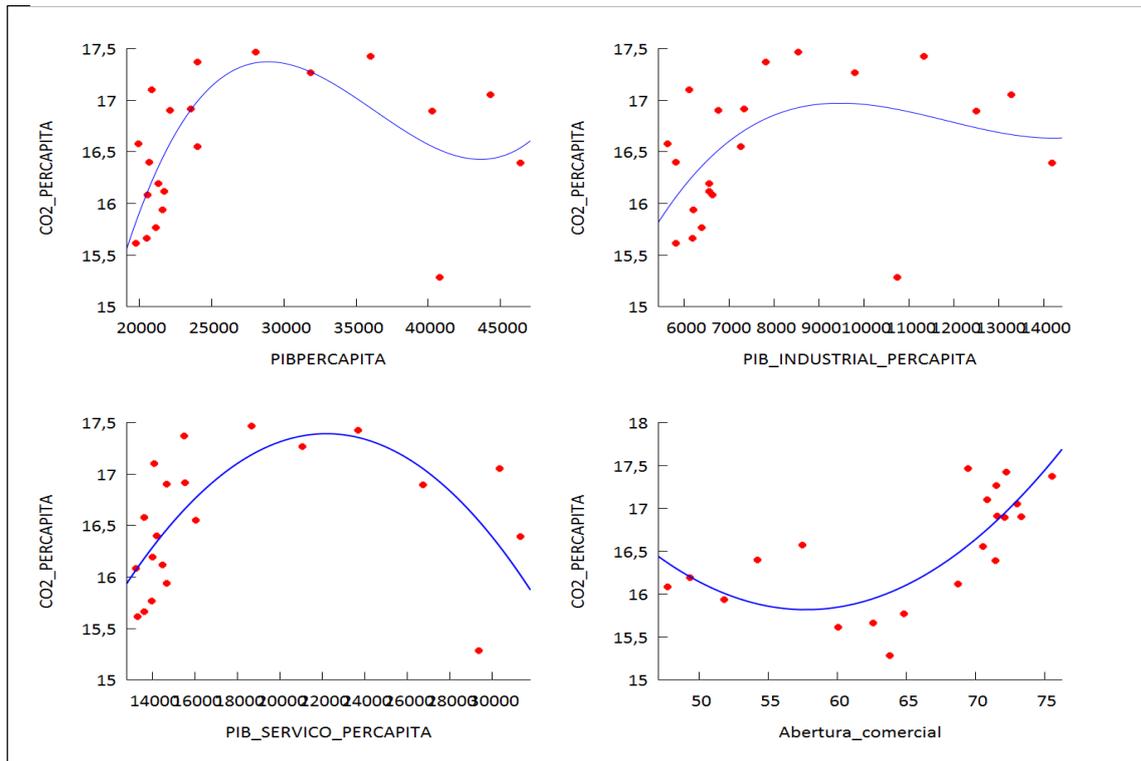
## 4.2 CANADÁ

Nesta subsecção apresenta-se os resultados dos modelos de regressão para o Canadá, um país desenvolvido, envolvendo as relações de impacto sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, devido as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.

Apresenta-se na Figura 3 as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pelo CAN, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial. No gráfico de dispersão superior à esquerda da Figura 3, compara-se a emissão de CO<sub>2</sub> e o PIB per capita, estimada através de um polinômio cúbico, que obteve uma curva de terceiro grau em formato N, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo B. Conforme observa-se no modelo B.1, este se apresentou fracamente ajustado, com a constante insignificante e os demais coeficientes locais significantes, respectivamente, em 5%, 10% e 10%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 5% e um coeficiente de determinação ajustado, R<sup>2</sup> 0,31. Observando a curva, o aumento da renda faz aumentar às emissões até o nível de renda US\$ 30.000,00, então começa a parte descendente da curva, e temos uma quebra dessa tendência a partir do nível de renda US\$ 42.000,00, mas é duvidoso confiar e prever algo a partir dos resultados do modelo B.1, que não oferece resultados muito convincentes, e por esta variável PIB per capita apresentar um coeficiente de determinação baixo. O gráfico da variável PIB Industrial per capita em relação às emissões de CO<sub>2</sub> per capita representada na Figura 3, no canto superior direito, também ostentou uma curva de terceiro grau, tendo um crescimento das emissões ao crescer o PIB industrial per capita, tendo uma quebra dessa tendência ao nível de US\$ 9.000,00 e se estabelecendo a partir do nível de US\$ 13.000,00. Os resultados obtidos, encontram-se no Anexo B, no modelo B.2, onde foi necessário retirar a constante do modelo para este ajustar-se adequadamente, e obteve 1% de significância nos seus coeficiente locais e global, com coeficiente de determinação ajustado R<sup>2</sup> 0,99. O gráfico inferior direito da Figura 3, representa as emissões de CO<sub>2</sub> em função do PIB de serviços, que evidenciou um curva quadrática em forma de U invertido, onde observa-se uma queda das emissões de CO<sub>2</sub> per capita a partir do nível de renda de US\$22.000,00. O modelo B.3 representando este gráfico está situado no Anexo B, que apresenta significâncias locais 1%, juntamente para a significância global. Como os EUA, CAN também teve uma diminuição relativa da participação da indústria per capita no PIB per capita, uma queda de 18% em vinte anos, e um aumento relativo de 12% da participação dos serviços (ver tabela 1, Anexo L), possivelmente o país está exportando suas matrizes industriais poluidoras para países em desenvolvimento, de acordo com a Hipótese dos Portos de Poluição, descrita no capítulo anterior. Em relação à abertura comercial, foi evidenciado uma curva quadrática em U conforme o gráfico situado na parte de baixo à direita da Figura 4, o aumento das emissões de CO<sub>2</sub> foi evidenciado a partir de 60% de grau de abertura comercial. No Anexo B.2, encontra-se o modelo B.4, representando a variável Abertura

comercial, obtendo coeficientes locais significantes, respectivamente, 1%, 1%, 1% e global em 1%, também apresentou e  $R^2$  ajustado 0,55. No último ano analisado, CAN relatou um grau de abertura comercial maior que 63%, tendo um aumento absoluto de 16% em vinte anos (ver Tabela 3, Anexo L). A priori, em teoria, para um país desenvolvido, este aumento na abertura comercial deveria ter sido acompanhado por uma queda nas emissões, que nesse caso foi observado o contrário.

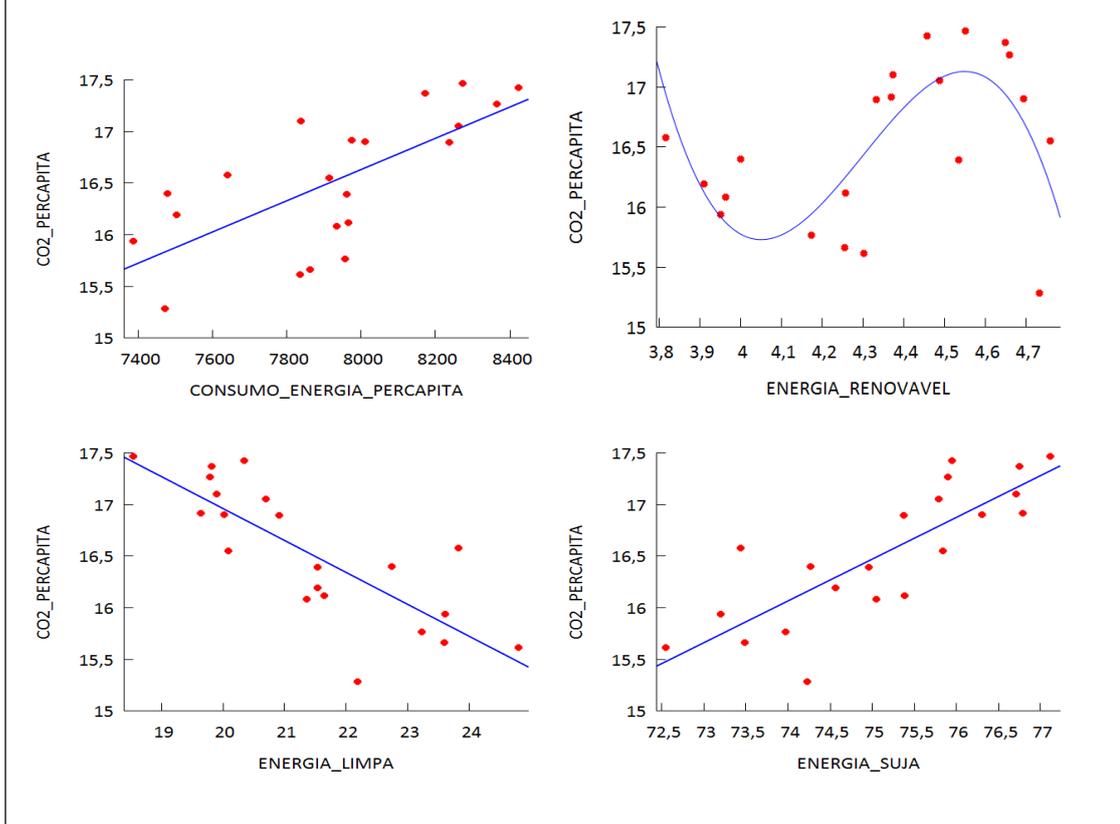
**Figura 3:** Evolução da emissão de CO<sub>2</sub> para o CAN, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial.



Temos na Figura 4, as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pelo CAN, em função do Consumo total de energia, do Uso de energias renováveis, Uso de energia limpas e o Uso de energias sujas. Energicamente, foi analisado, no gráfico superior à esquerda da Figura 4, uma reta positivamente inclinada em relação ao Consumo de energia com as Emissões de CO<sub>2</sub>, que nos mostra que ao aumentar o consumo de energia per capita temos um aumento na liberação de gases poluentes, este apresentou um modelo adequadamente ajustado, conforme modelo B.5 do Anexo B. Segundo o gráfico superior da direita da Figura 4, que representa às emissões de CO<sub>2</sub> per capita em função do Uso de energias renováveis, foi estimada através de um polinômio de 3º grau, apresentou-se adequadamente ajustado, conforme modelo B.6 do Anexo B, com coeficientes locais significantes em 1%, 1%, 1%, e 1%. Também constata-se nesse modelo,

através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 5% e um coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$ , de 0,37. Como observa-se no gráfico, a curva cúbica tem formato de N ao contrário, a primeira parte descendente da curva, mostra que há um queda nos níveis de emissões de  $CO_2$  até o nível 4% de uso de energias renováveis, valor obtido no ano de 1992, a parte ascendente começa no ano de 1994 a partir dos níveis de 4,30% do uso de energias renováveis, então temos a recuperação de tendência no ano de 1999 com níveis de uso de fontes de energias renováveis superiores à 4,60% do uso total de energia, onde qualquer valor acima deste nível faça que ocorra um descimento nos níveis de emissões de  $CO_2$ . O gráfico relacionando o uso de energias limpas com as emissões de  $CO_2$  per capita, situado na parte inferior à esquerda desta mesma figura, obteve um reta negativamente inclinada, demonstrando que para cada aumento na utilização de fontes de energias limpas há um decréscimo nas emissões de  $CO_2$ , no Anexo B, seu o modelo B.7 apresentou um ajustamento adequado e significativo, e coeficiente de determinação ajustado  $R^2$  0,62. O uso de fontes limpas de energia teve um aumento de 0,83% em termos absoluto e uma queda de 0,82% em termos absoluto no uso de fontes sujas (ver Tabela 2, Anexo L). Essa pequena variação mostra que o Canadá também está optando por utilizar mais fontes de energias limpas em vez de energias sujas, mas em um processo não tão contundente.

**Figura 4:** Evolução da emissão de  $CO_2$  para o CAN, em função do Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas e Uso de energias sujas.



Conforme Quadro 2, abaixo, refere-se ao modelo de multivariáveis do CAN, submetido ao método MQO, envolvendo a emissão de CO<sub>2</sub> per capita como variável dependente e as seguintes variáveis como explicativas: relPIB, relNRJ e Abertura comercial. O modelo apresentado no Quadro 2 abaixo, demonstra que os resíduos não apresentaram heterocedasticidade e distribuindo-se de forma normal e com média zero, conforme exigência do estimador clássico OLS nos resíduos. O modelo apresentou uma significância global em 1%, estimada a partir de do Teste F, e seu coeficiente de determinação ajustado R<sup>2</sup> foi de 0,81, evidenciando ter boa explicação para as emissões de CO<sub>2</sub>. A constante apresentou um reta negativamente inclinada, com significância local em 1%. A variável relPIB foi ajustada por um polinômio quadrático, cujo coeficiente ( $\beta_1$ ) ter sinal positivo e o coeficiente ( $\beta_2$ ) ter sinal negativo, demonstra um comportamento de uma curva formato de U-invertido. Esses coeficientes apresentaram um nível de significância locais, respectivamente, em 5% e 5%. A explicação para esse comportamento baseia-se no fato de o PIB de serviços ter ganho espaço na composição do PIB. A variável relNRJ, apresentou um reta declinada, com coeficiente local significativo em 1%, esta reta pode ser explicada pela queda no uso de fontes de energia sujas do consumo total de energias. A variável abertura comercial, obteve uma curva de N, com coeficientes locais significantes em 1%, 1% 1%, respectivamente. As variáveis que mais impactam para redução das emissões por ordem decrescente foram relPIB e relNRJ.

**Quadro 2:** Modelo Multivariáveis CAN: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO<sub>2</sub>\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	-146,27	44,493	-3,2875	0,0054	***
relPIB	89,7639	39,2929	2,2845	0,0385	**
sq_relPIB	-99,134	45,3947	-2,1838	0,0465	**
relNRJ	-22,6419	4,63057	-4,8897	0,0002	***
Abertura_com	7,44367	2,14989	3,4623	0,0038	***
sq_Abertura_com	-0,121393	0,0342214	-3,5473	0,0032	***
cub_Abertura_com	0,000652746	0,000179589	3,6347	0,0027	***
Média var. dependente	16,52194		D.P. var. dependente	0,653062	
Soma resíd. quadrados	1,087547		E.P. da regressão	0,278715	
R-quadrado	0,872500		R-quadrado ajustado	0,817857	
F(6, 14)	15,96734		P-valor(F)	0,000016	
Log da verossimilhança	1,288566		Critério de Akaike	11,42287	
Critério de Schwarz	18,73452		Critério Hannan-Quinn	13,00968	

**Teste de White para a heteroscedasticidade -**

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 9,11899

com p-valor = P(Qui-quadrado(10) > 9,11899) = 0,520849

**Teste da normalidade dos resíduos -**

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 3,35595

com p-valor = 0,186752

### 4.3 AUSTRÁLIA

Nesta subseção apresenta-se os resultados dos modelos de regressão para a Austrália, um país desenvolvido, envolvendo as relações de impacto sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, devido as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.

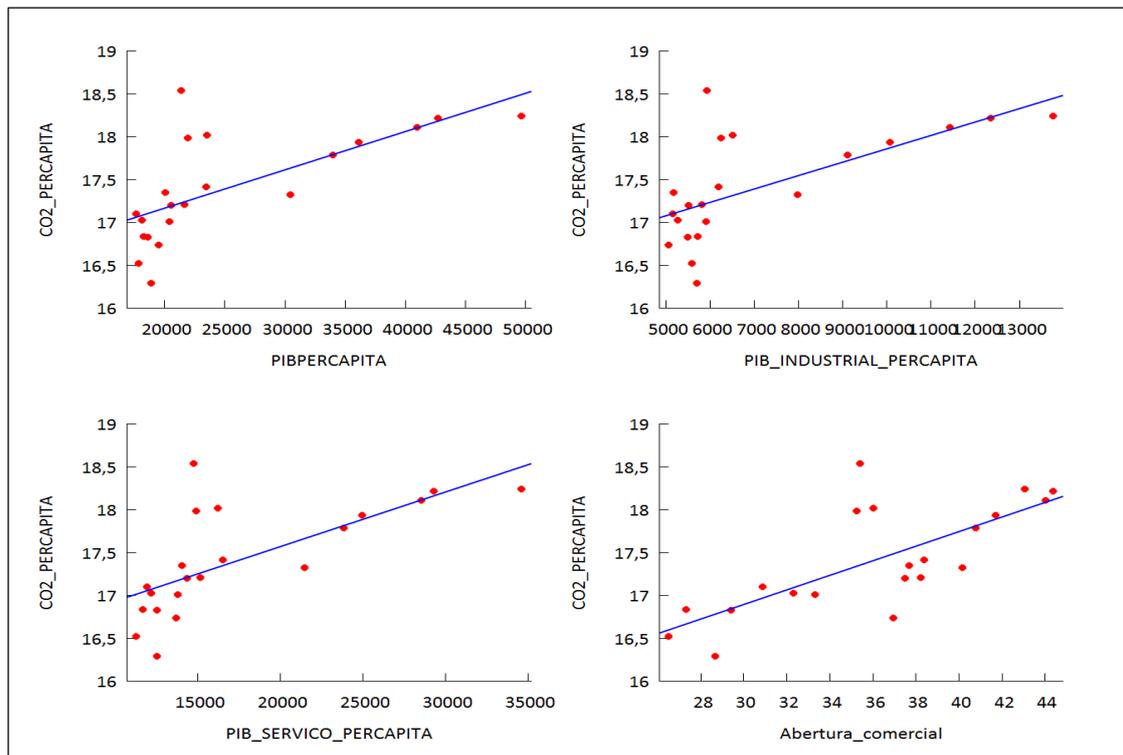
Apresenta-se na Figura 5 as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pela AUS, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. No gráfico superior à esquerda desta figura, temos a comparação entre os dados empíricos e a curva de regressão entre a emissão de CO<sub>2</sub> e o PIB per capita, estimada através de uma função linear, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo C. Conforme observa-se no modelo C.1, este se apresentou adequadamente ajustado, com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado, R<sup>2</sup>, de 0,43. O modelo C.2 da variável PIB industrial per capita e o modelo C.3 da variável PIB de serviços per capita, que se encontram no Anexo C, obtiveram resultados semelhantes ao modelo C.1. Constata-se que o país parece encontrar-se na parte ascendente da CAK, algo atípico na teoria para um país desenvolvido. Todos os gráficos ilustrados na Figura 5, exibiram uma reta linear com inclinação positiva, ou seja, na medida que o nível das variáveis aumentam, os níveis de emissões de CO<sub>2</sub> per capita também aumentam, mesmo o país apresentando uma diminuição relativa de 8% na indústria e um aumento da mesma magnitude na participação dos serviços no PIB de 1989 até 2009, segundo Tabela 1 do Anexo L. Uma das explicações para essa tendência inesperada na teoria para um país desenvolvido, é do fato da Austrália ter ratificado o Protocolo de Kyoto apenas no ano de 2007<sup>7</sup>, evidenciando que este país não tinha se comprometido em adotar políticas relacionadas à redução de emissões de CO<sub>2</sub> até então. Analisando o gráfico inferior à direita da Figura 6, o aumento do grau da abertura comercial da Austrália tem influenciado o aumento das emissões de CO<sub>2</sub> per capita. De acordo

---

<sup>7</sup> Informações sobre a ratificação do Protocolo de Kyoto por parte da Austrália, disponível em: <[http://www.bbc.com/portuguese/reporterbbc/story/2007/12/071203\\_australiakyotofn.shtml](http://www.bbc.com/portuguese/reporterbbc/story/2007/12/071203_australiakyotofn.shtml)>

com o comportamento de suas variáveis e da teoria estudada, a Austrália que é um país desenvolvido, tem apresentado um comportamento de um país em desenvolvimento.

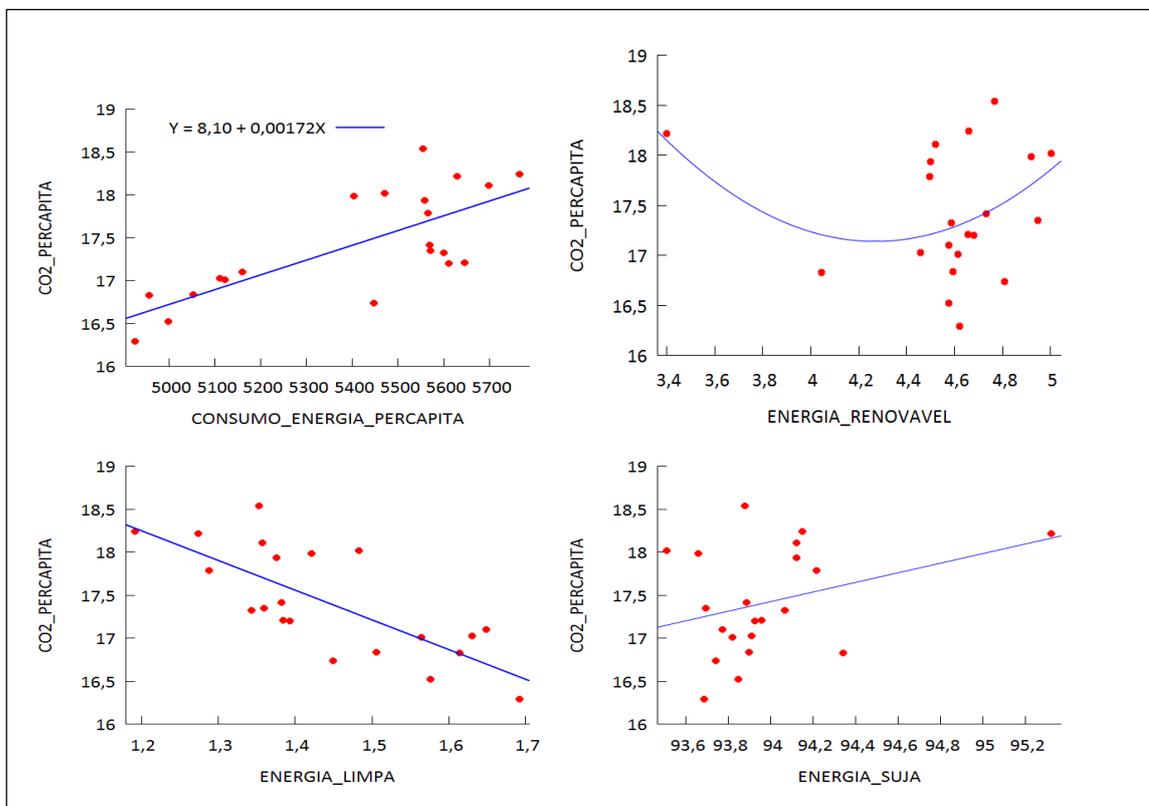
**Figura 5:** Evolução da emissão de CO<sub>2</sub> para a AUS, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial.



Temos na Figura 6, as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pela AUS, em função do Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, do Uso de energias limpas e o Uso de energias sujas. Os gráficos situados à esquerda da Figura 6 tiveram um ajustamento linear e os resultados obtidos nos modelos da variável Consumo de Energia e Uso de energias limpas, C.5 e C.7, respectivamente, que se encontram no Anexo C, apresentaram significância 1% nos seus coeficientes locais como também para o coeficiente global através do p-valor da estatística F estimada, e seus coeficientes de determinação ajustado R<sup>2</sup> ficaram por volta de 0,50, revelando que estas variáveis tem boa causalidade sobre a variável dependente. Os resultados obtidos do modelo C.8 referente a variável do Uso de energias sujas, situado no Anexo C, não apresentaram nenhuma significância. O uso de energias renováveis, localizado graficamente na parte superior à direita da Figura 6, estimada através de um polinômio quadrático, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo C. Conforme observa-se no modelo C.6, este

se apresentou adequadamente ajustado, com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, 10% e 10%. Mas também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta coeficiente global insignificante e um coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$ , de 0,07. Conforme Tabela 2 do Anexo L, em 1989, do total das fontes de energias utilizadas, 1,58% eram de fontes limpas, que passou para 1,27% em 2009, uma diminuição relativa de quase 20%, como também uma queda absoluta de 1,17% no uso de energias renováveis para o mesmo período. Nesse período também tivemos um aumento absoluto de 1,48% no uso de fontes energéticas sujas, carvão mineral principalmente. Em 2007 a Austrália era o 10º maior consumidor de carvão do mundo, consumindo 1,7% do total mundial, e 3º maior produtor deste insumo, provocando significativos impactos ambientais pelo processo de produção, extração e combustão. Este pode ser o motivo pelo qual a Austrália não conquistou resultados significativos para reduzir suas emissões.

**Figura 6:** Evolução da emissão de CO2 para a AUS, em função do Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas e Uso de energias sujas.



Conforme Quadro 3, abaixo, refere-se ao modelo de multivariáveis da AUS, submetido ao método MQO, envolvendo a emissão de CO<sub>2</sub> per capita como variável dependente e as seguintes variáveis como explicativas: relPIB, relNRJ e Abertura comercial. O modelo apresentado no Quadro 3 abaixo demonstra que os resíduos não apresentaram heterocedasticidade, mas distribuíram-se de forma anormal e com média diferente de zero, não apresentando todas as exigências do estimador clássico OSL (Ordinary Square Least) nos resíduos. O modelo apresentou uma significância global em 1%, estimada a partir de do Teste F, e seu coeficiente de determinação ajustado R<sup>2</sup> foi de 0,99, evidenciando ter forte grau de explicação para as emissões de CO<sub>2</sub>. A constante necessitou ser omitida do modelo. A variável relPIB foi ajustada por um equação linear, cujo coeficiente ( $\beta_1$ ) possui sinal positivo, demonstra um comportamento de uma reta positivamente inclinada. Esse coeficiente apresentou um nível de significância local, respectivamente, em 1%. A explicação para esse comportamento baseia-se no fato de o PIB industrial apresentar grande parcela na composição do PIB. A variável relNRJ, apresentou um reta positivamente inclinada, com coeficiente local significativo em 1%, esta reta pode ser explicada pela aumento no uso de fontes de energia sujas do consumo total de energias, fenômeno atípico para um país desenvolvido. A variável abertura comercial, ostentou uma reta positivamente inclinada, com coeficiente local significativo em 1%. As variáveis que mais impactam para o aumento das emissões por ordem decrescente foram, relNRJ, relPIB e Abertura comercial. A Austrália, um país desenvolvido, tem obtido um comportamento digno de um país em desenvolvimento.

**Quadro 3:** Modelo Multivariáveis AUS: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO<sub>2</sub>\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
relPIB	14,2873	2,25073	6,3478	<0,0001	***
relNRJ	74,0088	17,1923	4,3048	0,0004	***
Abertura_com	0,187805	0,0148936	12,6097	<0,0001	***
Média var. dependente	17,41316		D.P. var. dependente	0,628057	
Soma resíd. quadrados	3,682410		E.P. da regressão	0,452303	
R-quadrado	0,999422		R-quadrado ajustado	0,999358	
F(3, 18)	10381,99		P-valor(F)	2,52e-29	
Log da verossimilhança	-11,51768		Critério de Akaike	29,03536	
Critério de Schwarz	32,16893		Critério Hannan-Quinn	29,71543	

**Teste de White para a heteroscedasticidade -**

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 2,4994

com p-valor = P(Qui-quadrado(9) > 2,4994) = 0,9809

**Teste da normalidade dos resíduos -**

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 7,39035

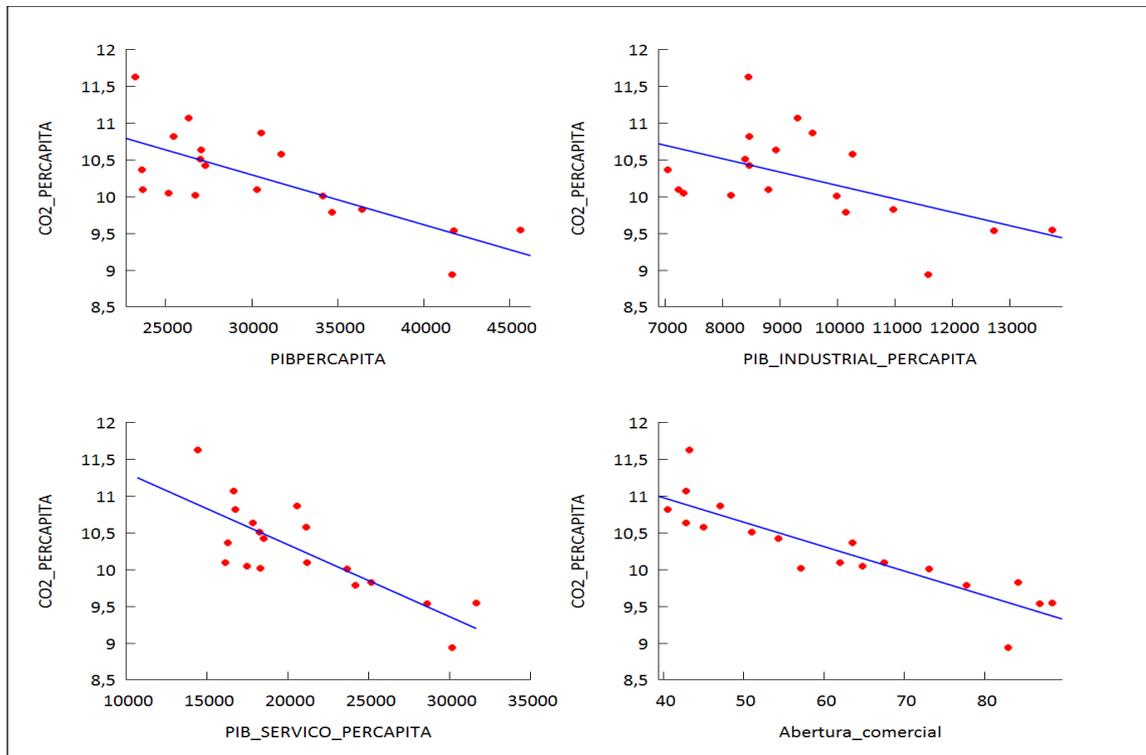
com p-valor = 0,0248431

#### 4.4 ALEMANHA

Nesta subseção apresenta-se os resultados dos modelos de regressão para a Alemanha, um país desenvolvido, envolvendo as relações de impacto sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, devido as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.

Apresenta-se na Figura 7 as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pela ALE, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita. No gráfico superior à esquerda da Figura 7, apresenta-se a comparação entre os dados empíricos e a curva de regressão entre a emissão de CO<sub>2</sub> e o PIB per capita, estimada através de uma equação de 1º grau, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo D. Conforme observa-se no modelo D.1, este se apresentou adequadamente ajustado, com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado, R<sup>2</sup>, de 0,51. Os modelos D.2, D.3 e D.4, do Anexo D, que representam o PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial, respectivamente, apresentaram resultados semelhantes ao modelo D.1. Todos os gráficos ilustrados na Figura 7 possuem uma trajetória linear negativa em relação às emissões de gás carbônico, tendo uma redução desta em contrapartida do aumento das variáveis explicativas. Conforme a teoria estudada no capítulo anterior, este país já atingiu alto nível de desenvolvimento e o aumento do nível de renda não acarreta mais em um aumento nas poluições. Essa diminuição nas emissões pode ser causada pelos investimentos aplicados em tecnologia para processos menos poluidores nas indústrias, e o fato de que a parte de serviços ser muito pouco poluidora. Também pode ser explicado pela exportação de suas matrizes produtoras, pois tivemos uma redução relativa de 26% da indústria na participação do PIB de 1989 à 2009, e também é constatado um crescimento relativo de 20% da participação dos serviços no PIB, como constatado na tabela 1 do Anexo L. A abertura comercial causou uma diminuição nas emissões. Seu grau de abertura em 2009 foi de 83%, uma variação absoluta de 42% desde 1989 (ver Tabela 3, Anexo L).

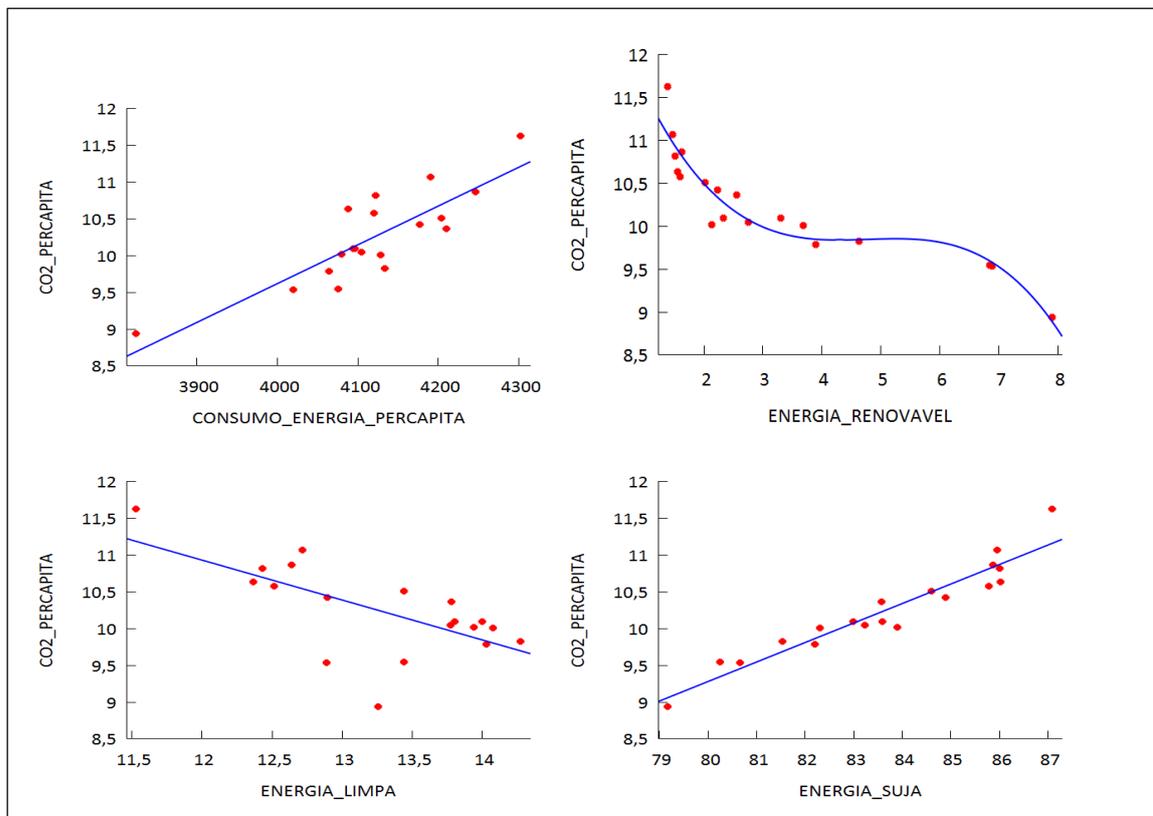
**Figura 7:** Evolução da emissão de CO<sub>2</sub> para a GER, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial.



Temos na Figura 8, as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pela ALE, em função do Consumo total de energia, do Uso de energias renováveis, do Uso de energias limpas e o Uso de energias sujas. Os gráficos da Figura 8, tirando o gráfico da variável Uso de energia renovável, tiveram um ajustamento linear e os resultados obtidos nos modelos da variável Consumo de Energia, Uso de energias limpas, Uso de Energia Sujas D.5, D.7 e D.8, respectivamente, que se encontram no Anexo D, apresentaram significância 1% nos seus coeficientes locais como também para o coeficiente global através do p-valor da estatística F estimada. Como era esperado, no gráfico superior à esquerda da Figura 8, um maior consumo de energia, acarreta ao um aumento das emissões de CO<sub>2</sub>. Já, os gráficos do Uso de energias limpas e de energias sujas da mesma figura, tiveram um reta declinada em relação às emissões, ou seja, uma elevação nos níveis dessas variáveis independentes, fomenta uma queda nos níveis de poluição. O gráfico superior à direita da Figura 8, representando às emissões de CO<sub>2</sub> per capita *versus* Uso de energias renováveis, foi estimada através de um polinômio de 3º grau, apresentou-se adequadamente ajustado, conforme modelo D.6 do Anexo D, com coeficientes locais significantes em 1%, 1%, 1%, e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 5% e um

coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$ , de 0,86. Mostrando que entre os níveis de 3% à 7% de uso de fontes de energias renováveis, temos uma estabilização das emissões de  $\text{CO}_2$  no nível de 9,75kg (*of oil equivalent per capita*), e posteriormente ao nível de 7% de uso de fontes de energias renováveis temos decréscimo das emissões de  $\text{CO}_2$ . Alemanha vem reduzindo sua dependência em relação às energias sujas, com uma diminuição absoluta de mais de 7% entre 1989 e 2009. Seu pequeno aumento absoluto em 0,9% em energias limpas e de 6,7% em fontes de energias renováveis, para o mesmo período de 1989 à 2009, já proporcionou uma boa queda nas emissões, (ver Tabela 2, Anexo L). Em 2006 o consumo energético foi cumprida pelas seguintes fontes<sup>8</sup>: petróleo (35,7%), carvão, incluindo lignite (23,9%), gás natural (22,8%), nuclear (12,6%), energia hidráulica e eólica (1,3%) e outros (3,7%). Em notícias e dados mais recentes, nota-se que a Alemanha vem fortemente investindo em políticas ambientais e em fontes de energias limpas. Conforme os gráficos e resultados obtidos, é correto

**Figura 8:** Evolução da emissão de  $\text{CO}_2$  para a GER, em função do Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas e Uso de energias sujas.



<sup>8</sup> Dados sobre as fontes de energias utilizadas, disponíveis acessando: <<http://www.dw.de/c/C3%BApula-energ%C3%A9tica-discute-futuro-do-setor/a-1952881>>

sustentar a ideia de que a Alemanha já se encontra na parte descendente da Curva Ambiental de Kuznets.

Conforme Quadro 4, abaixo, refere-se ao modelo de multivariáveis da ALE, submetido ao método MQO, envolvendo a emissão de CO<sub>2</sub> per capita como variável dependente e as seguintes variáveis como explicativas: relPIB, relNRJ e Abertura comercial. Em particular, cabe ressaltar novamente, que por motivos de multicolinearidade, tornou-se necessário criar as variáveis relPIB, que é o PIB industrial per capita dividido pelo PIB de serviços per capita, assim como a variável relNRJ, que é a soma das energias renováveis e limpas, dividido pela energia suja. Com esse mecanismo de transformação dessas variáveis tornou-se possível dirimir os efeitos de multicolinearidade entre as variáveis explicativas do modelo, atingindo um grau aceitável. O modelo apresentado no Quadro 4 abaixo demonstra que os resíduos não apresentaram heterocedasticidade e distribuindo-se de forma normal e com média zero, conforme exigência do estimador clássico OLS nos resíduos. O modelo apresentou uma significância global em 1%, estimada a partir de do Teste F, e seu coeficiente de determinação ajustado R<sup>2</sup> foi de 0,94, evidenciando ter alto nível de explicação para as emissões de CO<sub>2</sub>. A constante mostrou-se positiva, com significância local respectivamente em 1%. A variável relPIB foi ajustada por um equação linear, cujo coeficiente ( $\beta_1$ ) possui sinal positivo, demonstra um comportamento de uma reta positivamente inclinada. Esse coeficiente apresentou um nível de significância local, respectivamente, em 1%. A variável relNRJ, apresentou um reta declinada, com coeficiente local significante em 1%, esta reta pode ser explicada pela queda no uso de fontes de energia sujas do consumo total de energias. A variável abertura comercial, ostentou uma reta positivamente inclinada, com significância local respectivamente em 10%. A variável relNRJ, foi a mais impactante em relação às demais variáveis sobre seu efeito nas emissões de CO<sub>2</sub>, além de ter possuir o coeficiente de maior magnitude, o sinal do coeficiente foi negativo, evidenciando uma queda nos níveis de emissões. A abertura comercial impactou positivamente as emissões de CO<sub>2</sub> per capita, mas vale lembrar que a significância do seu coeficiente local foi de 10%. A variável relPIB, possuiu fraca magnitude em seu coeficiente, não elevando demasiadamente os níveis de emissões de CO<sub>2</sub>.

**Quadro 4:** Modelo Multivariáveis ALE: MQO, usando as observações 3-21 (n = 19)  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	10,8681	0,783569	13,8700	<0,0001	***
relPIB	4,72706	1,06629	4,4332	0,0005	***
relNRJ	-18,7476	4,03386	-4,6476	0,0003	***
Abertura_com	0,0147205	0,00802184	1,8351	0,0864	*
Média var. dependente	10,25000		D.P. var. dependente	0,621027	
Soma resíd. quadrados	0,319809		E.P. da regressão	0,146016	
R-quadrado	0,953932		R-quadrado ajustado	0,944719	
F(3, 15)	103,5359		P-valor(F)	3,00e-10	
Log da verossimilhança	11,84264		Critério de Akaike	-15,68529	
Critério de Schwarz	-11,90753		Critério Hannan-Quinn	-15,04594	

**Teste de White para a heteroscedasticidade -**

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 8,20622

com p-valor =  $P(\text{Qui-quadrado}(9) > 8,20622) = 0,513506$

**Teste da normalidade dos resíduos -**

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 1,76681

com p-valor = 0,413374

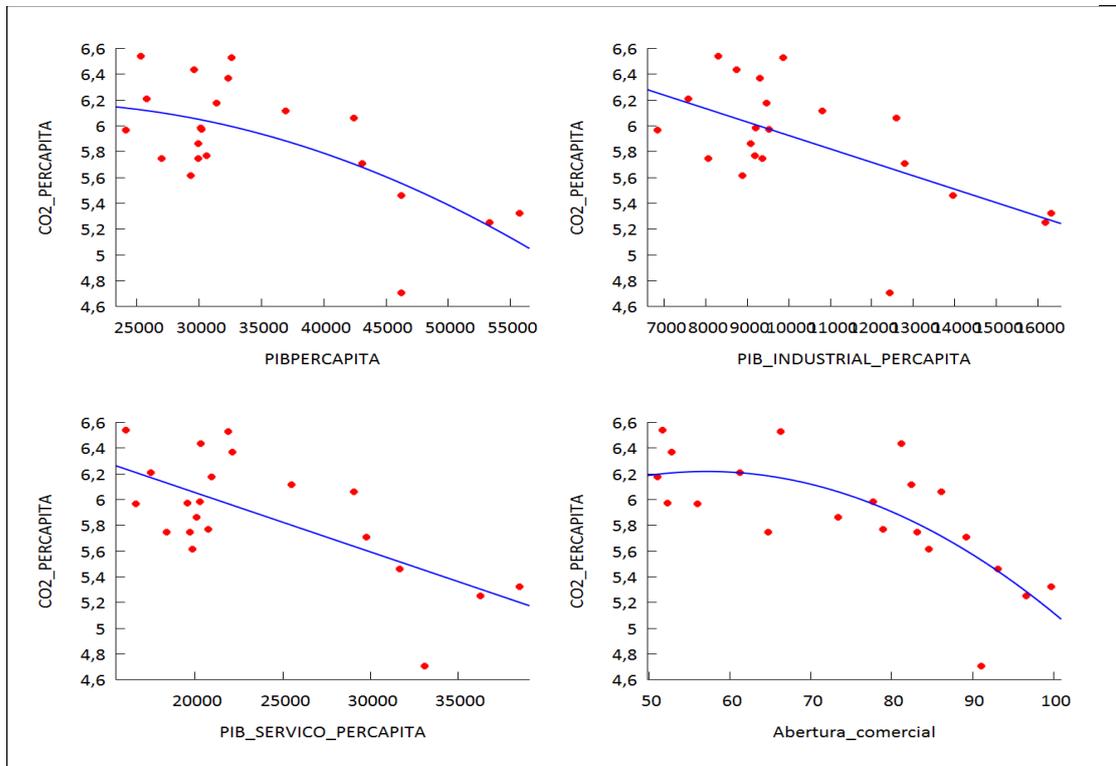
#### 4.5 SUÉCIA

Nesta subsecção apresenta-se os resultados dos modelos de regressão para a Suécia, um país desenvolvido, envolvendo as relações de impacto sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, devido as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.

Expõe-se na Figura 9 as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pela SUE, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial. No gráfico superior à esquerda da Figura 9, apresenta-se a comparação entre os dados empíricos e a curva de regressão entre a emissão de CO<sub>2</sub> e o PIB per capita, estimada através de um polinômio de 2º grau, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo E. Conforme observa-se no modelo E.1, este se apresentou adequadamente ajustado retirando o coeficiente PIBPERCAPITA, com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado, R<sup>2</sup>, de 0,40. Mesmo o gráfico da Emissões de CO<sub>2</sub> versus PIB per capita, exibindo um ajustamento quadrático, sua curva, desde do ano 1989, já iniciou-se na parte descendente, confirmando a

teoria de que para países desenvolvidos, a partir de certo limiar, todo aumento no PIB per capita, ocorre uma queda nas emissões e uma melhora na qualidade ambiental, ou seja, este país já se qualifica como estando na parte descendente da CAK. O gráfico inferior à direita da mesma figura, representa a comparação entre os dados empíricos e a curva de regressão entre a emissão de CO<sub>2</sub> e Abertura comercial, estimada através de um polinômio quadrático, cujos os resultados encontram-se apresentados no modelo E.4 do Anexo E.1. Este apresentou resultado parecidos com o modelo anterior, com significâncias locais e global da mesma categoria, com coeficiente de determinação R<sup>2</sup> 0,46, necessitando retirar o segundo coeficiente para este se ajustar adequadamente. Nota-se pela curva exibida no gráfico, que próximo à 60% de grau de abertura, obtido no ano de 1994, temos início a parte negativa da curva. A Suécia já chegou a apresentar um grau de abertura de quase 100% em 2008, 91% em 2009 e 52% em 1989, de acordo com a Tabela 3 do Anexo L, colocando-se como o país com maior grau de abertura comercial entre todos analisados da amostra, comprovando a teoria de que quanto maior o grau de abertura comercial maior serão os benefícios do livre comércio que induz as pessoas a se interessarem e compreenderem sobre problemas ambientais, que por sua vez exigem efetivos controles de poluição e melhores políticas ambientais, e a tecnologia através do livre comércio, tende a melhorar o meio ambiente. Para os demais gráficos situados na parte inferior da Figura 9, representando às emissões de CO<sub>2</sub> per capita em função do PIB industrial per capita e o PIB de serviços per capita, respectivamente, ostentaram retas negativamente inclinadas, e seus modelos E.2 e E.3, do Anexo E, obtiveram resultados muito próximos, com significâncias locais em 1% e 1% e significância global em 1%, com coeficientes de determinação ajustados R<sup>2</sup> em volta de 0,40. Sua composição de indústria/serviços na participação do PIB, consoante à Tabela 1, passou de 32,81/63,32 pontos percentuais em 1989 para 26,92/71,61 em 2009, representando uma diminuição relativa de 18% da indústria e um aumento de 13% para os serviços em relação às suas participações no PIB. Esta tendência e resultados, evidenciam um avanço nas tecnologias utilizadas na indústrias intensivas em poluição, e o descolamentos destas para outros países com leis de regulamentações ambientais menos rigorosas.

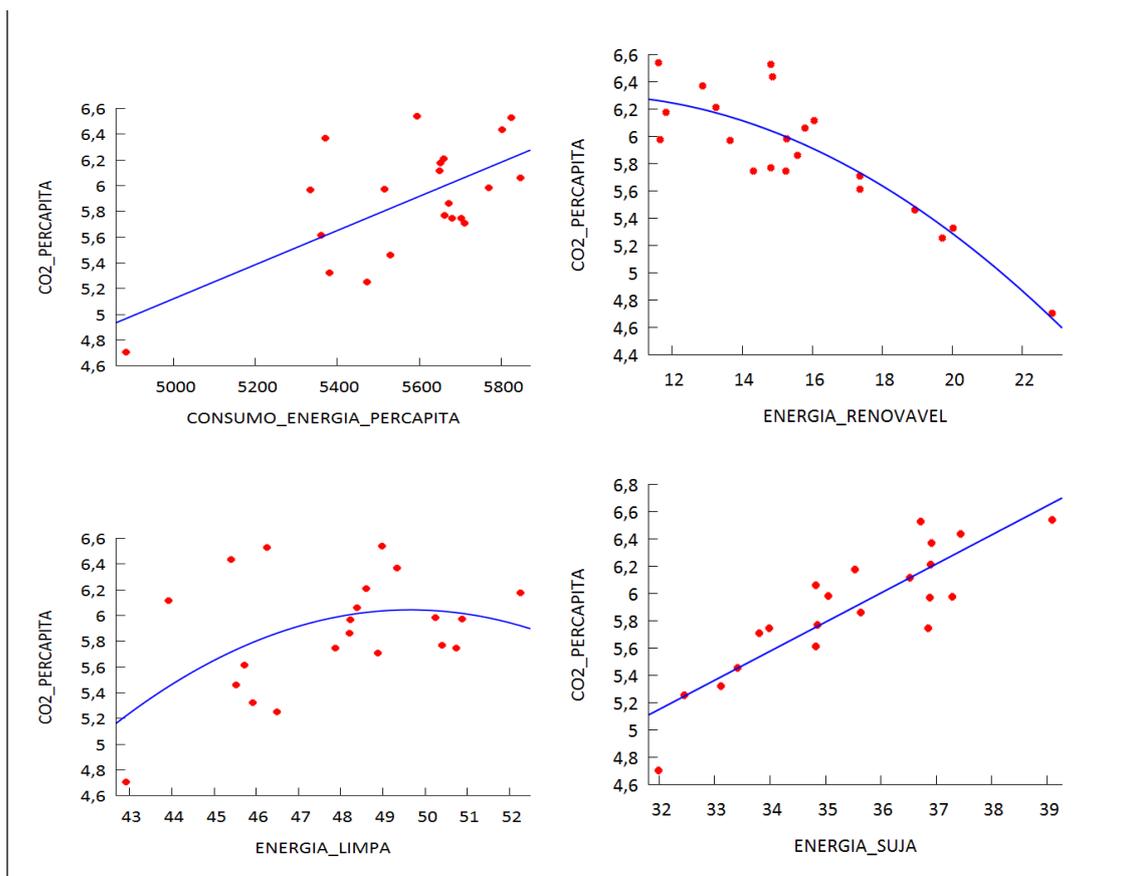
**Figura 9:** Evolução da emissão de CO<sub>2</sub> para a SWE, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial.



Como era pressentido, no gráfico superior à esquerda da Figura 10, ostentando um reta positivamente inclinada, um maior consumo de energia, acarreta ao um aumento das emissões de CO<sub>2</sub>. O uso de energias renováveis, ilustrado graficamente na parte superior direita da Figura 10, apresentou um curva quadrática negativa, já possuindo tendência de queda no início curva, onde este apresentou um modelo adequadamente ajustado, conforme modelo E.6 do Anexo E, que necessitou a omissão do coeficiente RENOVAVEL, obtendo significância nos coeficientes locais em 1% e 1%, respectivamente, e através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$  0,74. O gráfico localizado na parte inferior do canto esquerdo, representando a relação entre emissões de CO<sub>2</sub> e uso de fontes de energias limpas, denotou uma curva de segundo grau, que no primeiro instante influenciava positivamente às emissões, até alcançar, em 1998, o nível de 50% de uso de fontes de energias limpas, onde passou a afetar negativamente às emissões de CO<sub>2</sub>, para cada nível superior à este. Os resultados do modelo E.7 referente ao Uso de energias limpas, localiza-se no Anexo E, e mostrou-se adequadamente ajustado com omissão do coeficiente ENERGIA\_LIMPA, mas obteve fraco coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$  0,10. De acordo com a Tabela 2, do Anexo L, tivemos uma queda da

participação das energias limpas no total das fontes de energias utilizadas, que passou de 49% em 1989 e 43% em 2009. Mas esta participação continua a ser a mais predominante em relação a todos os países selecionados para a pesquisa. Também é importante comentar que a Suécia não teve aumento das energias sujas ao longo do período estudado, manifestando um queda absoluta de 7,11 pontos percentuais para o período estudado (1989 à 2009). Nota-se um crescimento absoluto de 11,26% para o mesmo período no tocante ao uso de energias de fontes renováveis. Sua diminuição de emissões também tem forte relação ao tipo de fonte de energia, em dados mais recentes, 41,5%<sup>9</sup> de sua energia provém de suas usinas nucleares. Denota-se que a Suécia possui forte conscientização sobre o meio ambiente, como também intenso alinhamento às estritas regulamentações ambientais vigentes. Fato compreendido à luz da teoria, justificando que país com alta renda per capita e grande nível de abertura comercial, apoderam e investem em geração de energia mais limpas.

**Figura 10:** Evolução da emissão de CO<sub>2</sub> para a SUE, em função do Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas e Uso de energias sujas.



<sup>9</sup> Informações sobre a participação de energia nuclear, disponível em: <http://www.iaea.org/pris/WorldStatistics/NuclearShareofElectricityGeneration.aspx>

Conforme Quadro 5 abaixo, refere-se ao modelo de multivariáveis da SUE, submetido ao método MQO, envolvendo a emissão de CO<sub>2</sub> per capita como variável dependente e as seguintes variáveis como explicativas: relPIB, relNRJ e Abertura comercial. O modelo apresentado no Quadro 5 abaixo demonstra que os resíduos não apresentaram heterocedasticidade e distribuindo-se de forma normal e com média zero, conforme exigência do estimador clássico OSL (Ordinary Square Least) nos resíduos. O modelo apresentou uma significância global em 1%, estimada a partir de do Teste F, e seu coeficiente de determinação ajustado R<sup>2</sup> foi de 0,85, evidenciando ter boa explicação para as emissões de CO<sub>2</sub>. A constante mostrou-se positiva e apresentou significância 1% no coeficiente local. A variável relPIB foi ajustada por um polinômio quadrático, cujo coeficiente ( $\beta_1$ ) ter sinal positivo e o coeficiente ( $\beta_2$ ) ter sinal negativo, demonstra um comportamento de uma curva formato de U-invertido. Esses coeficientes apresentaram um nível de significância locais, respectivamente, em 1% e 1%. A explicação para esse comportamento baseia-se no fato de o PIB de serviços ter ganho espaço na composição do PIB. A variável relNRJ, apresentou uma curva cúbica, denotando um formato de N ao contrário, cujo os sinais dos coeficientes foi negativo em ( $\beta_1$ ), positivo em ( $\beta_2$ ) e negativo em ( $\beta_3$ ), com nível de significância nos coeficientes locais, respectivamente em 1%, 1% e 1%. Esta curva pode ser explicada pela queda no uso de fontes de energia sujas do consumo total de energias. A variável abertura comercial, apresentou uma reta negativamente inclinada, com coeficiente local significante em 5%. As variáveis que mais impactam para redução das emissões por ordem decrescente foram relNRJ, relPIB e Abertura comercial.

**Quadro 5:** Modelo Multivariáveis SUE: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO<sub>2</sub>\_PERCAPITA

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	354,178	98,2505	3,6048	0,0029	***
relPIB	133,792	39,602	3,3784	0,0045	***
sq_relPIB	-153,184	44,6496	-3,4308	0,0041	***
relNRJ	-614,432	165,391	-3,7150	0,0023	***
sq_relNRJ	333,914	90,8011	3,6774	0,0025	***
cub_relNRJ	-60,4329	16,5672	-3,6477	0,0026	***
Abertura_com	-0,0130655	0,00471116	-2,7733	0,0149	**
Média var. dependente	5,883623		D.P. var. dependente	0,453904	
Soma resíd. quadrados	0,412820		E.P. da regressão	0,171718	
R-quadrado	0,899815		R-quadrado ajustado	0,856878	
F(6, 14)	20,95685		P-valor(F)	3,04e-06	
Log da verossimilhança	11,45958		Critério de Akaike	-8,919151	
Critério de Schwarz	-1,607494		Critério Hannan-Quinn	-7,332334	

**Teste de White para a heteroscedasticidade -**

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 3,56818

com p-valor =  $P(\text{Qui-quadrado}(10) > 3,56818) = 0,964733$ **Teste da normalidade dos resíduos -**

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 2,52515

com p-valor = 0,282924

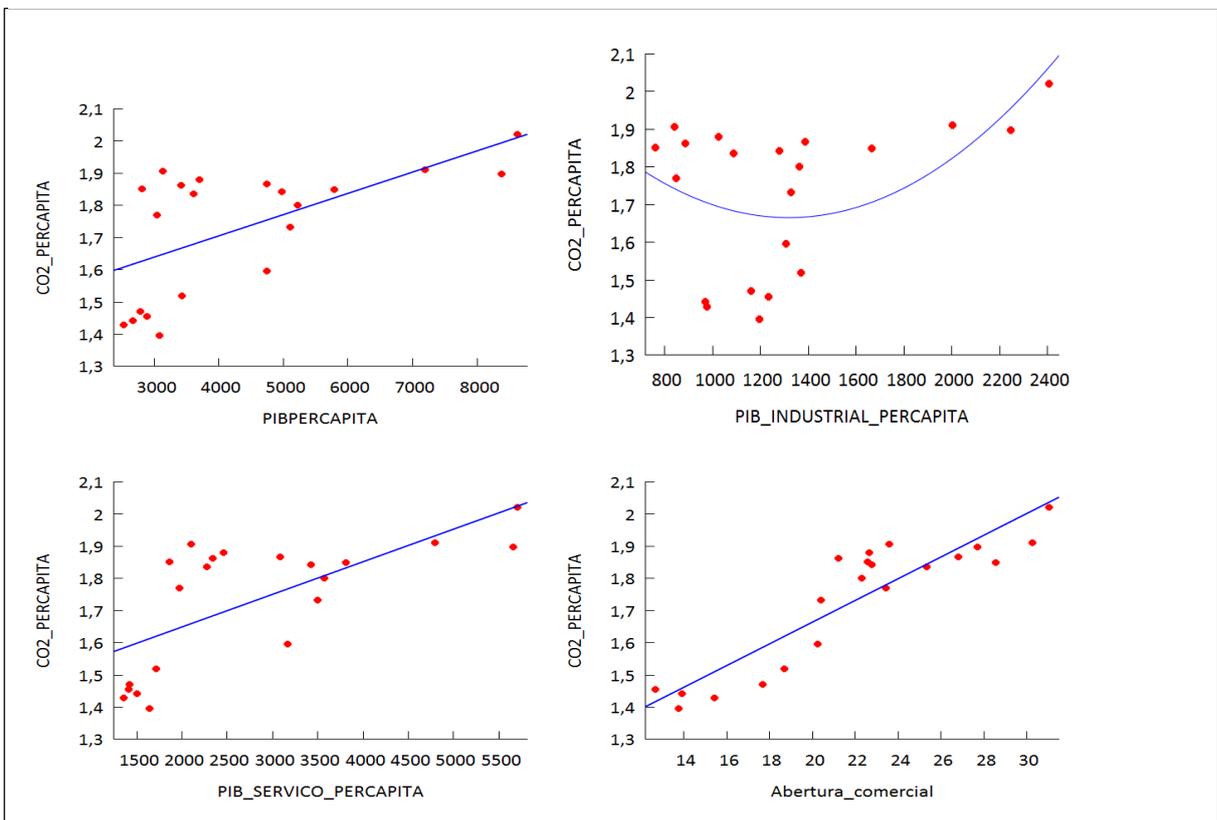
#### 4.6 BRASIL

Nesta subseção apresenta-se os resultados dos modelos de regressão para o Brasil, um país em desenvolvimento, envolvendo as relações de impacto sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, devido as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.

Expõe-se na Figura 11 as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pelo BRA, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial. No gráfico superior à esquerda da Figura 11, apresenta-se a comparação entre os dados empíricos e a curva de regressão entre a emissão de CO<sub>2</sub> e o PIB per capita, estimada através de uma equação de 1º grau, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo F. Conforme observa-se no modelo F.1, este se apresentou adequadamente ajustado com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado, R<sup>2</sup>, de 0,34. Como observado pelo gráfico entre as emissões de CO<sub>2</sub> per capita e o PIB per capita, um aumento no PIB per capita é acompanhado por um aumento nas emissões, esta relação, na teoria da CAK, é geral para os países em desenvolvimento, pois estes países ainda não passaram do ponto de inflexão e o aumento no PIB per capita é acompanhado por degradações no meio ambiente. O modelo F.2, que se encontra no Anexo F, tocante a participação da indústria no PIB, ilustrado graficamente no canto superior à direita da Figura 11, apontou uma curva quadrática em forma de U invertido, onde esta colaborou para o crescimento das emissões de CO<sub>2</sub> a partir do nível de renda US\$ 1.400,00, que efetuou-se no ano de 2005. Para este modelo ajustar-se adequadamente, foi preciso omitir o coeficiente PIBIND, que apresentou coeficiente locais significantes em 1% e 10%, respectivamente, com significância no coeficiente global em 10% e coeficiente de determinação R<sup>2</sup>, 0,13. Os gráficos inferiores da mesma figura, representam o PIB de serviços per capita e a abertura comercial do BRA, com seus respectivos modelos F.3 e F.4, do Anexo

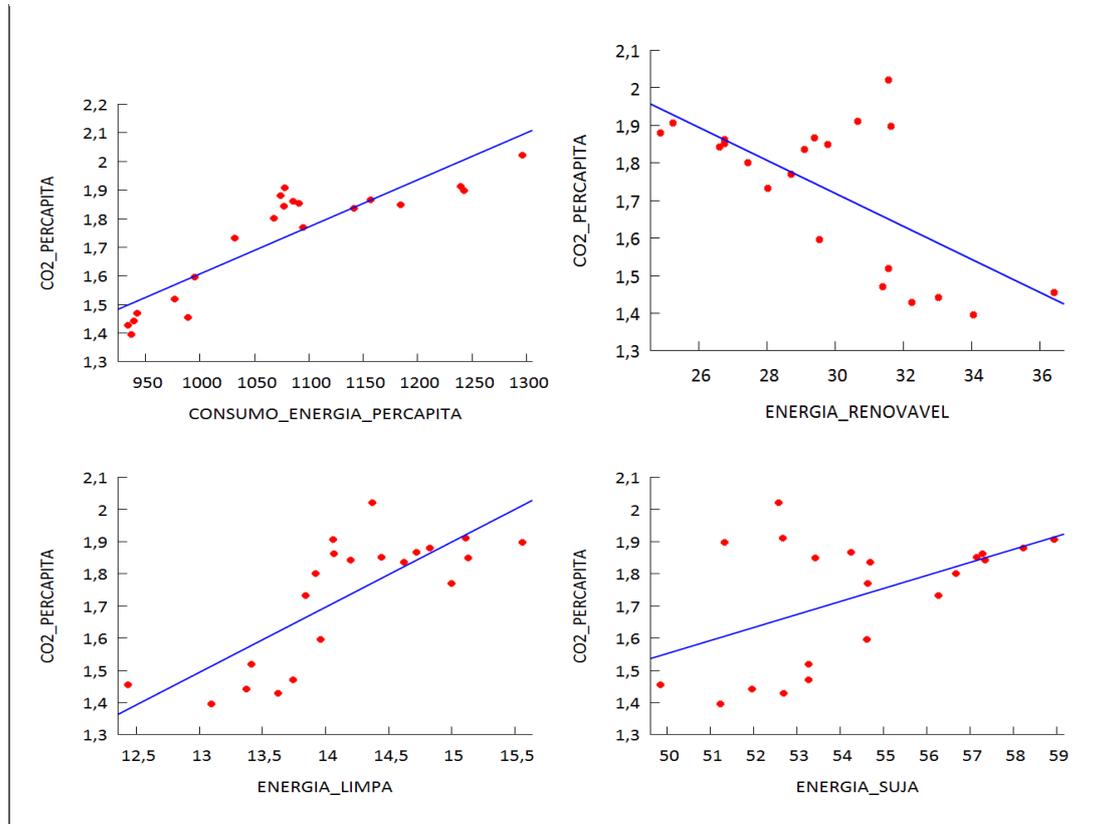
F, que obtiveram resultados muito próximo, ambos adequadamente ajustados com significâncias locais em 1% e 1%, e 1% juntamente para o coeficiente global, diferindo apenas no coeficiente de determinação ajustado, onde o modelo de serviços obteve  $R^2$ , 0,44 e  $R^2$ , 0,80 para o modelo da abertura. Seus gráficos ostentaram retas positivamente inclinadas em relação às emissões de  $CO_2$ , assim sendo, todo crescimento no PIB de serviços e no nível de abertura comercial, incidiam no crescimento do nível de emissão de poluentes. A abertura comercial do BRA no ano de 2009 estava em um nível de 28%, conforme Tabela 3 do Anexo L, nível relativamente pequeno em comparação a países desenvolvidos, ou seja, o Brasil necessitaria alcançar um nível muito superior a este para termos uma inversão desta tendência referente ao aumento das emissões conforme o aumento do grau de abertura, que conforme a teoria estudada é um fato esperado para as economias em desenvolvimento. Mesmo tendo alterações fortes no efeito composição, uma queda relativa da indústria de 37% desde 1989 até 2009 e um aumento relativo dos serviços de 38% para o mesmo período, como denotado na Tabela 1 do Anexo L, o Brasil não obteve diminuição nas emissões de  $CO_2$ . O que favorece o Brasil à poluir intensamente é a queima de combustível fóssil, isso ocorre por causa das termelétricas a diesel, e devido ao aumento da frota veicular e do desmatamento.

**Figura 11:** Evolução da emissão de  $CO_2$  para o BRA, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial.



Temos na Figura 12, as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pelo BRA, em função do Consumo total de energia, do Uso de energias renováveis, Uso de energia limpas e o Uso de energias sujas. Energicamente, foi analisado, no gráfico superior à esquerda da Figura 12, uma reta positivamente inclinada em relação ao Consumo de energia com as Emissões de CO<sub>2</sub>, que nos mostra que ao aumentar o consumo de energia per capita temos um aumento na liberação de gases poluentes, este apresentou um modelo adequadamente ajustado, conforme modelo F.6 do Anexo F. Mesmo com o crescimento absoluto de 3,13% da utilização de fontes de energias limpas para o período de 1989 até 2009, de acordo com os dados da Tabela 2 do Anexo L, essa variável apresentou um reta positivamente inclinada, como ilustrado no gráfico inferior à esquerda da Figura 12, contribuindo no aumento das emissões de CO<sub>2</sub>, isto pode ser explicado conforme à luz da teoria, pelo fato de que o efeito escala (onde o livre comércio pode levar ao aumento nos volumes comercializados no mundo, onde cada país aumenta suas produções, que por sua vez pode deteriorar a qualidade do meio ambiente) estar se sobrepondo ao efeito técnico. Também pode ser explicado pelo efeito composição, que descreve que países em desenvolvimento tendem à atrair indústrias intensivas em poluição. Seus resultados apresentaram um ajustamento adequado conforme seu modelo F.7 do anexo F, com significâncias locais em 5% e 1% e global em 1%, e apresentou coeficiente de determinação ajustado R<sup>2</sup>, 0,58. Também foi observado um aumento na uso de fontes de energias sujas, em um aumento absoluto de precisamente 1,48% (Tabela 2, Anexo L) para o mesmo período, que por sinal é um fator que sempre contribui para a liberação de CO<sub>2</sub> na atmosfera, pelo uso de energias fósseis que são altamente poluidoras. Fato que é de se esperar para uma economia em desenvolvimento, que por fim não precisa atender a limites de emissões de dióxido de carbono conforme o Protocolo de Kyoto. Em relação ao uso de energias renováveis, o BRA apresenta a maior participação desta no uso total de energias em relação aos demais países escolhidos da amostra, com um nível notável de 31,65% em 2009, mas que apresentou uma diminuição absoluta desde 1989 de 4,78%, como visto na Tabela 2 do Anexo L. De maneira geral, o BRA denota apresentar-se na parte ascendente da Curva Ambiental de Kuznets, o que é conjecturado por este ser um país ainda em desenvolvimento e onde instalam-se indústrias estrangeiras intensiva em poluição.

**Figura 12:** Evolução da emissão de CO2 para a BRA, em função do Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas e Uso de energias sujas.



Conforme Quadro 6, abaixo, refere-se ao modelo de multivariáveis do BRA, submetido ao método MQO, envolvendo a emissão de CO2 per capita como variável dependente e as seguintes variáveis como explicativas: relPIB, relNRJ e Abertura comercial. O modelo apresentado no Quadro 4 abaixo demonstra que os resíduos não apresentaram heterocedasticidade e distribuindo-se de forma normal e com média zero, conforme exigência do estimador clássico OSL nos resíduos. O modelo apresentou uma significância global em 1%, estimada a partir de do Teste F, e seu coeficiente de determinação ajustado  $R^2$  foi de 0,92, evidenciando ter alto nível de explicação para as emissões de CO<sub>2</sub>. A constante mostrou-se positiva, com significância local respectivamente em 1%. A variável relPIB foi ajustada por um polinômio quadrático, cujo coeficiente ( $\beta_1$ ) ter sinal negativo e o coeficiente ( $\beta_2$ ) ter sinal positivo, demonstra um comportamento de uma curva formato de U, que era esperado para um país em desenvolvimento. Esses coeficientes apresentaram um nível de significância locais, respectivamente, em 5% e 10%. A variável relNRJ, apresentou um reta declinada, com coeficiente local significativo em 10%, contradizendo a seu aumento na participação do uso de fontes energéticas sujas no uso total de energias. A variável abertura comercial, ostentou uma

reta positivamente inclinada, com significância local respectivamente em 1%. As variáveis que mais impactam para o aumento das emissões por ordem crescente foram relPIB e Abertura comercial, e a variável relNRJ denotou impactar negativamente sobre as emissões, mas com pouca intensidade.

**Quadro 6:** Modelo Multivariáveis BRA: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	2,13633	0,275473	7,7551	<0,0001	***
relPIB	-2,19677	0,973744	-2,2560	0,0384	**
sq_relPIB	1,58509	0,788056	2,0114	0,0614	*
relNRJ	-0,374919	0,212134	-1,7674	0,0962	*
Abertura_com	0,02569	0,00377394	6,8072	<0,0001	***
Média var. dependente	1,729989		D.P. var. dependente	0,198365	
Soma resíd. quadrados	0,049773		E.P. da regressão	0,055775	
R-quadrado	0,936754		R-quadrado ajustado	0,920942	
F(4, 16)	59,24481		P-valor(F)	2,17e-09	
Log da verossimilhança	33,67267		Critério de Akaike	-57,34534	
Critério de Schwarz	-52,12273		Critério Hannan-Quinn	-56,21190	

**Teste de White para a heteroscedasticidade -**

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 14,956

com p-valor =  $P(\text{Qui-quadrado}(13) > 14,956) = 0,310109$

**Teste da normalidade dos resíduos -**

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 1,79517

com p-valor = 0,407553

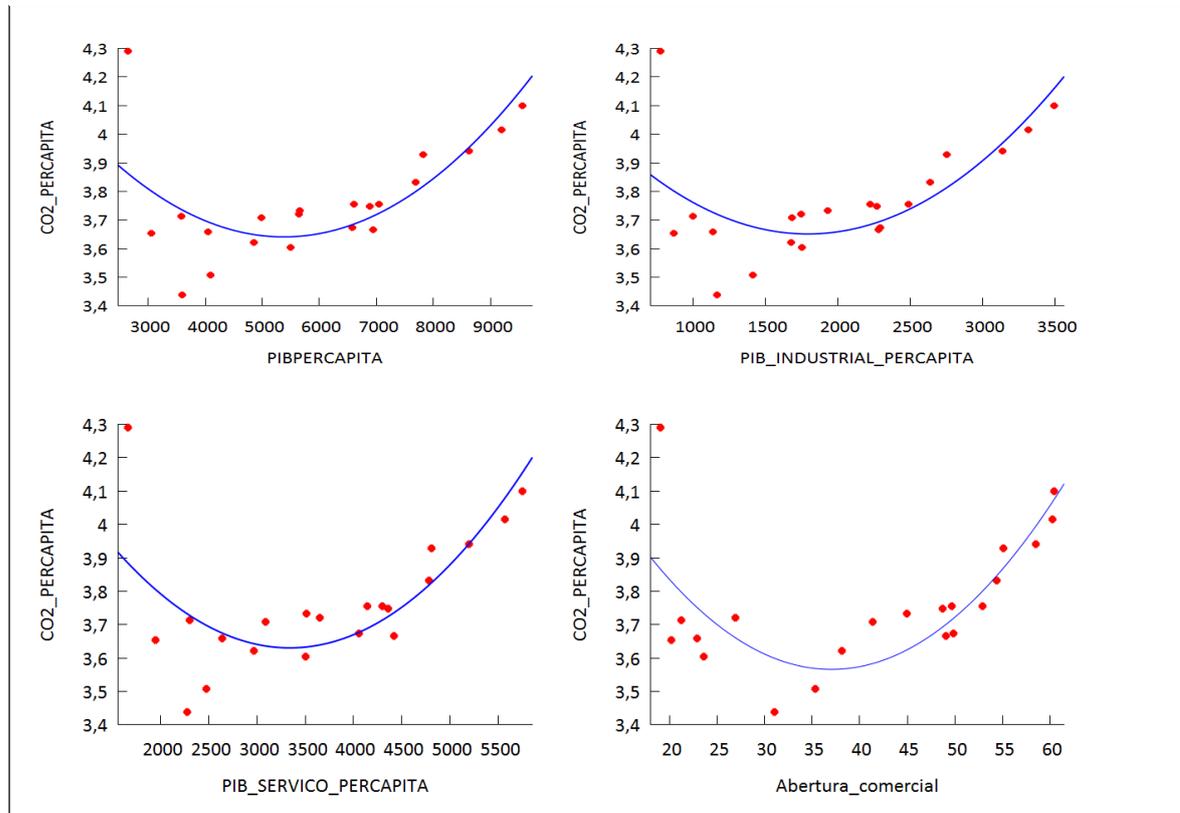
#### 4.7 MÉXICO

Nesta subseção apresenta-se os resultados dos modelos de regressão para o México, um país em desenvolvimento, envolvendo as relações de impacto sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, devido as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.

Expõe-se na Figura 13 as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pelo MEX, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial. Todos os gráficos da Figura 13, que apresentam a comparação entre os dados empíricos e a curva de regressão entre a emissão de CO<sub>2</sub> e o PIB per capita, CO<sub>2</sub> e PIB industrial, CO<sub>2</sub> e PIB de serviços e CO<sub>2</sub> e Abertura comercial, estimadas através de um polinômio de 2º grau, cujos os resultados

encontram-se apresentados no Anexo G. Conforme observa-se nos modelos G.1, G.2, G.3 e G.4, apresentaram-se adequadamente ajustados, com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, 1% e 1%. Também constata-se nesses modelos, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$ , por volta de 0,50. Os resíduos demonstraram-se um comportamento de normalidade. Suas curvas quadráticas tiveram formato de U, um comportamento esperado na teoria da CAK para países em desenvolvimento. No gráfico superior à esquerda, que se refere ao PIB per capita, apresentou crescimento das emissões a partir do nível de renda US\$ 5.660,00, que foi atingido no ano de 1999, conforme Tabela 7 do Anexo L. O gráfico que representa o PIB industrial per capita, ilustrado na Figura 13, no canto superior à direita, demonstrou que a partir do nível de renda US\$ 1.900,00, valor atingido no ano de 1999, as emissões de CO<sub>2</sub> voltaram a crescer. Analisando o gráfico inferior à esquerda da mesma figura, que representa o PIB de serviços, também apresentou no mesmo ano de 1999 nível de renda US\$ 3.500,00 onde seu ponto de inflexão atinge a curva, voltando a ter crescimento das emissões de CO<sub>2</sub> (ver Tabela 5 do Anexo L). Para o gráfico representando a Abertura comercial, exposto no canto direito da parte inferior da Figura 13, seu ponto de inflexão ocorre a partir de 38% de grau de abertura comercial, fato que aconteceu no ano de 1997. Assim, podemos relacionar este grau de abertura que ocorreu no ano de 1997 e que posteriormente aumentou, influenciou dois anos depois, a impulsionar a economia do MEX, recebendo indústrias estrangeiras e forçando o setor manufatureiro mexicano a competir no mercado internacional com sua política de economia aberta, mas mesmo assim este setor aproveitou um crescimento robusto na produção e exportações, provocando altos níveis de emissões. O PIB industrial do México teve um aumento de 17% da participação da indústria desde 1989 até 2009, e um queda de 1% nos serviços para o mesmo período, linha de tendência oposta às que os países desenvolvidos estão seguindo (ver Tabela 1 do Anexo L). De acordo com a teoria estudada nos capítulos anteriores, este aumento nas emissões de CO<sub>2</sub> é necessário para este país em desenvolvimento atingir níveis de renda de um país desenvolvido e posteriormente conquistar níveis de conscientização ambientais mais elevados.

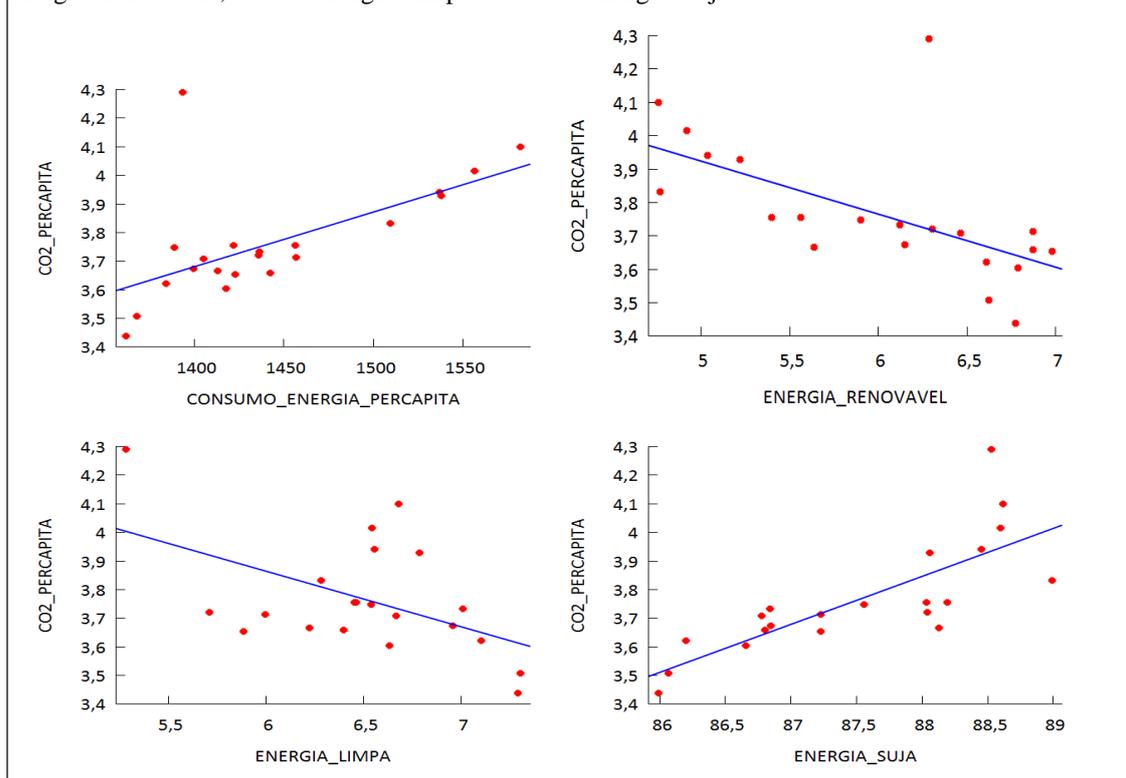
**Figura 13:** Evolução da emissão de CO<sub>2</sub> para o MEX, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita e PIB de serviços per capita e Abertura comercial.



Temos na Figura 14, as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pelo MEX, em função do Consumo total de energia, do Uso de energias renováveis, Uso de energia limpas e o Uso de energias sujas. Energicamente, foi analisado, no gráfico superior à esquerda da Figura 14, uma reta positivamente inclinada em relação ao Consumo de energia com as Emissões de CO<sub>2</sub>, que nos mostra que ao aumentar o consumo de energia per capita temos um aumento nas emissões de CO<sub>2</sub> per capita, conduta essa que já era aguardada, este apresentou um modelo adequadamente ajustado, conforme modelo G.5 do Anexo G. O Uso de energias renováveis apresentou uma reta declinada em função às emissões de CO<sub>2</sub>, conforme gráfico situado na parte superior à direita da Figura 14, este apresentou um modelo (modelo G.6 do Anexo G) adequadamente ajustado, com significância nos coeficientes locais em 1% e 1%, juntamente com 1% de significância no coeficiente global. Observa-se que o aumento dessa variável influi em um decréscimo nas emissões, mas conforme Tabela 2 do Anexo L, verifica-se que houve uma diminuição no nível de uso de fontes renováveis de energia para o MEX, que passou de 6,29 em 1989 para 4,77 em 2009, um diminuição relativa de 24% para este período de vinte anos. Ou seja, o México adquiriu maiores níveis de emissões de CO<sub>2</sub> com base à essa

diminuição do uso de fontes renováveis de energia na participação do uso total de energia do país. O gráfico localizado na parte inferior à esquerda, representa as emissões de CO<sub>2</sub> per capita em função do Uso de energias limpas, tem seus resultados representados no modelo G.7 que se encontram no Anexo G, que apresentam-se adequadamente ajustados e com coeficiente de determinação ajustado R<sup>2</sup> 0,20. O gráfico ostenta uma reta positivamente inclinada, tendo um aumento absoluto de 1% do uso de fontes de energias limpas, de 1989 até 2009, conforme Tabela 2 do Anexo L. O último gráfico da Figura 14, representando as emissões de CO<sub>2</sub> per capita *versus* o Uso de energias sujas, estimada através de uma equação de primeiro grau, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo G. Conforme observa-se no modelo G.8, este se apresentou adequadamente ajustado, com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1% e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado, R<sup>2</sup>, de 0,60. Como era previsto, o crescimento do uso de fontes de energias sujas, alavancou o nível de emissões de CO<sub>2</sub> per capita, conforme Tabela 2 do Anexo L, o uso de energias sujas teve um aumento absoluto de 0,46% para o período de 1989 até 2009. De maneira geral, o México sendo um país em desenvolvimento, demonstra estar na parte ascendente da CAK e parece estar enfatizando o crescimento do PIB per capita, recebendo indústrias estrangeiras intensivas em poluição, aumentando o uso de energias fósseis para alcançar os países desenvolvidos em oposição ao cuidado do meio ambiente.

**Figura 14:** Evolução da emissão de CO<sub>2</sub> para o MEX, em função do Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas e Uso de energias sujas.



Conforme Quadro 7, abaixo, refere-se ao modelo de multivariáveis da ALE, submetido ao método MQO, envolvendo a emissão de CO<sub>2</sub> per capita como variável dependente e as seguintes variáveis como explicativas: relPIB, relNRJ e Abertura comercial. O modelo apresentado no Quadro 7 abaixo demonstra que os resíduos não apresentaram heterocedasticidade e distribuindo-se de forma normal e com média zero, conforme exigência do estimador clássico OLS nos resíduos. O modelo apresentou uma significância global em 1%, estimada a partir de do Teste F, e seu coeficiente de determinação ajustado R<sup>2</sup> foi de 0,69, evidenciando ter bom nível de explicação para as emissões de CO<sub>2</sub>. A constante mostrou-se positiva, com significância local respectivamente em 1%. A variável relPIB foi ajustada por um equação linear, cujo coeficiente ( $\beta_1$ ) possui sinal positivo, demonstra um comportamento de uma reta positivamente inclinada. Esse coeficiente apresentou um nível de significância local, respectivamente, em 10%. A explicação para esse comportamento baseia-se no fato de o PIB industrial ter ganho espaço na composição do PIB. A variável relNRJ, apresentou um reta declinada, com coeficiente local significativo em 1%. A variável Abertura comercial foi ajustada por um polinômio quadrático, cujo coeficiente ( $\beta_1$ ) ter sinal negativo e o coeficiente ( $\beta_2$ ) ter sinal positivo, demonstra um comportamento de uma curva formato de U. Esses coeficientes apresentaram um nível de significância locais, respectivamente, em 5% e 10%.

**Quadro 7:** Modelo Multivariáveis MEX: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO<sub>2</sub>\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	5,37183	0,44809	11,9883	<0,0001	***
relPIB	1,97497	1,06665	1,8516	0,0826	*
relNRJ	-12,3641	3,75228	-3,2951	0,0046	***
Abertura_com	-0,0412864	0,0169051	-2,4422	0,0266	**
sq_Abertura_com	0,000429194	0,000228635	1,8772	0,0788	*
Média var. dependente	3,764863		D.P. var. dependente	0,198233	
Soma resíd. quadrados	0,193638		E.P. da regressão	0,110011	
R-quadrado	0,753618		R-quadrado ajustado	0,692022	
F(4, 16)	12,23494		P-valor(F)	0,000095	
Log da verossimilhança	19,40828		Critério de Akaike	-28,81657	
Critério de Schwarz	-23,59395		Critério Hannan-Quinn	-27,68313	

**Teste de White para a heteroscedasticidade -**

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 19,7639

com p-valor = P(Qui-quadrado(13) > 19,7639) = 0,101257

**Teste da normalidade dos resíduos -**

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 1,77453

com p-valor = 0,41178

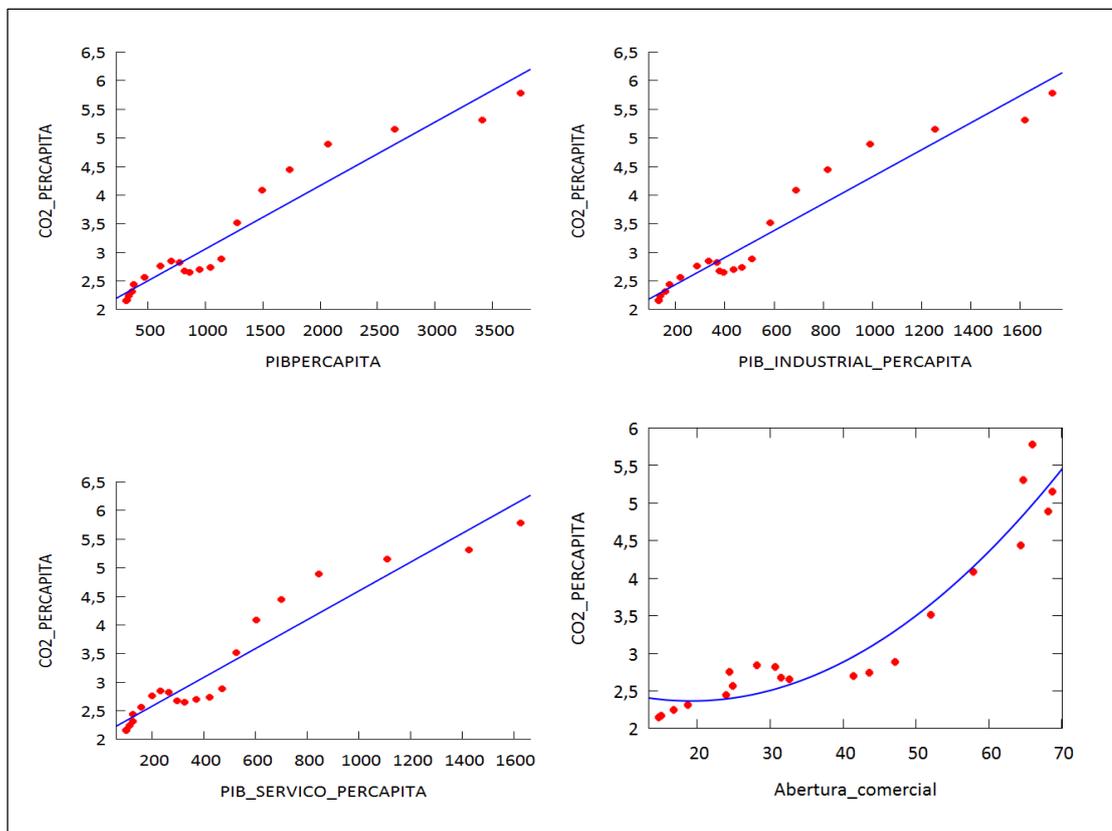
#### 4.8 CHINA

Nesta subsecção apresenta-se os resultados dos modelos de regressão para a China, um país em desenvolvimento, envolvendo as relações de impacto sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, devido as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.

Expõe-se na Figura 15 as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pela CHI, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial. No gráfico superior à esquerda da Figura 15, apresenta-se a comparação entre os dados empíricos e a curva de regressão entre a emissão de CO<sub>2</sub> e o PIB per capita, estimada através de uma equação de 1º grau, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo H. Conforme observa-se no modelo H.1, este se apresentou adequadamente ajustado com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado, R<sup>2</sup>, de 0,92. Como observado pelo gráfico entre as emissões de CO<sub>2</sub> per capita e o PIB per capita, um aumento no PIB per capita é acompanhado por um aumento nas emissões de CO<sub>2</sub>, esta relação, na teoria da CAK, é geral para os países em desenvolvimento, pois estes países ainda não passaram do ponto de inflexão e o aumento no PIB per capita é acompanhado por emissões de CO<sub>2</sub>. O gráfico superior à direita e o gráfico inferior à esquerda, representam respectivamente o PIB industrial per capita e o PIB de serviços per capita, também ostentaram retas positivamente inclinadas, ou seja cada aumento das variáveis PIB industrial per capita e de serviços per capita, impactam em um aumento no nível de emissões de CO<sub>2</sub>. Seus resultados apresentam-se no Anexo H, conforme constata-se nos respectivos modelos H.2 e H.3, mostraram ajustamentos quase idênticos ao do modelo H.1 do PIB per capita. A CHI é o país analisado com maior participação da indústria no PIB, com 46% em 2009 e o único que exibe ter a participação da indústria maior que à participação de serviços no PIB, como verifica-se na Tabela 1 do Anexo L. O último gráfico da figura, representa as emissões de CO<sub>2</sub> em comparação à Abertura comercial, estimada através de um polinômio de 2º grau, cujo os resultados encontram-se apresentados no anexo H. Conforme observa-se no modelo H.4, apresentou-se adequadamente ajustado com coeficientes locais significantes, em 1%, 1% e 1%, também mostrou significância global de 1% e coeficiente de determinação

ajustado  $R^2$ , 0,91. Como constata-se no gráfico, que após o grau de 20% de abertura comercial, temos um rápido e vertiginoso crescimento das emissões de  $\text{CO}_2$  a partir desse ponto, que foi alcançado no ano de 1993, possuindo no ano de 2009 o segundo maior grau de abertura (66%) dentre os países analisados. Ultimamente a China, com a abertura de sua economia, vem produzindo para o mundo inteiro, onde se instalam todo tipo de indústrias estrangeiras intensivas em poluição, pelo fato da CHI possuir baixas legislações ambientais e trabalhistas, como também detém uma gigantesca e barata fonte de energia fóssil, o carvão, sendo a maior produtora desta no mundo.

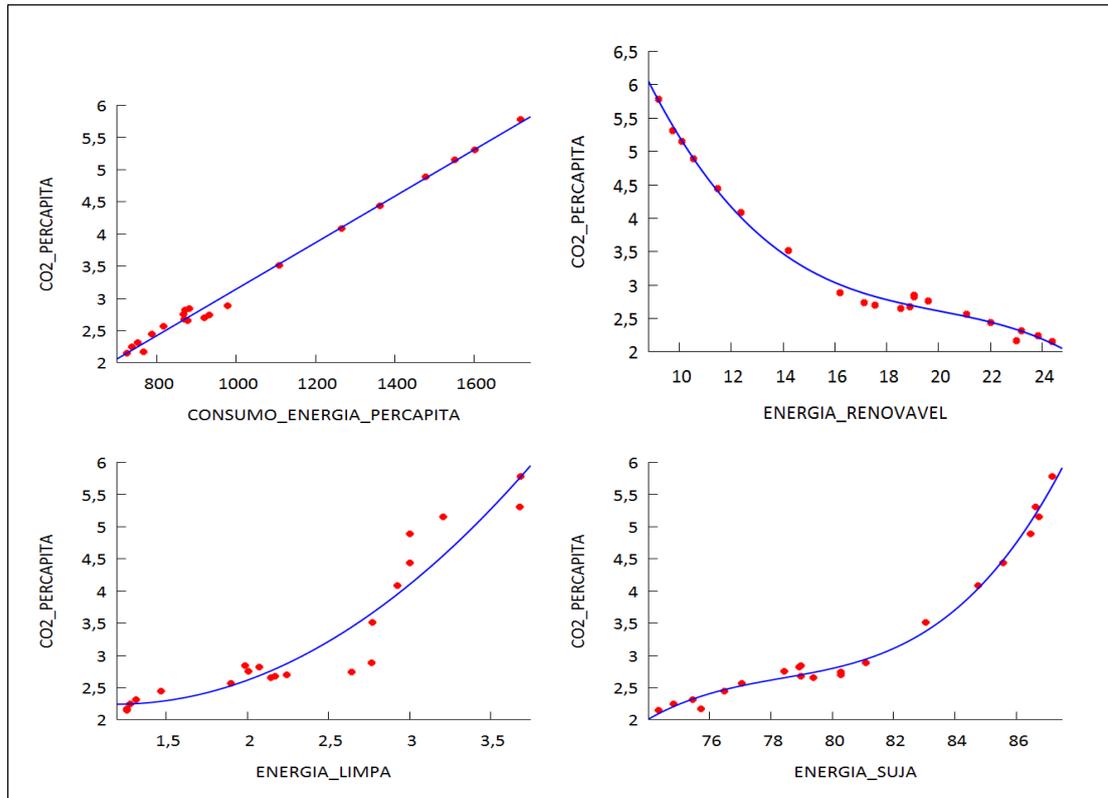
**Figura 15:** Evolução da emissão de  $\text{CO}_2$  para o CHI, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial.



Temos na Figura 16, as evoluções da emissão de  $\text{CO}_2$  pela CHI, em função do Consumo total de energia, do Uso de energias renováveis, Uso de energia limpas e o Uso de energias sujas. Energicamente, foi analisado, no gráfico superior à esquerda da Figura 16, uma reta positivamente inclinada em relação ao Consumo de energia com as Emissões de  $\text{CO}_2$ , que nos mostra que ao aumentar o consumo de energia per capita temos um aumento nas emissões de  $\text{CO}_2$  per capita, conduta essa que já era esperada, este apresentou um modelo adequadamente

ajustado, conforme modelo H.5 do Anexo H. O uso de energias renováveis está representado graficamente na Figura 16, no canto superior esquerdo, estimada através de um polinômio cúbico, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo H. Conforme observa-se no modelo H.6, este se apresentou adequadamente ajustado, com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, 1%, 1% e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$ , de 0,99. O Uso de energias limpas está ilustrado na parte inferior à esquerda da Figura 16, estimada por um polinômio quadrático, cujo modelo H.7 localizado no Anexo H, apresentou seus resultados devidamente ajustados, obtendo coeficientes locais significantes em 1%, 10% e 1%, e coeficiente global estimado através da estatística F em 1%. Também apresentou coeficiente de determinação ajustado  $R^2$ , 0,89. Conforme o gráfico das emissões de CO<sub>2</sub> em relação ao uso de energias limpas, apresentando uma curva voltada para cima, já iniciou em sua parte crescente, portanto, mesmo apresentando um crescimento relativo de 193% ou um crescimento absoluto de 2,43% para o período de 1989 até 2009, este crescimento no uso de fontes de energias limpas pouco afetou na redução de emissões de CO<sub>2</sub>, pois não conseguiu se sobressair ao efeito escala e do uso das energias sujas, o carvão mineral principalmente, que fez o nível de emissões de CO<sub>2</sub> elevar-se mesmo com o crescimento de fontes limpas de energia. Em 2008, a China era e continua sendo a 1ª consumidora e produtora de carvão mineral no mundo, produzindo 41,1% e consumindo 41,3% (Tabela 4, Anexo L). O uso de energias limpas vem aumentando, mas continua sendo ínfimo com seus 3,68% de energia limpa no total (Tabela 2, Anexo L). Nesse período também tivemos um aumento relativo de 17% no uso de energias sujas, contribuindo ainda mais para as emissões de CO<sub>2</sub>, onde um ajustamento cúbico melhor representou sua trajetória, conforme o último gráfico da Figura 16, os resultados do seu modelo H.8, do Anexo H, mostraram-se devidamente ajustados com todos os coeficientes locais e global significantes em 1%, e coeficiente de determinação ajustado  $R^2$ , 0,99. Analisa-se no gráfico da evolução das emissões de CO<sub>2</sub> per capita da CHI em função do Uso de energias sujas, que este já começou com trajetória de crescimento, mas que a partir do grau de abertura 81%, houve um crescimento exponencial, que ocorre no ano de 2002, conforme Tabela 3 do Anexo L.

**Figura 16:** Evolução da emissão de CO2 para a CHI, em função do Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas e Uso de energias sujas.



Conforme Quadro 8, abaixo, refere-se ao modelo de multivariáveis da CHI, submetido ao método MQO, envolvendo a emissão de CO<sub>2</sub> per capita como variável dependente e as seguintes variáveis como explicativas: relPIB, relNRJ e Abertura comercial. O modelo apresentado no Quadro 8 abaixo demonstra que os resíduos não apresentaram heterocedasticidade e distribuindo-se de forma normal e com média zero, conforme exigência do estimador clássico OSL nos resíduos. O modelo apresentou uma significância global em 1%, estimada a partir de do Teste F, e seu coeficiente de determinação ajustado R<sup>2</sup> foi de 0,99, evidenciando ter um nível muito elevado de explicação para as emissões de CO<sub>2</sub>. A constante mostrou-se positiva, com significância local respectivamente em 1%. A variável relPIB foi ajustada por um polinômio quadrático, cujo coeficiente ( $\beta_1$ ) ter sinal negativo e o coeficiente ( $\beta_2$ ) ter sinal positivo, demonstra um comportamento de uma curva formato de U, que era esperado para um país em desenvolvimento. Esses coeficientes apresentaram um nível de significância locais, respectivamente, em 5% e 10%. Isto ocorre pelo fato de que a participação da indústria no PIB está sendo predominante. A variável relNRJ, apresentou uma curva cúbica, denotando um formato de N ao contrário, cujo os sinais dos coeficientes foi negativo em ( $\beta_1$ ),

positivo em ( $\beta_2$ ) e negativo em ( $\beta_3$ ), com nível de significância nos coeficientes locais, respectivamente em 1%, 1% e 1%. A variável abertura comercial, obteve uma curva de U-invertido, com coeficientes locais significantes em 1% e 1%. As variáveis que mais impactaram para a redução das emissões por ordem decrescente foram relNRJ e Abertura comercial, já a variável relPIB impactou positivamente as emissões de CO<sub>2</sub>.

**Quadro 8:** Modelo Multivariáveis CHI: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	35,1873	2,28345	15,4097	<0,0001	***
relPIB	-10,2173	3,23148	-3,1618	0,0075	***
sq_relPIB	4,22391	1,26527	3,3383	0,0053	***
relNRJ	-256,137	18,7293	-13,6758	<0,0001	***
sq_relNRJ	801,785	75,5687	10,6100	<0,0001	***
cub_relNRJ	-842,822	99,287	-8,4887	<0,0001	***
Abertura_com	0,0571666	0,0146282	3,9080	0,0018	***
sq_Abertura_com	-0,000925572	0,00017098	-5,4133	0,0001	***
Média var. dependente	3,291859		D.P. var. dependente	1,150225	
Soma resíd. quadrados	0,039769		E.P. da regressão	0,055310	
R-quadrado	0,998497		R-quadrado ajustado	0,997688	
F(7, 13)	1233,791		P-valor(F)	2,60e-17	
Log da verossimilhança	36,02875		Critério de Akaike	-56,05750	
Critério de Schwarz	-47,70132		Critério Hannan-Quinn	-54,24400	

**Teste de White para a heteroscedasticidade -**

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 13,0649

com p-valor = P(Qui-quadrado(11) > 13,0649) = 0,289106

**Teste da normalidade dos resíduos -**

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 1,34062

com p-valor = 0,511549

## 4.9 ÍNDIA

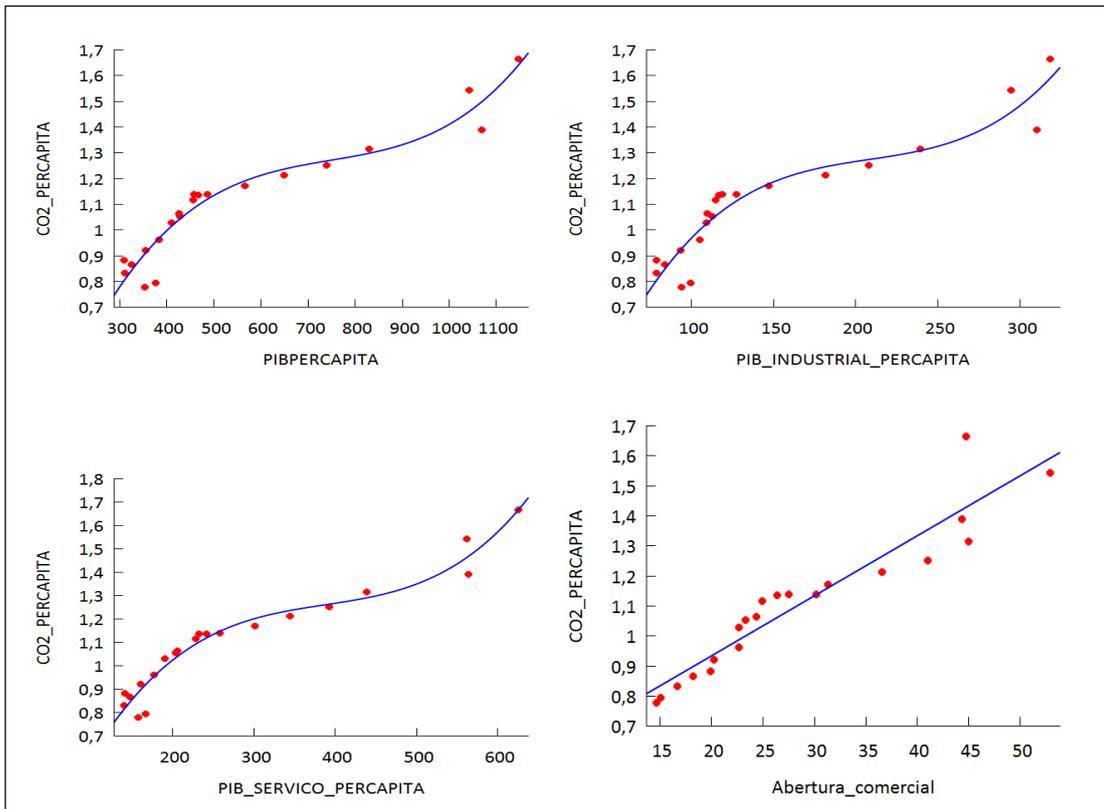
Nesta subseção apresenta-se os resultados dos modelos de regressão para a Índia, um país em desenvolvimento, envolvendo as relações de impacto sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, devido as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.

No gráfico de dispersão superior à esquerda da Figura 17, compara-se a emissão de CO<sub>2</sub> per capita e o PIB per capita, estimada através de um polinômio cúbico, cujos os resultados

encontram-se apresentados no Anexo I. Conforme observa-se no modelo I.1, este se apresentou corretamente ajustado, com a constante insignificante e os demais coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, 1% e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$  0,92. Seguindo o raciocínio da tendência dos outros países em desenvolvimento, a Índia emitiu mais  $CO_2$  conforme o aumento no PIB per capita. O modelo I.2 que refere-se às emissões de  $CO_2$  per capita em relação ao PIB industrial per capita, situado no Anexo I, reproduzido graficamente na parte superior à direita da Figura 17, também foi estimada através de um polinômio cúbico, com a constante insignificante e significância nos demais coeficientes locais de 1%, 5%, e 5%, respectivamente, com coeficiente global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado  $R^2$  de 0,88. Com um curva cúbica positiva, analisa-se que temos uma estabilização do nível de emissão de  $CO_2$  entre os níveis de renda US\$ 150,00 e US\$ 250,00, que ocorreu no período de 2003 à 2006, conforme Tabela 5 do Anexo L. Anteriormente à primeira data temos forte crescimento das emissões e posteriormente à 2006 temos o retorno deste crescimento. Observa-se um crescimento absoluto de 1,23% para a participação do PIB industrial para o período de estudado de 1989 até 2009 (ver Tabela 1, Anexo L). O modelo H.3 que representa as emissões de  $CO_2$  per capita em função do PIB de serviços per capita, exposto no Anexo H, também foi estimada através de um polinômio cúbico, apresentando se devidamente ajustado, igualmente com a constante insignificante, e com os demais coeficientes locais em 1%, 1% e 1%, como também coeficiente global significante em 1%, obteve um coeficiente de determinação ajustado  $R^2$  em 0,94. Este modelo está reproduzido na parte inferior à esquerda da Figura 17, igualmente ao gráfico da variável PIB industrial, reproduziu uma curva cúbica positiva, com momento de estabilização das emissões de  $CO_2$  para o mesmo período de 2003 à 2006, a partir do nível de renda US\$ 300,00 até US\$ 440,00. Já o modelo H.4 descrito no Anexo H, representa às emissões de  $CO_2$  per capita em função da Abertura comercial, este exposto no canto inferior direito da Figura 17, apresentou-se adequadamente ajustado por uma equação linear, apresentando significância de 1% para todos os coeficientes locais e global, com um coeficiente de determinação ajustado  $R^2$ , de 0,89. A abertura comercial da Índia, passou do nível 14,64% em 1989 para o patamar de 44,72% em 2009, uma variação absoluta de 30% para o período analisado, ou seja sofreu um processo de rápida abertura comercial como visto na Tabela 3 do Anexo L. A abertura contribuiu nesse período para o aumento das emissões de  $CO_2$  nesse país. O que explica a importação de indústrias de fontes energéticas sujas, pelo fato de ter baixas regulamentações

ambientais e pelo fato do Protocolo Kyoto não exigir redução de emissões de CO<sub>2</sub> para países em desenvolvimento, tal como a Índia.

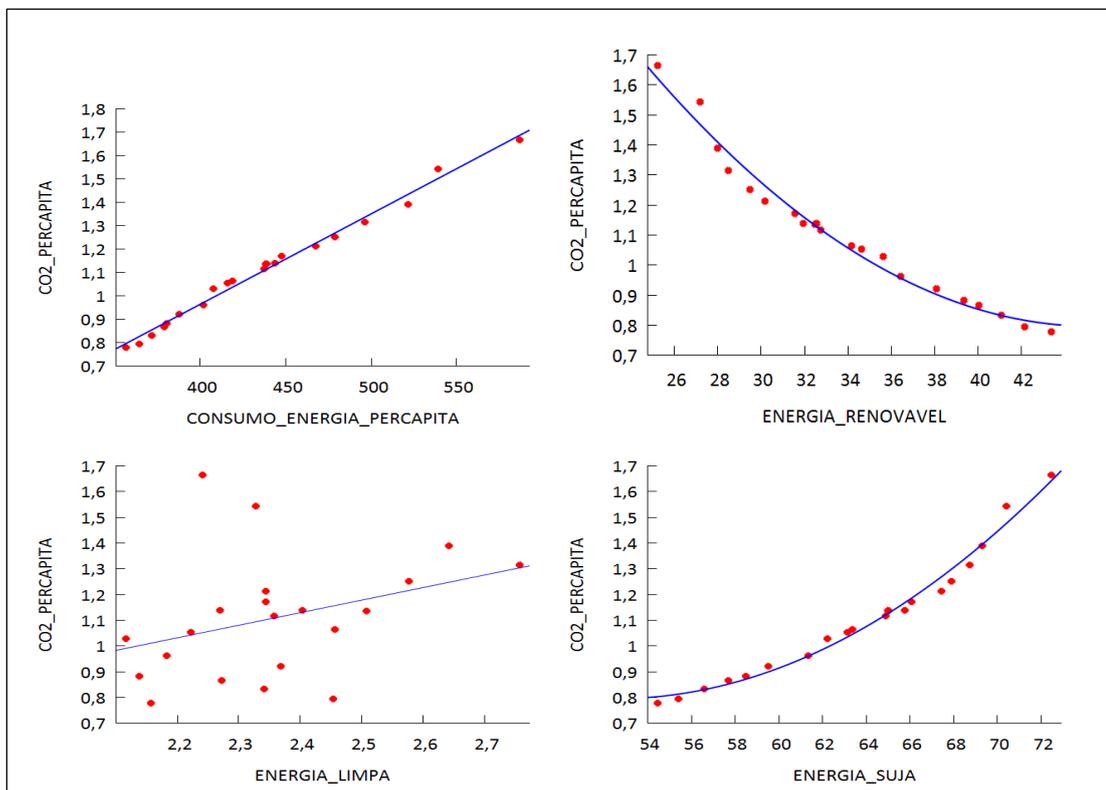
**Figura 17:** Evolução da emissão de CO<sub>2</sub> para o IND, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial.



Temos na Figura 18, as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pela IND, em função do Consumo total de energia, do Uso de energias renováveis, Uso de energia limpas e o Uso de energias sujas. Energicamente, foi analisado, no gráfico superior à esquerda da Figura 18, uma reta positivamente inclinada em relação ao Consumo de energia com as Emissões de CO<sub>2</sub>, que nos mostra que ao aumentar o consumo de energia per capita temos um aumento nas emissões de CO<sub>2</sub> per capita, conduta essa que já era esperada, este apresentou um modelo adequadamente ajustado, conforme modelo I.5 do Anexo I. O uso de energias renováveis está representado graficamente na Figura 18, no canto superior direito, estimada através de um polinômio quadrático, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo I. Conforme observa-se no modelo I.6, este se apresentou adequadamente ajustado, com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, 1%, e 1%. Também constata-se nesse modelo, através

do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$ , de 0,98. Contudo, analisando a Tabela 2 do Anexo L, temos uma queda absoluta de 18% no uso de fontes de energias renováveis e um aumento da mesma magnitude no uso de fontes de energias sujas para o período analisado de 1989 à 2009, por isto devemos analisar este gráfico inversamente, e percebe-se que essa redução no uso de energias de fontes renováveis, afetou positivamente os níveis de emissões de  $CO_2$ . O gráfico das emissões de  $CO_2$  per capita *versus* Uso de energias limpas, está figurado na parte inferior esquerdo da Figura 18, apresentou um modelo (modelo H.7 Anexo H) sem significância nos coeficientes locais e global, com coeficiente de determinação muito fraco. Mas conforme Tabela 2 do Anexo L, foi observado um crescimento absoluto ínfimo de apenas 0,08 pontos percentuais, mostrando que não houve investimentos significativos neste período para ampliação do uso de fontes energéticas limpas. O gráfico inferior à direita da Figura 18 representa o modelo H.8, relatado no Anexo H, este referente às emissões de  $CO_2$  per capita em função do Uso de energias sujas, foi estimado através de um polinômio de 2º grau, que apresentou-se adequadamente ajustado, com coeficientes locais significantes em 1%, 1% e 1%, e com através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância

**Figura 18:** Evolução da emissão de  $CO_2$  para a IND, em função do Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas e Uso de energias sujas.



global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$  0,98. Observa-se que o início da sua curva quadrática já demonstrava crescimento dos níveis de emissões com o aumento do uso de fontes de energias sujas, e como visto anteriormente, o uso de fontes de energias sujas cresceu 18% absolutos para o período de 1989 à 1989. À luz da teoria estudada, esta tendência de crescimento das emissões é normal para países em desenvolvimento que estão buscando alcançar os níveis de renda que os países desenvolvidos possuem, visto que houve o crescimento das plantas de indústrias estrangeiras intensiva em poluição, intensificando o efeito escala. Podemos afirmar que a Índia ainda se encontra na parte ascendente da Curva Ambiental de Kuznets, conforme a análise dos dados obtidos.

Conforme Quadro 9, abaixo, refere-se ao modelo de multivariáveis da IND, submetido ao método MQO, envolvendo a emissão de CO<sub>2</sub> per capita como variável dependente e as seguintes variáveis como explicativas: relPIB, relNRJ e Abertura comercial. Em particular, cabe ressaltar novamente, que por motivos de multicolinearidade, tornou-se necessário criar as variáveis relPIB, que é o PIB industrial per capita dividido pelo PIB de serviços per capita, assim como a variável relNRJ, que é a soma das energias renováveis e limpas, dividido pela energia suja. Com esse mecanismo de transformação dessas variáveis tornou-se possível dirimir os efeitos de multicolinearidade entre as variáveis explicativas do modelo, atingindo um grau aceitável. O modelo apresentado no Quadro 9 abaixo demonstra que os resíduos não apresentaram heterocedasticidade e distribuindo-se de forma normal e com média zero, conforme exigência do estimador clássico OLS nos resíduos. O modelo apresentou uma significância global em 1%, estimada a partir de do Teste F, e seu coeficiente de determinação ajustado  $R^2$  foi de 0,99, evidenciando ter nível de explicação muito elevado para as emissões de CO<sub>2</sub>. A constante mostrou-se positiva, mas com insignificância local. A variável relPIB foi ajustada por um equação linear, cujo coeficiente ( $\beta_1$ ) possui sinal positivo, demonstra um comportamento de uma reta positivamente inclinada, mesmo assim, a Índia apresentou aumento da indústria na composição do PIB. Tanto a variável relNRJ como a variável Abertura comercial, foram ajustados por um polinômio quadrático, cujo coeficientes ( $\beta_1$ ) terem sinal negativo e os coeficientes ( $\beta_2$ ) terem sinal positivo, demonstram um comportamento de uma curva formato de U, que era esperado para um país em desenvolvimento. Esses coeficientes apresentaram um nível de significância locais, respectivamente, em 1% e 1%, para ambos. A Índia tem aumentado o uso de fontes enérgicas sujas no seu uso total de energia. As variáveis

que mais impactam para o aumento das emissões por ordem decrescente foram relNRJ, relPIB e Abertura comercial.

**Quadro 9:** Modelo Multivariável IND: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	4,5114	0,320769	14,0643	<0,0001	***
relPIB	0,155656	0,240228	0,6480	0,5268	
relNRJ	-6,84766	0,720723	-9,5011	<0,0001	***
sq_relNRJ	3,49226	0,51199	6,8210	<0,0001	***
Abertura_com	-0,0435426	0,0083267	-5,2293	0,0001	***
sq_Abertura_com	0,000539713	0,000103204	5,2296	0,0001	***
Média var. dependente	1,108153		D.P. var. dependente	0,236481	
Soma resíd. quadrados	0,008406		E.P. da regressão	0,023673	
R-quadrado	0,992484		R-quadrado ajustado	0,989979	
F(5, 15)	396,1747		P-valor(F)	2,26e-15	
Log da verossimilhança	52,34747		Critério de Akaike	-92,69494	
Critério de Schwarz	-86,42780		Critério Hannan-Quinn	-91,33481	

**Teste de White para a heteroscedasticidade -**

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 6,93531

com p-valor =  $P(\text{Qui-quadrado}(8) > 6,93531) = 0,543628$

**Teste da normalidade dos resíduos -**

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 0,307175

com p-valor = 0,857626

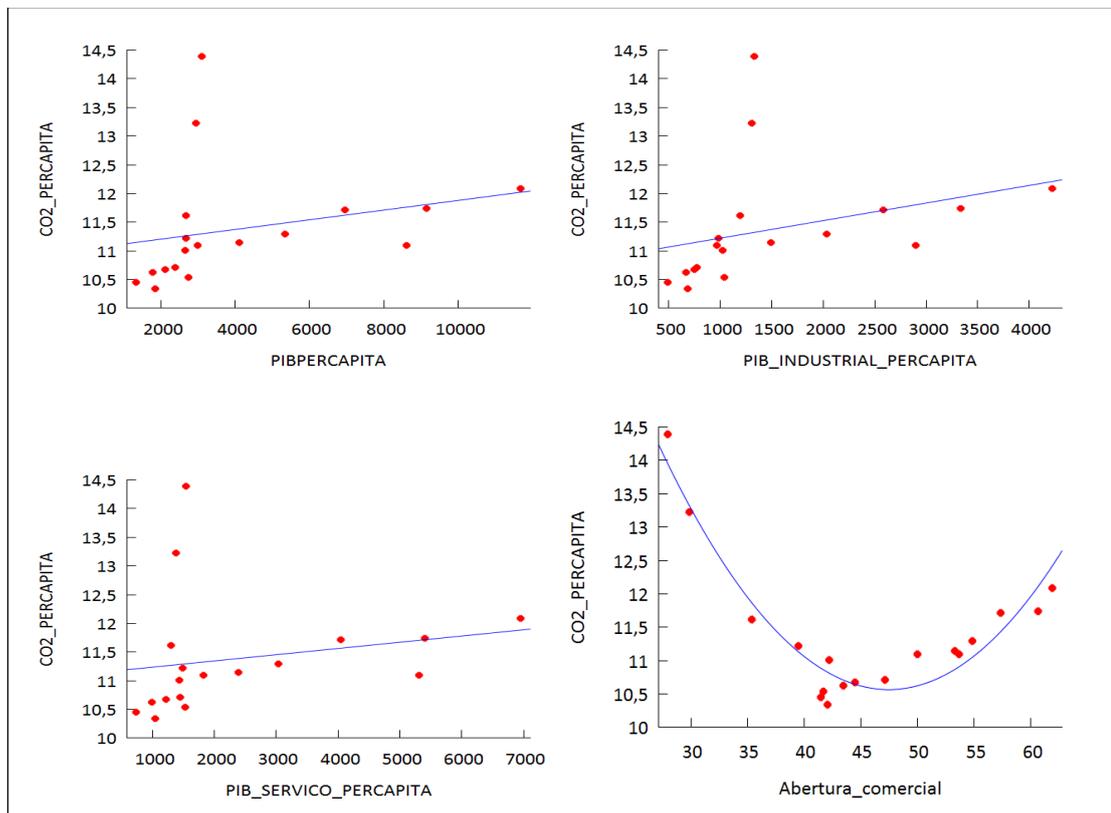
#### 4.10 RÚSSIA

Nesta subsecção apresenta-se os resultados dos modelos de regressão para a Rússia, um país em desenvolvimento, envolvendo as relações de impacto sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, devido as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.

No gráfico de dispersão superior à esquerda da Figura 19, compara-se a emissão de CO<sub>2</sub> per capita e o PIB per capita, estimada através de uma equação linear, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo J. Conforme observa-se no modelo J.1, este se apresentou corretamente ajustado, para tal foi retirado a constante, o coeficiente local mostrou-se significativo em 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F

estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$  0,69. Os gráficos localizados na parte superior à direita e na parte inferior à esquerda da Figura 19, representando respectivamente às emissões de CO<sub>2</sub> per capita em função do PIB industrial per capita e do PIB de serviços, seus respectivos modelos J.2 e J.3 do Anexo J, apresentaram-se devidamente ajustados através de um equação linear, ambos demonstrando resultados semelhantes ao modelo J.1, também necessitando a retirada da constante. Ambos gráficos apresentaram um aumento nas emissões de dióxido de carbono conforme a evolução das variáveis. No período de 1989 a 2009, a participação da indústria teve uma queda relativa de 33% e um aumento relativo nos serviços de 87%, terminando em 2009 com 34% a participação da indústria no PIB e 62% os serviços. A variável Abertura comercial, representada graficamente na parte inferior à direita da Figura 19, apresentou-se devidamente ajustado estimada através de um polinômio de 2º grau, conforme seu modelo J.4 do Anexo J, os coeficientes locais mostraram-se significantes em 1%, 1% e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$  0,89. A curva quadrática das emissões de CO<sub>2</sub> per capita *versus* Abertura comercial, apontou o início das emissões à partir

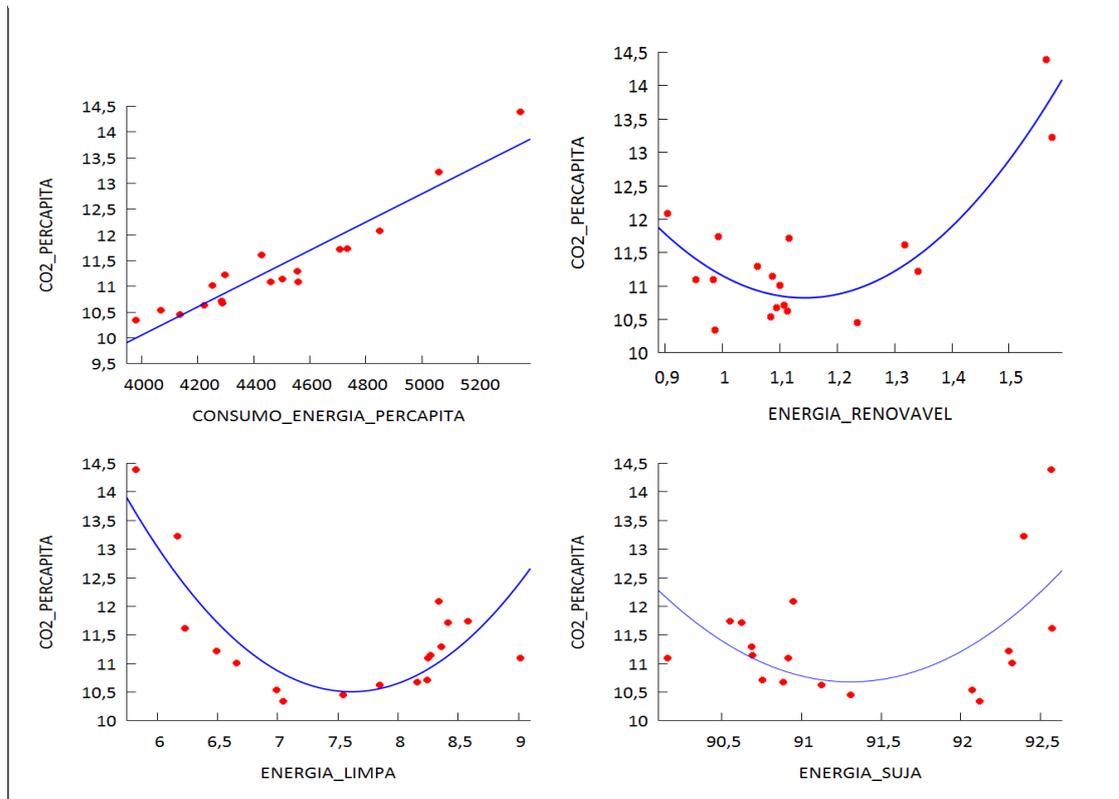
**Figura 19:** Evolução da emissão de CO<sub>2</sub> para a RUS, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial.



do grau de abertura 50%, este nível foi alcançado no ano de 2003. O grau de abertura da Rússia cresceu significativamente de 1989 para 2009, do patamar de 12% para 54%, como observável na Tabela 3 do Anexo L.

Temos na Figura 20, as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pela RUS, em função do Consumo total de energia, do Uso de energias renováveis, Uso de energia limpas e o Uso de energias sujas. Energicamente, foi analisado, no gráfico superior à esquerda da Figura 20, uma reta positivamente inclinada em relação ao Consumo de energia com as Emissões de CO<sub>2</sub>, que nos mostra que ao aumentar o consumo de energia per capita temos um aumento nas emissões de CO<sub>2</sub> per capita, conduta essa, que já era aguardada, este apresentou um modelo adequadamente ajustado, conforme modelo J.5 do Anexo J, apenas a constante não mostrou significância. O uso de energias renováveis está representado graficamente na Figura 20, no canto superior direito, estimada através de um polinômio quadrático, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo J. Conforme observa-se no modelo J.6, este se apresentou adequadamente ajustado, com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, 1%, e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado, R<sup>2</sup>, de 0,76. Conforme tabela 2 do Anexo L, o uso de fontes de energias renováveis teve uma variação negativa absoluta para o período de 1989 à 2009 de 0,40%. O gráfico inferior à esquerda da Figura 20, representa às emissões de CO<sub>2</sub> per capita em relação ao Uso de energias limpas, seu modelo J.7 localizado no Anexo J, foi adequadamente ajustado e estimado através de um polinômio de 2º, apresentando coeficientes locais significantes em 1%, 1% e 1%, respectivamente, e com significância global de 1% e coeficiente de determinação R<sup>2</sup> de 0,62. O gráfico desta relação apresentou um curva quadrática em forma de U invertido, onde houve diminuição nos níveis de emissão de CO<sub>2</sub> até o nível de 7,5% de uso de fontes limpas de energia, que ocorreu no ano de 1999, e partir do ano 2000, temos inversão desta tendência, onde o crescimento do uso de energias limpas acarretou aumentos nos níveis de emissões. A Rússia apresentou uma boa variação na utilização de fontes de energias limpas, que passou de 5,19% em 1989 para 9,02% em 2009, e uma queda de 93,39% para 90,16 no uso de fontes de energias sujas para o mesmo período, conforme Tabela 2 do Anexo L.

**Figura 20:** Evolução da emissão de CO<sub>2</sub> para a RUS, em função do Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas e Uso de energias sujas.



Conforme Quadro 10, abaixo, refere-se ao modelo de multivariáveis da RUS, submetido ao método MQO, envolvendo a emissão de CO<sub>2</sub> per capita como variável dependente e as seguintes variáveis como explicativas: relPIB, relNRJ e Abertura comercial. O modelo apresentado no Quadro 10 abaixo demonstra que os resíduos não apresentaram heterocedasticidade, mas distribuíram-se de forma anormal e com média diferente de zero, não apresentando todas as exigências do estimador clássico OSL (Ordinary Square Least) nos resíduos. O modelo apresentou uma significância global em 1%, estimada a partir de do Teste F, e seu coeficiente de determinação ajustado R<sup>2</sup> foi de 0,99, evidenciando ter forte grau de explicação para as emissões de CO<sub>2</sub>. A constante necessitou ser omitida do modelo. A variável relPIB foi ajustada por um equação linear, cujo coeficiente ( $\beta_1$ ) possui sinal negativo, demonstra um comportamento de uma reta negativamente inclinada. Esse coeficiente não apresentou significância local. A variável relNRJ, apresentou um reta positivamente inclinada, mas também não apresentou significância local. A variável Abertura comercial foi ajustada por um polinômio quadrático, cujo coeficiente ( $\beta_1$ ) ter sinal negativo e o coeficiente ( $\beta_2$ ) ter sinal positivo, demonstra um comportamento de uma curva formato de U, que era esperado para um

país em desenvolvimento. Esses coeficientes apresentaram um nível de significância locais, respectivamente, em 1% e 1%.

**Quadro 10:** Modelo Multivariáveis RUS: MQO, usando as observações 4-21 (n = 18)  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	32,1102	3,6945	8,6914	<0,0001	***
relPIB	-0,930208	1,46172	-0,6364	0,5356	
relNRJ	15,1534	16,9775	0,8926	0,3883	
Abertura_com	-0,926224	0,105981	-8,7395	<0,0001	***
sq_Abertura_com	0,00954742	0,00105945	9,0117	<0,0001	***
Média var. dependente	11,38732		D.P. var. dependente	1,023083	
Soma resíd. Quadrados	1,418210		E.P. da regressão	0,330292	
R-quadrado	0,920298		R-quadrado ajustado	0,895774	
F(4, 13)	37,52684		P-valor(F)	5,05e-07	
Log da verossimilhança	-2,672106		Critério de Akaike	15,34421	
Critério de Schwarz	19,79607		Critério Hannan-Quinn	15,95806	

**Teste de White para a heteroscedasticidade -**

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 14,3863

com p-valor =  $P(\text{Qui-quadrado}(13) > 14,3863) = 0,347212$

**Teste da normalidade dos resíduos -**

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 1,48759

com p-valor = 0,475306

#### 4.11 JAPÃO

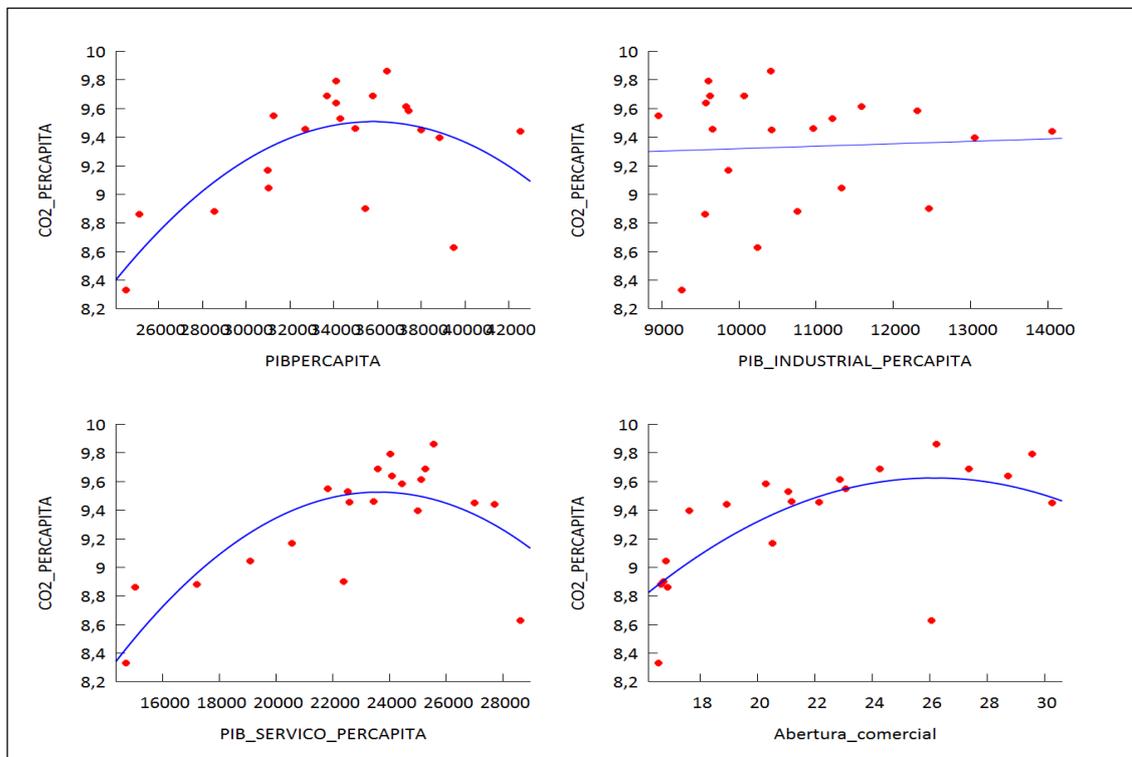
Nesta subsecção apresenta-se os resultados dos modelos de regressão para o Japão, um país desenvolvido, envolvendo as relações de impacto sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, devido as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial.

Apresenta-se na Figura 21 as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pelo JAP, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial. No gráfico superior à esquerda da Figura 21, apresenta-se a comparação entre os dados empíricos e a curva de regressão entre a emissão de CO<sub>2</sub> per capita e o PIB per capita, estimada através de um polinômio quadrático, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo K. Conforme observa-se no modelo K.1, com a retirada da constante, este se apresentou

adequadamente ajustado, com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$ , de 0,44. Os resíduos demonstraram-se um comportamento de normalidade. Estas características do modelo demonstra um comportamento característico, o qual pode ser analisado à luz da teoria anteriormente apresentada. Em particular, observa-se no gráfico superior à esquerda da Figura 1 que as emissões de  $CO_2$  aumentam com o crescimento do PIB per capita, contudo, a partir do nível de renda per capita da ordem de US\$ 38.000,00 por ano, inicia-se a queda dos níveis emissões em função do crescimento do PIB per capita. Esta característica da relação entre emissão de  $CO_2$  e PIB per capita para o JAP representada em uma curva de segundo grau (U invertido), é esperada para países desenvolvidos conforme a teoria clássica da Curva Ambiental de Kuznets. O gráfico à direita na parte superior da Figura 21, representa a emissões de  $CO_2$  per capita em função do PIB industrial per capita, este apresentou-se devidamente ajustado, conforme seu modelo K.2 do Anexo K, mas para isto foi retirado a constante, e seus resultados foram estimados através de uma função linear, apresentando coeficiente local significativo em 1% e global em 1%, com coeficiente de determinação ajustado  $R^2$ , 0,98. Expondo que o crescimento do PIB industrial per capita, mantém as emissões de  $CO_2$  estabilizadas, isto é pelo fato o Japão, mostrando que o efeito técnico neste país consegue manter ou até mesmo diminuir os níveis de emissões de dióxido de carbono. O gráfico inferior à esquerda da Figura 21, refere-se às emissões de  $CO_2$  per capita em função do PIB de serviços per capita, estimada através de um polinômio quadrático, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo K. Conforme observa-se no modelo K.3, com a constante demonstrando ser insignificante, este se apresentou adequadamente ajustado, com coeficientes locais significantes, respectivamente, em 1%, e 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$ , de 0,58. O gráfico possui um curva de 2º grau em forma de U invertido, em particular, observa-se que as emissões de  $CO_2$  per capita aumentam com o crescimento do PIB de serviços per capita, contudo, a partir do nível de renda per capita da ordem de US\$ 24.000,00 por ano, inicia-se a queda dos níveis emissões em função do crescimento do PIB per capita. Conforme Tabela 1 do Anexo L, a composição do PIB, que é a soma do PIB industrial e do PIB de serviços, passou de 37,79/60,03 em 1989, para 25,94/72,51 em 2009, que pode ser explicado à luz da teoria, do fato que os países desenvolvidos estão priorizando o PIB de serviços e exportando suas matrizes de produção intensivas em poluição para países em desenvolvimento, por

possuírem regulamentações ambientais menos rígidas. O JAP apresentou 16,55% de grau de abertura comercial no ano de 2009, no período de 1989 até 2009 constatou-se um aumento em mais de 9,5%, de acordo com a Tabela 3 do Anexo L. É visível o início da parte descende da curva no gráfico inferior à direita da Figura 21, que começa a partir dos 27% grau de abertura comercial (valor atingido em 2005), tendo um decrescimento na emissão de CO<sub>2</sub>, a partir deste ponto de máxima emissão. O modelo da variável Abertura comercial apresentou coeficiente de determinação ajustado R<sup>2</sup> 0,41, conforme modelo K.4 do Anexo K, significando que esta variável tem considerável causalidade nas emissões de CO<sub>2</sub>. Esta queda nas emissões de CO<sub>2</sub> em função da abertura comercial, é explicada pelo que quando o grau de abertura comercial aumenta, ela tende a aumentar o investimento em novas tecnologias que incorporam processos mais limpos para atender às normas ambientais mais elevadas, e quanto mais aumentamos a liberalização, mais as pessoas fazem esforços para alcançar padrões internacionais de meio ambiente para o comércio internacional, colaboração e propósitos competitivos.

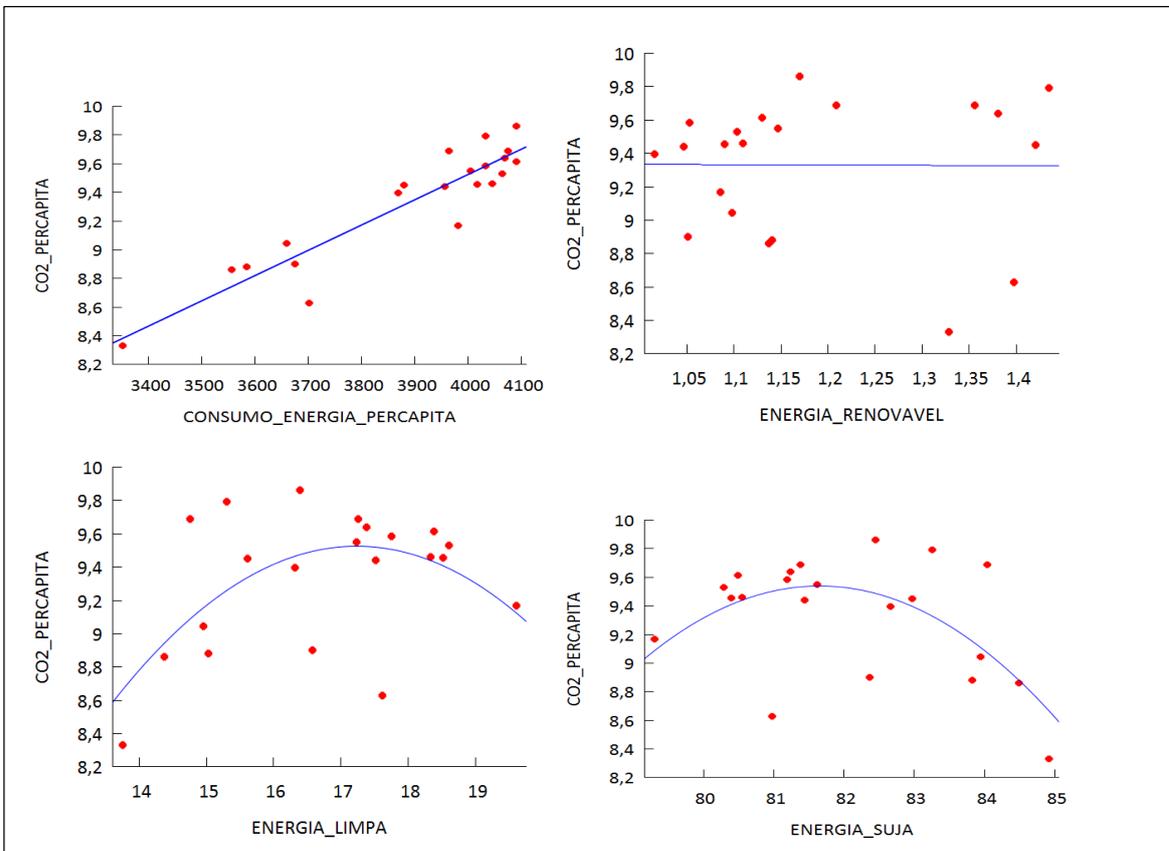
**Figura 21:** Evolução da emissão de CO<sub>2</sub> para o JAP, em função do PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita e Abertura comercial.



Temos na Figura 22, as evoluções da emissão de CO<sub>2</sub> pelo JAP, em função do Consumo total de energia, do Uso de energias renováveis, Uso de energia limpas e o Uso de energias sujas. Energicamente, foi analisado, no gráfico superior à esquerda da Figura 22, uma reta positivamente inclinada em relação ao Consumo de energia com as Emissões de CO<sub>2</sub>, que nos mostra que ao aumentar o consumo de energia per capita temos um aumento nas emissões de CO<sub>2</sub> per capita, esse resultado que já era aguardado, apresentou um modelo estimado através de uma equação linear, adequadamente ajustado, conforme modelo K.5 do Anexo K. O uso de energias renováveis está representado graficamente na Figura 22, no canto superior direito, estimada através de uma equação linear, cujos os resultados encontram-se apresentados no Anexo K. Conforme observa-se no modelo K.6, retirando a constante, este se apresentou adequadamente ajustado, com coeficiente local significativo em 1%. Também constata-se nesse modelo, através do p-valor da estatística F estimada que o mesmo apresenta uma significância global de 1% e um coeficiente de determinação ajustado, R<sup>2</sup>, de 0,98. Em seu gráfico, as energias renováveis apresentou um reta, que mostrou leve redução nos níveis de emissões conforme o aumento do uso de fontes renováveis, esta pequena variação angular, deve-se à pequena variação do uso de fontes de energias renováveis para o período de 1989 à 2009, que foi de um aumento absoluto de 0,40%, segundo Tabela 2 do Anexo L.

Ambos os gráficos situados na parte de baixo da Figura 22, representando às emissões de CO<sub>2</sub> per capita em função ao Uso de energias limpas e do Uso de energias sujas, respectivamente, exibiram uma curva de segundo grau virada para baixo. Seus respectivos modelos, K.7 e K.8 do Anexo K, também demonstraram estar adequadamente ajustados. No gráfico inferior à esquerda, mostrou que à partir do nível 17,80% do uso de fontes de energias limpas, a curva inicia sua descida, nível esse que foi obtido no ano de 1996, conforme Tabela 2 do Anexo L. Pode se dizer que este país está investindo em aprimoramento tecnológicos para poluir menos nos processos de produção. Nesse período de vinte anos, o Japão evidenciou um acréscimo no uso de fontes de energias limpas e um decréscimo no uso de fontes de energias sujas, ambos no valor absoluto de 4%, o que mostra que este país está priorizando o uso de fontes de energias limpas ao invés de sujas. O Japão apresentou todas as características de um país desenvolvido graficamente, conforme as teorias estudadas nos capítulos anteriores.

**Figura 22:** Evolução da emissão de CO2 para o JAP, em função do Consumo total de energia, Uso de energias renováveis, Uso de energias limpas e Uso de energias sujas.



Conforme Quadro 11, abaixo, refere-se ao modelo de multivariáveis do JAP, submetido ao método MQO, envolvendo a emissão de CO2 per capita como variável dependente e as seguintes variáveis como explicativas: relPIB, relNRJ e Abertura comercial. Em particular, cabe ressaltar que por motivos de multicolinearidade, tornou-se necessário criar as variáveis relPIB, que é o PIB industrial per capita dividido pelo PIB de serviços per capita, assim como a variável relNRJ, que é a soma das energias renováveis e limpas, dividido pela energia suja. Com esse mecanismo de transformação dessas variáveis tornou-se possível dirimir os efeitos de multicolinearidade entre as variáveis explicativas do modelo, atingindo um grau aceitável. O modelo apresentado no Quadro 11 abaixo demonstra que os resíduos não apresentaram heterocedasticidade e distribuindo-se de forma normal e com média zero, conforme exigência do estimador clássico OLS (Ordinary Square Least) nos resíduos. O modelo apresentou uma significância global em 1%, estimada a partir de do Teste F, e seu coeficiente de determinação ajustado  $R^2$  foi de 0,94, evidenciando ter um nível elevado de explicação para as emissões de CO<sub>2</sub>. A constante apresentou-se negativa, com significância no

coeficiente em 1%. A variável relPIB foi ajustada por um polinômio cúbico, cujo coeficiente ( $\beta_1$ ) ter sinal positivo e o coeficiente ( $\beta_2$ ) ter sinal negativo, e ( $\beta_3$ ) ter sinal positivo, demonstra um comportamento de uma curva formato de N. Esses coeficientes apresentaram um nível de significância locais, respectivamente, em 1%, 1%, e 1%. Os resultados da variável relNRJ teve resultados semelhantes. Já a variável Abertura comercial, apresentou uma curva de U-invertido, com coeficientes locais significantes em 1% e 1%. Evidenciando que um aumento de nível de abertura, provoca queda nos níveis de emissões de CO<sub>2</sub>. A constante tem forte impacto negativo, mas a variável relPIB é que tem maior influência sobre as emissões de CO<sub>2</sub>.

**Quadro 11:** Modelo Multivariáveis JAP: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	-118,304	24,2642	-4,8756	0,0004	***
relPIB	221,218	53,5882	4,1281	0,0014	***
sq_relPIB	-404,875	111,526	-3,6303	0,0034	***
cub_relPIB	245,541	75,1878	3,2657	0,0068	***
relNRJ	1038,23	301,459	3,4440	0,0049	***
sq_relNRJ	-4461,59	1358,38	-3,2845	0,0065	***
cub_relNRJ	6283,08	2030,55	3,0943	0,0093	***
Abertura_com	0,674124	0,160526	4,1995	0,0012	***
sq_Abertura_com	-0,0122532	0,00310023	-3,9524	0,0019	***
Média var. dependente	9,331503		D.P. var. dependente	0,409073	
Soma resíd. quadrados	0,113152		E.P. da regressão	0,097105	
R-quadrado	0,966191		R-quadrado ajustado	0,943652	
F(8, 12)	42,86708		P-valor(F)	1,15e-07	
Log da verossimilhança	25,04953		Critério de Akaike	-32,09906	
Critério de Schwarz	-22,69836		Critério Hannan-Quinn	-30,05887	

**Teste de White para a heteroscedasticidade -**

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 15,8679

com p-valor = P(Qui-quadrado(13) > 15,8679) = 0,256335

**Teste da normalidade dos resíduos -**

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 1,80631

com p-valor = 0,405289

## 5 CONCLUSÃO

A análise tem encontrado um padrão que parece consistente com a Hipótese dos Portos de Poluição, onde a participação das indústrias intensivas em poluição caiu de forma consistente nos países da OCDE e tem aumentado de forma constante nos países em desenvolvimento, tirando em consideração, a Austrália, que apresentou tendência fora dos padrões de economias desenvolvidas. Os resultados, no entanto, também sugerem que há alguns países que se encontram atrasados em seus esforços para controlar os níveis de emissões de CO<sub>2</sub> e poderá levar anos para recuperar o atraso e reverter essa tendência.

A relação entre o crescimento da renda e o meio ambiente, mostra que os países desenvolvidos já estão fazendo escolhas sociais que condizem com a parte descendente da Curva Ambiental de Kuznets, os países se tornam menos poluídos com o aumento da renda e isso faz com que haja um ambiente mais limpo. Em cada nível de desenvolvimento, a transferência de tecnologias de controle de poluição, os sistemas de informação adequados para a regulamentação e a divulgação pública de informação ambiental, podem ajudar os países em desenvolvimento a se aproximarem de níveis de poluição mais adequados. Foi observado no trabalho que os países desenvolvidos apresentaram queda no uso de fontes de energias sujas e um crescimento no uso de fontes limpas/renováveis no consumo total de energia, diferentemente dos países em desenvolvimento, que apresentaram um aumento no uso de fontes de energias fósseis, como carvão e petróleo, no consumo total de energia.

Nos países em rápida industrialização, que se encontram na parte ascendente da CAK, as exportações de manufaturados têm sido uma fonte chave de dirigir seu consumo de energia. Este rápido aumento da energia, combinado com regulamentações ambientais tênues, mais precisamente em matéria de dióxido de carbono, resultou em aumentos rápidos nos níveis de emissões deste. A maioria das exportações dos países em processo de industrialização são consumidas nos países industrializados, neste sentido os países industrializados tiveram uma diminuição nas emissões de CO<sub>2</sub>. A análise indica que, para além da mudança estrutural, que é o crescimento da participação dos serviços no PIB e o decréscimo da participação da indústria no PIB, as importações de bens manufaturados por esses países desenvolvidos também têm desempenhado um papel importante neste declínio das emissões. Com o aumento do

comércio mundial, é provável que esta tendência intensifique-se. Nas últimas três décadas, foi observado que os países em desenvolvimento adotaram políticas mais abertas em relação ao comércio, mais do que dobrando os níveis de abertura comercial para o período de 1989 até 2009, e esta abertura comercial é acompanhada de aumento nos níveis de emissões de CO<sub>2</sub>.

Conclui-se que todos os fatores como, o tipo de fonte de energia, a mudança estrutural do país (composição do PIB, serviços/indústria), abertura comercial, renda, diferenças nas regulamentações ambientais, impactam nos níveis de emissões de CO<sub>2</sub>. Não havendo mudanças significativas, em um futuro próximo, acerca da conscientização do meio ambiente à nível mundial, com investimentos mais expressivos em fontes de energia limpas ou renováveis e redução expressiva no uso de fontes energéticas fósseis, teremos más previsões para o aquecimento global e suas prováveis consequências.

O sistema financeiro e produtivo global é conceituado quase que exclusivamente em parâmetros de “lucro”, e isto tem de alterar-se. As camadas participativas no âmbito do desenvolvimento à nível de governo, ONGs, empresariado e corporações, devem focar no respeito ao meio ambiente e fatores essencial ao equilíbrio terrestre. Empreender deve ir ao par com novas noções e normas para alcançar uma sustentabilidade que caminhe ao lado da natureza, respeitando toda a cadeia viva e humana sobre a terra. Pode parecer utopia no sentido puramente micro e macroeconômico, mas perpetuar os conceitos atuais de ganho à todo custo, baseados por exemplo no PIB, noção esta desqualificada, pouco acrescenta ao índice de desenvolvimento humano. A proteção climática deve fazer-se presente, pois é a essência para uma real qualidade de vida e respeito à humanidade. As políticas internacionais voltadas para o meio ambiente carecem de força, como já visto com o Protocolo de Kyoto e seus pífios resultados, na conferência climática no Rio de Janeiro, com seus resultados nulos e em um documento final modificado pela ONU, advindo da incoerente demanda do governo brasileiro afim de apresentar ao mundo um desfecho somente politicamente correto e de pura demagogia internacional.

## REFERÊNCIAS

APERGIS, Nikolaos. PAYNE, James. CO<sub>2</sub> emissions, energy usage, and output in Central America. Elsevier: **Energy Policy**, v.37, 2009.

ARRAES, M.; DINIZ, M. Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. **Revista Econ. Sociol. Rural**, v.44 n.3 Brasília, jul./sep. 2006.

ARROW, Kenneth. et al. Economic Growth, Carrying Capacity and the Environment. Elsevier: **Ecological Economics**, v.15, 1995.

BERNSTEIN, Lenny. et al. **Summary for Policymakers**. Climate Change 2007: Synthesis Report, 2007.

BRITO, Ricardo. MELO, Andrea. **Curva de Kuznets Ambiental: Uma revisão crítica**. IX Encontro Nacional da ECOECO: Brasília DF, Outubro de 2011.

CAMPOS DE ANDRADE, André L. **Energia e mudanças climáticas: uma discussão da matriz energética brasileira e do setor de transportes**. Florianópolis (SC): UFSC – Programa de PósGraduação em Economia (Dissertação de Mestrado), 2010, 164p

CHOI, E. HESHMATI, A.; CHO, Y. An Empirical Study of the relationships between CO<sub>2</sub> Emissions, Economic Growth and Openness. **IZA Discussion Paper**, no. 5304, nov/ 2010.

COLE, Matthew A. **Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages**. Elsevier: **Ecological Economics**, v.48, 2004.

DA SILVA, Darly H. Protocolos de Montreal e Kyoto: pontos em comum e diferenças fundamentais. **Revista Brasileira de Política Internacional**. vol. 52, núm. 2, pp. 155- 172. Instituto Brasileiro de Relações Internacionais: Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/358/35814269009.pdf>> Acesso em: 20 de Maio de 2015.

DE BRUYN, S. M.; VAN DER BERGH, J. C. J. M., OPSCHOOR, J. B. **Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of the environmental Kuznets curves**. Elsevier: **Ecological Economics**, v.25, 1998.

DINDA, Soumyananda. A Theoretical Basis for the Environmental Kuznets Curve. Elsevier: **Ecological Economics**, v.53, 2005.

DINDA, Soumyananda. **Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey**. Elsevier: **Ecological Economics**, v.49, 2004.

**Educação Ambiental e Cidadania: Efeito Estufa**. Disponível em: <<http://www.usp.br/qambiental/tefeitoestufa.htm>> Acesso em: 03 de Abril de 2015.

**Entenda: Brics**. São Paulo: G1, 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2014/07/entenda-brics.html>>. Acesso em: 03 de Maio de 2015.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. **National Bureau of Economic Research Working Paper**, v.3914: NBER, Cambridge, MA, 1991.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. Economic Growth and the Environment. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 110, n. 2, pp. 353 – 377, 1995.

GUJARATI, Dadomar N. **Econometria Básica**. 4ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HALICIOGLU, Ferda. (2009) “An Econometric Study of CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey”, **Energy Policy**, Vol.37, No.3, pp.1156-1164.

HE, J.; RICHARD, P. Environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub> in Canada. Elsevier: **Ecological Economics**, v.69, 2010.

HETTIGE, H., MANI, M., WHEELER, D.R. **Industrial Pollution in Economic Development: Kuznets Revisited. Policy Research Working Paper 1876**. Washington, DC: World Bank, 1998

HILGEMBERG, E.M; GUILHOTO, J.M. **Uso de combustíveis e emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto**. Belo Horizonte: Nova Economia, 2006.

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

JAUNKY, Vishal. **The CO<sub>2</sub> emissions-income nexus: Evidence from rich countries**. Elsevier: **Energy Policy**, v.39, 2011.

JAYANTHAKUMARAN, K.; VERMA, R.; LIU, Y. **CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, trade and income: A comparative analysis of China and India**. Elsevier: **Energy Policy**, v.42, 2010.

KEARSLEY, Aaron; RIDDEL, Mary. A further inquiry into the Pollution Haven Hypothesis and the Environmental Kuznets Curve. **Ecological Economics**. v.69, 2010. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/e/pri190.html>>. Acesso em 20 de Maio de 2015.

KUZNETS, Simon. **Crescimento econômico moderno: ritmo, estrutura e difusão**. São Paulo: Nova Cultural, 1986.

LUCENA, André. **Estimativa de uma Curva de Kuznets Ambiental aplicada ao uso de energia e suas implicações para as emissões de carbono no Brasil**. Dissertação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Agosto de 2005. Disponível em: <[http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi\\_en/artigos/mesa1/estimativa\\_kuznets.pdf](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi_en/artigos/mesa1/estimativa_kuznets.pdf)> Acesso em: 20 de Abril de 2015.

MANI, Muthukumara. (1996). Environmental Tariffs on Polluting Imports: An Empirical Study. **Environmental and Resource Economics**. v7, 391-411, 1996.

MAZZERO, M.F.; ALMEIDA, L. T.; MIRANDA S.H.G. Análise Ambiental do Comércio Bilateral Brasil-China Segundo as Emissões de CO<sub>2</sub>. **Revista Iniciativa Econômica**. v1, n.2. São Paulo. 2013. Disponível em: <<http://seer.fclar.unesp.br/iniciativa/article/view/6674>>. Acesso em: 15 de Maio de 2015.

MODY, A.; WHEELER, D.R. (1990). Automation and World Competition: New Technologies, Industrial Location, and Trade. London: **Macmillan Press**, 1990.

NARAYAN, P.; NARAYAN S. **Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries**. Elsevier: **Energy Policy**, v.38, 2010.

OLIVIER, Jos G.J. et al. **Long-term trend in global CO<sub>2</sub> emissions**. JRC European Commission, 2011.

OZTURK, I.; ACARAVCI, A. CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. Elsevier: **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, 2010.

PANAYOTOU, Theodore. **Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development**. Geneva: International Labor Office, Technology and Employment Programme, 1993.

PAO, H.; TSAI, C. **CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries**. Elsevier: **Energy Policy**, v.38, 2010.

SABOORI, B.; SULAIMAN, J. **Environmental degradation, economic growth and energy consumption: Evidence of the environmental Kuznets curve in Malaysia**. Elsevier: **Energy Policy**, v.60, 2013.

SALLOWICZ, Mariana. **Poluição gerada pelo Brasil já é preocupante, diz especialista**.

Folha de São Paulo. São Paulo, 2013. Disponível em:

<<http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2013/10/1353515-poluicao-gerada-pelo-brasil-ja-e-preocupante-diz-especialista.shtml>>. Acesso em: 19 de Abril de 2015.

SANTIN, M.F.C.L; ALVIM, A.M. **Os impactos do crescimento econômico sobre o aquecimento terrestre: a contribuição dos países em desenvolvimento**. Porto Alegre. Disponível em:

<[http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii\\_en/mesa2/trabalhos/impactos\\_do\\_crescimento\\_economico.pdf](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii_en/mesa2/trabalhos/impactos_do_crescimento_economico.pdf)> Acesso em: 21 de Abril de 2015.

SARTOR, M.J; RIDÃO M.A.; RODRIGUES R.L.; LOPES R.L. **Balança Comercial de CO<sub>2</sub>: Uma Análise para a Economia Brasileira**. Porto Alegre, 2010. Artigo apresentado na ANPEC Sul - XIII Encontro Regional de Economia.

SELDEN, T. M.; SONG, D. **Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?** *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 27, 1994.

SERRA, Maurício. Aquecimento Global: evidências e preocupações. **Economia & Tecnologia**. v.09, ano 03, Abr./Jun. de 2007.

- SERRANO, André L. M. **Ensaio Sobre Evidências Empíricas da Relação entre Renda, Desigualdade e Meio Ambiente**. 2012. 139 f. Tese (Doutorado em Economia) Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- SHAFIK, N.; BANDYOPADHYAY, S., 1992, “**Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross Country-Evidence**”, World Bank Policy Research Working Paper, WPS 904.
- SOYTAS, U.; SARI, R. **Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member**. Elsevier: **Ecological Economics**, v.68, 2009.
- STERN, David I. The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. **World Development**, v. 32, n. 8, p. 1419 – 1439, 2004.
- STERN, David I.; COMMON, M. S., BARBIER, E. B. **Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development**. **World Development**, v. 24, p. 1151 – 1160, 1996.
- SURI, V.; CHAPMAN, D. **Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve**. Elsevier: **Ecological Economics**, v.25, 1998.
- TUFFANI, Maurício. **Dez anos depois, Protocolo de Kyoto falhou em reduzir emissões mundiais**. Folha de São Paulo. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2015/02/1590476-dez-anos-depois-protocolo-de-kyoto-falhou-em-reduzir-emissoes-mundiais.shtml>>. Acesso em: 10 de Abril de 2015.
- UNRUH, G.C.; MOONMAW, W.R. An Alternative Analysis of Apparent EKC-type Transitions. Elsevier: **Ecological Economics**, v.25, 1998.
- VIDAL, Samuel. **Controlando o efeito global: como reduzir em 30% as emissões de gases estufa até 2030**. Disponível em: <[http://www.cairu.br/biblioteca/arquivos/Meio\\_ambiente/Controlando\\_aquecimento%20global.pdf](http://www.cairu.br/biblioteca/arquivos/Meio_ambiente/Controlando_aquecimento%20global.pdf)>. Acesso em: 30 de Maio de 2015.
- VIOLA, Eduardo. O Regime Internacional de Mudança Climática e o Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**. v.17, 50.ed, 2002.
- ZHANG, X.; CHENG, X. Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China. Elsevier: **Ecological Economics**, v.68, 2009.

## ANEXO A

**A.1 Modelos de regressão sobre as relações entre as emissões de CO<sub>2</sub> e as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial para os EUA**

Modelo A.1: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	9,78604	1,82691	5,3566	<0,0001	***
PIBPERCAPITA	0,000601032	0,000106211	5,6588	<0,0001	***
sq_PIBPERCAPITA	-8,89349e-09	1,47519e-09	-6,0287	<0,0001	***
Média var. dependente	19,30193		D.P. var. dependente		0,712394
Soma resíd. quadrados	2,716467		E.P. da regressão		0,388478
R-quadrado	0,732371		R-quadrado ajustado		0,702634
F(2, 18)	24,62861		P-valor(F)		7,04e-06
Log da verossimilhança	-8,323211		Critério de Akaike		22,64642
Critério de Schwarz	25,77999		Critério Hannan-Quinn		23,32649

Modelo A.2: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	6,23675	5,95797	1,0468	0,3091	
PIB_IND_PCAP	0,00337286	0,00143393	2,3522	0,0302	**
sq_PIB_IND_PCAP	-2,11962e-07	8,47835e-08	-2,5000	0,0223	**
Média var. dependente	19,30193		D.P. var. dependente		0,712394
Soma resíd. quadrados	6,524665		E.P. da regressão		0,602064
R-quadrado	0,357183		R-quadrado ajustado		0,285759
F(2, 18)	5,000872		P-valor(F)		0,018741
Log da verossimilhança	-17,52391		Critério de Akaike		41,04783
Critério de Schwarz	44,18140		Critério Hannan-Quinn		41,72789

Modelo A.3: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	11,5687	1,3261	8,7238	<0,0001	***
PIB_SERV_PCAP	0,000666195	0,000104018	6,4046	<0,0001	***
sq_PIB_SERV_PCAP	-1,31828e-08	1,92498e-09	-6,8483	<0,0001	***
Média var. dependente	19,30193		D.P. var. dependente		0,712394
Soma resíd. quadrados	2,291184		E.P. da regressão		0,356774
R-quadrado	0,774270		R-quadrado ajustado		0,749189
F(2, 18)	30,87066		P-valor(F)		1,52e-06
Log da verossimilhança	-6,535443		Critério de Akaike		19,07089
Critério de Schwarz	22,20445		Critério Hannan-Quinn		19,75095

Modelo A.4: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	4,71059	3,10663	1,5163	0,1468	
Ab_comercial	1,42376	0,286967	4,9614	0,0001	***
sq_Ab_comercial	-0,0332984	0,00644693	-5,1650	<0,0001	***
Média var. dependente	19,30193		D.P. var. dependente	0,712394	
Soma resíd. Quadrados	3,671177		E.P. da regressão	0,451613	
R-quadrado	0,638312		R-quadrado ajustado	0,598124	
F(2, 18)	15,88330		P-valor(F)	0,000106	
Log da verossimilhança	-11,48560		Critério de Akaike	28,97120	
Critério de Schwarz	32,10477		Critério Hannan-Quinn	29,65127	

Modelo A.5: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	-2,68378	3,92128	-0,6844	0,5020	
CONS_ENER_PCAP	0,00283685	0,000505812	5,6085	<0,0001	***
Média var. dependente	19,30193		D.P. var. dependente	0,712394	
Soma resíd. Quadrados	3,822229		E.P. da regressão	0,448520	
R-quadrado	0,623430		R-quadrado ajustado	0,603610	
F(1, 19)	31,45541		P-valor(F)	0,000021	
Log da verossimilhança	-11,90898		Critério de Akaike	27,81796	
Critério de Schwarz	29,90700		Critério Hannan-Quinn	28,27133	

Modelo A.6: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
RENOVAVEL	13,5391	0,427501	31,6703	<0,0001	***
sq_RENOVAVEL	-2,31108	0,126276	-18,3018	<0,0001	***
Média var. dependente	19,30193		D.P. var. dependente	0,712394	
Soma resíd. Quadrados	4,107466		E.P. da regressão	0,464954	
R-quadrado	0,999476		R-quadrado ajustado	0,999448	
F(2, 19)	18109,47		P-valor(F)	6,86e-32	
Log da verossimilhança	-12,66469		Critério de Akaike	29,32938	
Critério de Schwarz	31,41842		Critério Hannan-Quinn	29,78276	

Modelo A.7: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	-67,2609	29,2945	-2,2960	0,0339	**
ENER_LIMPA	17,0694	5,53835	3,0820	0,0064	***
sq_ENER_LIMPA	-0,837834	0,261859	-3,1996	0,0050	***
Média var. dependente	19,30193		D.P. var. dependente	0,712394	
Soma resíd. Quadrados	5,361744		E.P. da regressão	0,545779	
R-quadrado	0,471755		R-quadrado ajustado	0,413061	
F(2, 18)	8,037553		P-valor(F)	0,003203	
Log da verossimilhança	-15,46276		Critério de Akaike	36,92552	
Critério de Schwarz	40,05909		Critério Hannan-Quinn	37,60559	

Modelo A.8: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	-3868,17	1286,24	-3,0074	0,0076	***
ENER_SUJA	90,0868	30,0435	2,9985	0,0077	***
sq_ENER_SUJA	-0,521872	0,175434	-2,9748	0,0081	***
Média var. dependente	19,30193		D.P. var. dependente	0,712394	
Soma resíd. quadrados	4,325587		E.P. da regressão	0,490215	
R-quadrado	0,573838		R-quadrado ajustado	0,526487	
F(2, 18)	12,11875		P-valor(F)	0,000464	
Log da verossimilhança	-13,20798		Critério de Akaike	32,41595	
Critério de Schwarz	35,54952		Critério Hannan-Quinn	33,09602	

## ANEXO B

**Modelos de regressão sobre as relações entre as emissões de CO<sub>2</sub> e as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial para o CAN**

Modelo B.1: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-7,91859	10,0178	-0,7905	0,4402	
PIBPERCAPITA	0,0022459	0,000994187	2,2590	0,0373	**
sq_PIBPERCAPITA	-6,45896e-08	3,15077e-08	-2,0500	0,0561	*
cub_PIBPERCAPITA	5,93699e-013	3,21009e-013	1,8495	0,0819	*
Média var. dependente	16,52194		D.P. var. dependente	0,653062	
Soma resíd. Quadrados	4,969577		E.P. da regressão	0,540674	
R-quadrado	0,417386		R-quadrado ajustado	0,314572	
F(3, 17)	4,059610		P-valor(F)	0,024027	
Log da verossimilhança	-14,66524		Critério de Akaike	37,33048	
Critério de Schwarz	41,50857		Critério Hannan-Quinn	38,23723	

Modelo B.2: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
PIB_IND_PCAP	0,00507245	0,000239296	21,1973	<0,0001	***
sq_PIB_IND_PCAP	-4,89862e-07	5,17558e-08	-9,4649	<0,0001	***
cub_PIB_IND_PCAP	1,52145e-011	2,58529e-012	5,8850	<0,0001	***
Média var. dependente	16,52194		D.P. var. dependente	0,653062	
Soma resíd. quadrados	6,957344		E.P. da regressão	0,621707	
R-quadrado	0,998788		R-quadrado ajustado	0,998653	
F(3, 18)	4945,023		P-valor(F)	1,99e-26	
Log da verossimilhança	-18,19810		Critério de Akaike	42,39620	
Critério de Schwarz	45,52977		Critério Hannan-Quinn	43,07627	

Modelo B.3: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	9,27767	2,12069	4,3748	0,0004	***
PIB_SERV_PCAP	0,000731047	0,000215984	3,3847	0,0033	***
sq_PIB_SERV_PCAP	-1,64661e-08	4,96346e-09	-3,3175	0,0038	***
Média var. dependente	16,52194		D.P. var. dependente		0,653062
Soma resíd. Quadrados	5,148400		E.P. da regressão		0,534810
R-quadrado	0,396421		R-quadrado ajustado		0,329357
F(2, 18)	5,911062		P-valor(F)		0,010632
Log da verossimilhança	-15,03643		Critério de Akaike		36,07285
Critério de Schwarz	39,20642		Critério Hannan-Quinn		36,75292

Modelo B.4: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	33,871	6,35114	5,3331	<0,0001	***
Ab_comercial	-0,625595	0,208653	-2,9983	0,0077	***
sq_Ab_comercial	0,00542011	0,00168315	3,2202	0,0047	***
Média var. dependente	16,52194		D.P. var. dependente		0,653062
Soma resíd. quadrados	3,457183		E.P. da regressão		0,438253
R-quadrado	0,594693		R-quadrado ajustado		0,549659
F(2, 18)	13,20539		P-valor(F)		0,000295
Log da verossimilhança	-10,85499		Critério de Akaike		27,70998
Critério de Schwarz	30,84355		Critério Hannan-Quinn		28,39005

Modelo B.5: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	4,52909	2,82488	1,6033	0,1254	
CONS_ENER_PCAP	0,00151283	0,000356099	4,2484	0,0004	***
Média var. dependente	16,52194		D.P. var. dependente		0,653062
Soma resíd. quadrados	4,374424		E.P. da regressão		0,479826
R-quadrado	0,487159		R-quadrado ajustado		0,460168
F(1, 19)	18,04854		P-valor(F)		0,000435
Log da verossimilhança	-13,32586		Critério de Akaike		30,65172
Critério de Schwarz	32,74077		Critério Hannan-Quinn		31,10510

Modelo B.6: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	1796,52	548,07	3,2779	0,0044	***
RENOVAVEL	-1250,37	383,499	-3,2604	0,0046	***
sq_RENOVAVEL	291,768	89,2266	3,2700	0,0045	***
cub_RENOVAVEL	-22,6181	6,90327	-3,2764	0,0045	***
Média var. dependente	16,52194		D.P. var. dependente		0,653062
Soma resíd. quadrados	4,538102		E.P. da regressão		0,516669
R-quadrado	0,467970		R-quadrado ajustado		0,374083
F(3, 17)	4,984368		P-valor(F)		0,011621
Log da verossimilhança	-13,71157		Critério de Akaike		35,42313
Critério de Schwarz	39,60122		Critério Hannan-Quinn		36,32988

Modelo B.7: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	23,1541	1,14339	20,2505	<0,0001	***
ENER_LIMPA	-0,309632	0,0532234	-5,8176	<0,0001	***
Média var. dependente	16,52194		D.P. var. dependente		0,653062
Soma resíd. quadrados	3,066848		E.P. da regressão		0,401762
R-quadrado	0,640454		R-quadrado ajustado		0,621531
F(1, 19)	33,84449		P-valor(F)		0,000013
Log da verossimilhança	-9,597052		Critério de Akaike		23,19410
Critério de Schwarz	25,28315		Critério Hannan-Quinn		23,64748

Modelo B.8: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-13,8513	4,93179	-2,8086	0,0112	**
ENER_SUJA	0,404297	0,0656371	6,1596	<0,0001	***
Média var. dependente	16,52194		D.P. var. dependente		0,653062
Soma resíd. quadrados	2,846242		E.P. da regressão		0,387043
R-quadrado	0,666318		R-quadrado ajustado		0,648755
F(1, 19)	37,94036		P-valor(F)		6,41e-06
Log da verossimilhança	-8,813217		Critério de Akaike		21,62643
Critério de Schwarz	23,71548		Critério Hannan-Quinn		22,07981

## ANEXO C

**Modelos de regressão sobre as relações entre as emissões de CO<sub>2</sub> e as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial para o AUS**

Modelo C.1: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	16,2746	0,301593	53,9622	<0,0001	***
PIBPERCAPITA	4,46535e-05	1,11116e-05	4,0186	0,0007	***
Média var. dependente	17,41316		D.P. var. dependente		0,628057
Soma resíd. quadrados	4,264462		E.P. da regressão		0,473757
R-quadrado	0,459449		R-quadrado ajustado		0,430999
F(1, 19)	16,14931		P-valor(F)		0,000734
Log da verossimilhança	-13,05854		Critério de Akaike		30,11708
Critério de Schwarz	32,20613		Critério Hannan-Quinn		30,57046

Modelo C.2: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	16,3004	0,31715	51,3963	<0,0001	***
PIB_IND_PCAP	0,000155905	4,18342e-05	3,7267	0,0014	***
Média var. dependente	17,41316		D.P. var. dependente		0,628057
Soma resíd. Quadrados	4,557614		E.P. da regressão		0,489770
R-quadrado	0,422290		R-quadrado ajustado		0,391884
F(1, 19)	13,88846		P-valor(F)		0,001430
Log da verossimilhança	-13,75662		Critério de Akaike		31,51323
Critério de Schwarz	33,60228		Critério Hannan-Quinn		31,96661

Modelo C.3: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	16,3003	0,288763	56,4487	<0,0001	***
PIB_SERV_PCAP	6,35185e-05	1,54151e-05	4,1205	0,0006	***
Média var. dependente	17,41316		D.P. var. dependente		0,628057
Soma resíd. Quadrados	4,166135		E.P. da regressão		0,468263
R-quadrado	0,471912		R-quadrado ajustado		0,444118
F(1, 19)	16,97889		P-valor(F)		0,000582
Log da verossimilhança	-12,81361		Critério de Akaike		29,62721
Critério de Schwarz	31,71626		Critério Hannan-Quinn		30,08059

Modelo C.4: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	14,3466	0,663638	21,6181	<0,0001	***
Ab_comercial	0,0849697	0,0181949	4,6700	0,0002	***
Média var. dependente	17,41316		D.P. var. dependente		0,628057
Soma resíd. Quadrados	3,673068		E.P. da regressão		0,439681
R-quadrado	0,534412		R-quadrado ajustado		0,509908
F(1, 19)	21,80865		P-valor(F)		0,000167
Log da verossimilhança	-11,49101		Critério de Akaike		26,98202
Critério de Schwarz	29,07106		Critério Hannan-Quinn		27,43539

Modelo C.5: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	8,1031	1,90615	4,2510	0,0004	***
CONS_ENER_PCAP	0,00172388	0,000352523	4,8901	0,0001	***
Média var. dependente	17,41316		D.P. var. dependente		0,628057
Soma resíd. Quadrados	3,492926		E.P. da regressão		0,428764
R-quadrado	0,557247		R-quadrado ajustado		0,533944
F(1, 19)	23,91328		P-valor(F)		0,000102
Log da verossimilhança	-10,96299		Critério de Akaike		25,92598
Critério de Schwarz	28,01503		Critério Hannan-Quinn		26,37936

Modelo C.6: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	Coeficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
Const	41,5299	12,8963	3,2203	0,0047	***
RENOVAVEL	-11,4276	6,13117	-1,8639	0,0787	*
sq_ RENOVAVEL	1,33857	0,723635	1,8498	0,0808	*
Média var. dependente	17,41316		D.P. var. dependente		0,628057
Soma resíd. Quadrados	6,605592		E.P. da regressão		0,605787
R-quadrado	0,162694		R-quadrado ajustado		0,069660
F(2, 18)	1,748758		P-valor(F)		0,202282
Log da verossimilhança	-17,65335		Critério de Akaike		41,30669
Critério de Schwarz	44,44026		Critério Hannan-Quinn		41,98676

Modelo C.7: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	Coeficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
Const	22,3934	1,02258	21,8989	<0,0001	***
ENER_LIMPA	-3,45269	0,705961	-4,8908	0,0001	***
Média var. dependente	17,41316		D.P. var. dependente		0,628057
Soma resíd. Quadrados	3,492407		E.P. da regressão		0,428732
R-quadrado	0,557312		R-quadrado ajustado		0,534013
F(1, 19)	23,91965		P-valor(F)		0,000102
Log da verossimilhança	-10,96143		Critério de Akaike		25,92286
Critério de Schwarz	28,01191		Critério Hannan-Quinn		26,37624

Modelo C.8: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	Coeficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
const	-35,0431	34,6086	-1,0126	0,3240	
ENER_SUJA	0,558171	0,368257	1,5157	0,1461	
Média var. dependente	17,41316		D.P. var. dependente		0,628057
Soma resíd. quadrados	7,038093		E.P. da regressão		0,608626
R-quadrado	0,107871		R-quadrado ajustado		0,060917
F(1, 19)	2,297377		P-valor(F)		0,146053
Log da verossimilhança	-18,31926		Critério de Akaike		40,63853
Critério de Schwarz	42,72757		Critério Hannan-Quinn		41,09190

## ANEXO D

**Modelos de regressão sobre as relações entre as emissões de CO<sub>2</sub> e as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial para ALE**

Modelo D.1: MQO, usando as observações 3-21 (n = 19)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	Coeficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
Const	12,3315	0,477776	25,8102	<0,0001	***
PIBPERCAPITA	-6,78863e-05	1,52401e-05	-4,4545	0,0003	***

Média var. dependente	10,25000	D.P. var. dependente	0,621027
Soma resíd. quadrados	3,203293	E.P. da regressão	0,434084
R-quadrado	0,538573	R-quadrado ajustado	0,511430
F(1, 17)	19,84223	P-valor(F)	0,000348
Log da verossimilhança	-10,04737	Critério de Akaike	24,09473
Critério de Schwarz	25,98361	Critério Hannan-Quinn	24,41441

Modelo D.2: MQO, usando as observações 3-21 (n = 19)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	11,9663	0,674967	17,7288	<0,0001	***
PIB_IND_PCAP	-0,000181638	7,02116e-05	-2,5870	0,0192	**
Média var. dependente	10,25000	D.P. var. dependente	0,621027		
Soma resíd. quadrados	4,981143	E.P. da regressão	0,541303		
R-quadrado	0,282478	R-quadrado ajustado	0,240271		
F(1, 17)	6,692646	P-valor(F)	0,019188		
Log da verossimilhança	-14,24143	Critério de Akaike	32,48285		
Critério de Schwarz	34,37173	Critério Hannan-Quinn	32,80253		

Modelo D.3: MQO, usando as observações 3-21 (n = 19)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	12,2951	0,387022	31,7686	<0,0001	***
PIB_SERV_PCAP	-9,78747e-05	1,80291e-05	-5,4287	<0,0001	***
Média var. dependente	10,25000	D.P. var. dependente	0,621027		
Soma resíd. quadrados	2,539581	E.P. da regressão	0,386506		
R-quadrado	0,634179	R-quadrado ajustado	0,612660		
F(1, 17)	29,47083	P-valor(F)	0,000045		
Log da verossimilhança	-7,841655	Critério de Akaike	19,68331		
Critério de Schwarz	21,57219	Critério Hannan-Quinn	20,00298		

Modelo D.4: MQO, usando as observações 3-21 (n = 19)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	12,3032	0,272301	45,1823	<0,0001	***
Ab_comercial	-0,033205	0,00426188	-7,7912	<0,0001	***
Média var. dependente	10,25000	D.P. var. dependente	0,621027		
Soma resíd. quadrados	1,518828	E.P. da regressão	0,298903		
R-quadrado	0,781216	R-quadrado ajustado	0,768347		
F(1, 17)	60,70231	P-valor(F)	5,22e-07		
Log da verossimilhança	-2,958084	Critério de Akaike	9,916168		
Critério de Schwarz	11,80505	Critério Hannan-Quinn	10,23584		

Modelo D.5: MQO, usando as observações 3-21 (n = 19)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-11,4694	3,31009	-3,4650	0,0030	***
CONS_ENER_PCAP	0,00527174	0,000803202	6,5634	<0,0001	***
Média var. dependente	10,25000	D.P. var. dependente	0,621027		
Soma resíd. quadrados	1,964377	E.P. da regressão	0,339929		
R-quadrado	0,717036	R-quadrado ajustado	0,700391		

F(1, 17)	43,07830	P-valor(F)	4,83e-06
Log da verossimilhança	-5,401828	Critério de Akaike	14,80366
Critério de Schwarz	16,69253	Critério Hannan-Quinn	15,12333

Modelo D.6: MQO, usando as observações 3-21 (n = 19)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	Coeficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
const	13,3755	0,548348	24,3923	<0,0001	***
RENOVAVEL	-2,26687	0,496707	-4,5638	0,0004	***
sq_RENOVAVEL	0,480082	0,129457	3,7084	0,0021	***
cub_RENOVAVEL	-0,0335406	0,00987473	-3,3966	0,0040	***
Média var. dependente	10,25000	D.P. var. dependente	0,621027		
Soma resíd. quadrados	0,771218	E.P. da regressão	0,226748		
R-quadrado	0,888908	R-quadrado ajustado	0,866689		
F(3, 15)	40,00764	P-valor(F)	2,14e-07		
Log da verossimilhança	3,480282	Critério de Akaike	1,039436		
Critério de Schwarz	4,817192	Critério Hannan-Quinn	1,678783		

Modelo D.7: MQO, usando as observações 3-21 (n = 19)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	Coeficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
const	17,4418	2,0068	8,6914	<0,0001	***
ENER_LIMPA	-0,542735	0,151214	-3,5892	0,0023	***
Média var. dependente	10,25000	D.P. var. dependente	0,621027		
Soma resíd. quadrados	3,949390	E.P. da regressão	0,481993		
R-quadrado	0,431099	R-quadrado ajustado	0,397635		
F(1, 17)	12,88220	P-valor(F)	0,002261		
Log da verossimilhança	-12,03649	Critério de Akaike	28,07299		
Critério de Schwarz	29,96186	Critério Hannan-Quinn	28,39266		

Modelo D.8: MQO, usando as observações 3-21 (n = 19)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	Coeficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
const	-11,9101	1,69779	-7,0151	<0,0001	***
ENER_SUJA	0,264878	0,0202867	13,0568	<0,0001	***
Média var. dependente	10,25000	D.P. var. dependente	0,621027		
Soma resíd. quadrados	0,629492	E.P. da regressão	0,192429		
R-quadrado	0,909323	R-quadrado ajustado	0,903989		
F(1, 17)	170,4789	P-valor(F)	2,74e-10		
Log da verossimilhança	5,409338	Critério de Akaike	-6,818677		
Critério de Schwarz	-4,929799	Critério Hannan-Quinn	-6,499003		

## ANEXO E

**Modelos de regressão sobre as relações entre as emissões de CO<sub>2</sub> e as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial para SUE**

Modelo E.1: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	6,41706	0,158064	40,5979	<0,0001	***
sq_PIBPERCAPITA	-4,11449e-010	1,06834e-010	-3,8513	0,0011	***
Média var. dependente	5,883623		D.P. var. dependente		0,453904
Soma resíd. quadrados	2,314069		E.P. da regressão		0,348989
R-quadrado	0,438410		R-quadrado ajustado		0,408853
F(1, 19)	14,83253		P-valor(F)		0,001076
Log da verossimilhança	-6,639801		Critério de Akaike		17,27960
Critério de Schwarz	19,36865		Critério Hannan-Quinn		17,73298

Modelo E.2: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	6,96849	0,33529	20,7835	<0,0001	***
PIB_IND_PCAP	-0,000104243	3,12699e-05	-3,3337	0,0035	***
Média var. dependente	5,883623		D.P. var. dependente		0,453904
Soma resíd. quadrados	2,599878		E.P. da regressão		0,369913
R-quadrado	0,369049		R-quadrado ajustado		0,335841
F(1, 19)	11,11326		P-valor(F)		0,003490
Log da verossimilhança	-7,862602		Critério de Akaike		19,72520
Critério de Schwarz	21,81425		Critério Hannan-Quinn		20,17858

Modelo E.3: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	6,97408	0,28444	24,5186	<0,0001	***
PIB_SERV_PCAP	-4,60001e-05	1,15732e-05	-3,9747	0,0008	***
Média var. dependente	5,883623		D.P. var. dependente		0,453904
Soma resíd. quadrados	2,249853		E.P. da regressão		0,344112
R-quadrado	0,453995		R-quadrado ajustado		0,425257
F(1, 19)	15,79819		P-valor(F)		0,000812
Log da verossimilhança	-6,344303		Critério de Akaike		16,68861
Critério de Schwarz	18,77765		Critério Hannan-Quinn		17,14198

Modelo E.4: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	6,67435	0,198657	33,5973	<0,0001	***
sq_Ab_comercial	-0,00013499	3,15719e-05	-4,2756	0,0004	***
Média var. dependente	5,883623		D.P. var. dependente		0,453904
Soma resíd. quadrados	2,100010		E.P. da regressão		0,332456
R-quadrado	0,490359		R-quadrado ajustado		0,463536
F(1, 19)	18,28116		P-valor(F)		0,000408
Log da verossimilhança	-5,620614		Critério de Akaike		15,24123
Critério de Schwarz	17,33027		Critério Hannan-Quinn		15,69461

Modelo E.5: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-1,50493	1,9899	-0,7563	0,4588	
CONS_ENER_PCAP	0,00132536	0,000356678	3,7158	0,0015	***
Média var. dependente	5,883623		D.P. var. dependente	0,453904	
Soma resíd. quadrados	2,386370		E.P. da regressão	0,354399	
R-quadrado	0,420864		R-quadrado ajustado	0,390383	
F(1, 19)	13,80749		P-valor(F)	0,001466	
Log da verossimilhança	-6,962842		Critério de Akaike	17,92568	
Critério de Schwarz	20,01473		Critério Hannan-Quinn	18,37906	

Modelo 6: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	6,89062	0,142169	48,4679	<0,0001	***
sq_RENOVAVEL	-0,00399457	0,000526944	-7,5806	<0,0001	***
Média var. dependente	5,883623		D.P. var. dependente	0,453904	
Soma resíd. quadrados	1,023864		E.P. da regressão	0,232137	
R-quadrado	0,751523		R-quadrado ajustado	0,738446	
F(1, 19)	57,46598		P-valor(F)	3,69e-07	
Log da verossimilhança	1,922143		Critério de Akaike	0,155715	
Critério de Schwarz	2,244760		Critério Hannan-Quinn	0,609091	

Modelo E.7: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	4,12344	0,953413	4,3249	0,0004	***
sq_ENER_LIMPA	0,000766465	0,000413159	1,8551	0,0792	*
Média var. dependente	5,883623		D.P. var. dependente	0,453904	
Soma resíd. quadrados	3,488657		E.P. da regressão	0,428501	
R-quadrado	0,153355		R-quadrado ajustado	0,108795	
F(1, 19)	3,441530		P-valor(F)	0,079161	
Log da verossimilhança	-10,95015		Critério de Akaike	25,90030	
Critério de Schwarz	27,98935		Critério Hannan-Quinn	26,35368	

Modelo E.8: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-1,6602	0,993688	-1,6707	0,1112	
ENER_SUJA	0,212902	0,0280075	7,6016	<0,0001	***
Média var. dependente	5,883623		D.P. var. dependente	0,453904	
Soma resíd. quadrados	1,019622		E.P. da regressão	0,231656	
R-quadrado	0,752553		R-quadrado ajustado	0,739529	
F(1, 19)	57,78412		P-valor(F)	3,55e-07	
Log da verossimilhança	1,965737		Critério de Akaike	0,068526	
Critério de Schwarz	2,157571		Critério Hannan-Quinn	0,521902	

## ANEXO F

**Modelos de regressão sobre as relações entre as emissões de CO<sub>2</sub> e as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial para o BRA.**

Modelo F.1: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	1,44084	0,0929204	15,5062	<0,0001	***
PIBPERCAPITA	6,60973e-05	1,96609e-05	3,3619	0,0033	***
Média var. dependente	1,729989		D.P. var. dependente		0,198365
Soma resíd. quadrados	0,493448		E.P. da regressão		0,161155
R-quadrado	0,372982		R-quadrado ajustado		0,339981
F(1, 19)	11,30218		P-valor(F)		0,003275
Log da verossimilhança	9,586320		Critério de Akaike		-15,17264
Critério de Schwarz	-13,08359		Critério Hannan-Quinn		-14,71926

Modelo F.2: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	1,61911	0,0683468	23,6896	<0,0001	***
sq_PIB_IND_PCAP	5,88244e-08	2,92734e-08	2,0095	0,0589	*
Média var. dependente	1,729989		D.P. var. dependente		0,198365
Soma resíd. quadrados	0,649038		E.P. da regressão		0,184824
R-quadrado	0,175276		R-quadrado ajustado		0,131870
F(1, 19)	4,038023		P-valor(F)		0,058906
Log da verossimilhança	6,708548		Critério de Akaike		-9,417096
Critério de Schwarz	-7,328051		Critério Hannan-Quinn		-8,963720

Modelo F.3: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	1,4466	0,0762225	18,9786	<0,0001	***
PIB_SERV_PCAP	0,000101274	2,46677e-05	4,1055	0,0006	***
Média var. dependente	1,729989		D.P. var. dependente		0,198365
Soma resíd. quadrados	0,417025		E.P. da regressão		0,148151
R-quadrado	0,470092		R-quadrado ajustado		0,442202
F(1, 19)	16,85530		P-valor(F)		0,000602
Log da verossimilhança	11,35317		Critério de Akaike		-18,70635
Critério de Schwarz	-16,61730		Critério Hannan-Quinn		-18,25297

Modelo F.4: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	0,989436	0,0822874	12,0242	<0,0001	***
Ab_comercial	0,0337365	0,00364807	9,2478	<0,0001	***
Média var. dependente	1,729989		D.P. var. dependente		0,198365
Soma resíd. Quadrados	0,143058		E.P. da regressão		0,086772
R-quadrado	0,818219		R-quadrado ajustado		0,808651

F(1, 19)	85,52122	P-valor(F)	1,83e-08
Log da verossimilhança	22,58711	Critério de Akaike	-41,17422
Critério de Schwarz	-39,08518	Critério Hannan-Quinn	-40,72085

Modelo F.5: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,0367529	0,213685	-0,1720	0,8653	
CONS_ENER_PCAP	0,00164354	0,000197855	8,3068	<0,0001	***
Média var. dependente	1,729989		D.P. var. dependente	0,198365	
Soma resíd. quadrados	0,169909		E.P. da regressão	0,094565	
R-quadrado	0,784099		R-quadrado ajustado	0,772735	
F(1, 19)	69,00313		P-valor(F)	9,54e-08	
Log da verossimilhança	20,78093		Critério de Akaike	-37,56185	
Critério de Schwarz	-35,47281		Critério Hannan-Quinn	-37,10847	

Modelo F.6: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	3,03633	0,346198	8,7705	<0,0001	***
RENOVAVEL	-0,0439025	0,0115801	-3,7912	0,0012	***
Média var. dependente	1,729989		D.P. var. dependente	0,198365	
Soma resíd. quadrados	0,448040		E.P. da regressão	0,153561	
R-quadrado	0,430681		R-quadrado ajustado	0,400717	
F(1, 19)	14,37323		P-valor(F)	0,001234	
Log da verossimilhança	10,59993		Critério de Akaike	-17,19986	
Critério de Schwarz	-15,11082		Critério Hannan-Quinn	-16,74649	

Modelo F.7: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-1,13811	0,534274	-2,1302	0,0464	**
ENER_LIMPA	0,202454	0,0376618	5,3756	<0,0001	***
Média var. dependente	1,729989		D.P. var. dependente	0,198365	
Soma resíd. quadrados	0,312181		E.P. da regressão	0,128182	
R-quadrado	0,603316		R-quadrado ajustado	0,582438	
F(1, 19)	28,89705		P-valor(F)	0,000035	
Log da verossimilhança	14,39358		Critério de Akaike	-24,78716	
Critério de Schwarz	-22,69812		Critério Hannan-Quinn	-24,33378	

Modelo F.8: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,467207	0,838584	-0,5571	0,5839	
ENER_SUJA	0,0403933	0,0154007	2,6228	0,0167	**
Média var. dependente	1,729989		D.P. var. dependente	0,198365	
Soma resíd. quadrados	0,577782		E.P. da regressão	0,174383	
R-quadrado	0,265820		R-quadrado ajustado	0,227179	
F(1, 19)	6,879227		P-valor(F)	0,016748	
Log da verossimilhança	7,929641		Critério de Akaike	-11,85928	
Critério de Schwarz	-9,770237		Critério Hannan-Quinn	-11,40591	

## ANEXO G

**Modelos de regressão sobre as relações entre as emissões de CO<sub>2</sub> e as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial para MEX**

Modelo G.1: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	4,50041	0,283198	15,8914	<0,0001	***
PIBPERCAPITA	-0,000319587	9,93769e-05	-3,2159	0,0048	***
sq_PIBPERCAPITA	2,97094e-08	8,1177e-09	3,6598	0,0018	***
Média var. dependente	3,764863		D.P. var. dependente	0,198233	
Soma resíd. quadrados	0,378748		E.P. da regressão	0,145057	
R-quadrado	0,518088		R-quadrado ajustado	0,464542	
F(2, 18)	9,675601		P-valor(F)	0,001402	
Log da verossimilhança	12,36407		Crítério de Akaike	-18,72813	
Crítério de Schwarz	-15,59456		Crítério Hannan-Quinn	-18,04807	

Modelo G.2: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	4,21751	0,212473	19,8496	<0,0001	***
PIB_IND_PCAP	-0,000631213	0,000218842	-2,8843	0,0099	***
sq_PIB_IND_PCAP	1,75913e-07	5,15125e-08	3,4149	0,0031	***
Média var. dependente	3,764863		D.P. var. dependente	0,198233	
Soma resíd. quadrados	0,396498		E.P. da regressão	0,148417	
R-quadrado	0,495503		R-quadrado ajustado	0,439448	
F(2, 18)	8,839562		P-valor(F)	0,002117	
Log da verossimilhança	11,88317		Crítério de Akaike	-17,76635	
Crítério de Schwarz	-14,63278		Crítério Hannan-Quinn	-17,08628	

Modelo G.3: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	4,63858	0,302602	15,3290	<0,0001	***
PIB_SERV_PCAP	-0,00060368	0,00017358	-3,4778	0,0027	***
sq_PIB_SERV_PCAP	9,03654e-08	2,32437e-08	3,8877	0,0011	***
Média var. dependente	3,764863		D.P. var. dependente	0,198233	
Soma resíd. quadrados	0,364744		E.P. da regressão	0,142350	
R-quadrado	0,535906		R-quadrado ajustado	0,484340	
F(2, 18)	10,39261		P-valor(F)	0,000999	
Log da verossimilhança	12,75964		Crítério de Akaike	-19,51928	
Crítério de Schwarz	-16,38572		Crítério Hannan-Quinn	-18,83922	

Modelo G.4: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	4,83344	0,285843	16,9094	<0,0001	***
Ab_comercial	-0,0684864	0,015982	-4,2852	0,0004	***
sq_Ab_comercial	0,000925074	0,000201427	4,5926	0,0002	***
Média var. dependente	3,764863		D.P. var. dependente		0,198233
Soma resíd. quadrados	0,326735		E.P. da regressão		0,134729
R-quadrado	0,584268		R-quadrado ajustado		0,538075
F(2, 18)	12,64854		P-valor(F)		0,000371
Log da verossimilhança	13,91513		Critério de Akaike		-21,83025
Critério de Schwarz	-18,69668		Critério Hannan-Quinn		-21,15019

Modelo G.5: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	0,999202	0,811016	1,2320	0,2330	
CONS_ENER_PCAP	0,00191497	0,000561033	3,4133	0,0029	***
Média var. dependente	3,764863		D.P. var. dependente		0,198233
Soma resíd. quadrados	0,487189		E.P. da regressão		0,160130
R-quadrado	0,380109		R-quadrado ajustado		0,347483
F(1, 19)	11,65055		P-valor(F)		0,002915
Log da verossimilhança	9,720358		Critério de Akaike		-15,44072
Critério de Schwarz	-13,35167		Critério Hannan-Quinn		-14,98734

Modelo G.6: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	4,71762	0,290878	16,2186	<0,0001	***
RENOVAVEL	-0,158736	0,0481021	-3,3000	0,0038	***
Média var. dependente	3,764863		D.P. var. dependente		0,198233
Soma resíd. quadrados	0,499588		E.P. da regressão		0,162155
R-quadrado	0,364332		R-quadrado ajustado		0,330876
F(1, 19)	10,88984		P-valor(F)		0,003766
Log da verossimilhança	9,456471		Critério de Akaike		-14,91294
Critério de Schwarz	-12,82390		Critério Hannan-Quinn		-14,45956

Modelo G.7: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	5,03197	0,508706	9,8917	<0,0001	***
ENER_LIMPA	-0,194602	0,0779027	-2,4980	0,0218	**
Média var. dependente	3,764863		D.P. var. dependente		0,198233
Soma resíd. quadrados	0,591624		E.P. da regressão		0,176460
R-quadrado	0,247228		R-quadrado ajustado		0,207609
F(1, 19)	6,240059		P-valor(F)		0,021832
Log da verossimilhança	7,681066		Critério de Akaike		-11,36213
Critério de Schwarz	-9,273088		Critério Hannan-Quinn		-10,90876

Modelo G.8: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-10,9152	2,67085	-4,0868	0,0006	***
ENER_SUJA	0,167743	0,030517	5,4967	<0,0001	***
Média var. dependente	3,764863		D.P. var. dependente	0,198233	
Soma resíd. quadrados	0,303424		E.P. da regressão	0,126371	
R-quadrado	0,613929		R-quadrado ajustado	0,593609	
F(1, 19)	30,21370		P-valor(F)	0,000027	
Log da verossimilhança	14,69233		Critério de Akaike	-25,38467	
Critério de Schwarz	-23,29562		Critério Hannan-Quinn	-24,93129	

## ANEXO H

**Modelos de regressão sobre as relações entre as emissões de CO<sub>2</sub> e as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial para CHI**

Modelo H.1: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	1,94974	0,109231	17,8498	<0,0001	***
PIBPERCAPITA	0,00110836	7,02264e-05	15,7826	<0,0001	***
Média var. dependente	3,291859		D.P. var. dependente	1,150225	
Soma resíd. quadrados	1,875284		E.P. da regressão	0,314164	
R-quadrado	0,929129		R-quadrado ajustado	0,925398	
F(1, 19)	249,0910		P-valor(F)	2,24e-12	
Log da verossimilhança	-4,432206		Critério de Akaike	12,86441	
Critério de Schwarz	14,95346		Critério Hannan-Quinn	13,31779	

Modelo H.2: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	1,96789	0,102732	19,1556	<0,0001	***
PIB_IND_PCAP	0,00235192	0,0001411	16,6685	<0,0001	***
Média var. dependente	3,291859		D.P. var. dependente	1,150225	
Soma resíd. quadrados	1,693666		E.P. da regressão	0,298564	
R-quadrado	0,935992		R-quadrado ajustado	0,932623	
F(1, 19)	277,8394		P-valor(F)	8,49e-13	
Log da verossimilhança	-3,362625		Critério de Akaike	10,72525	
Critério de Schwarz	12,81429		Critério Hannan-Quinn	11,17863	

Modelo H.3: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	2,07753	0,108802	19,0947	<0,0001	***
PIB_SERV_PCAP	0,00251479	0,00016854	14,9210	<0,0001	***
Média var. dependente	3,291859		D.P. var. dependente	1,150225	
Soma resíd. quadrados	2,080586		E.P. da regressão	0,330915	
R-quadrado	0,921370		R-quadrado ajustado	0,917231	
F(1, 19)	222,6370		P-valor(F)	6,04e-12	

Log da verossimilhança	-5,523046		Critério de Akaike	15,04609
Critério de Schwarz	17,13514		Critério Hannan-Quinn	15,49947

Modelo H.4: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	2,80385	0,442368	6,3383	<0,0001	***
Ab_comercial	-0,0457399	0,024408	-1,8740	0,0773	*
sq_Ab_comercial	0,00119376	0,000284899	4,1901	0,0006	***
Média var. dependente	3,291859		D.P. var. dependente	1,150225	
Soma resíd. Quadrados	2,026060		E.P. da regressão	0,335498	
R-quadrado	0,923430		R-quadrado ajustado	0,914923	
F(2, 18)	108,5401		P-valor(F)	9,05e-11	
Log da verossimilhança	-5,244198		Critério de Akaike	16,48840	
Critério de Schwarz	19,62196		Critério Hannan-Quinn	17,16846	

Modelo H.5: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,468035	0,0727478	-6,4337	<0,0001	***
CONS_ENER_PCAP	0,00361034	6,69527e-05	53,9238	<0,0001	***
Média var. dependente	3,291859		D.P. var. dependente	1,150225	
Soma resíd. quadrados	0,171775		E.P. da regressão	0,095083	
R-quadrado	0,993508		R-quadrado ajustado	0,993167	
F(1, 19)	2907,771		P-valor(F)	2,99e-22	
Log da verossimilhança	20,66625		Critério de Akaike	-37,33249	
Critério de Schwarz	-35,24345		Critério Hannan-Quinn	-36,87912	

Modelo H.6: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	18,8043	1,3261	14,1801	<0,0001	***
RENOVAVEL	-2,27352	0,25809	-8,8090	<0,0001	***
sq_RENOVAVEL	0,109736	0,0158025	6,9442	<0,0001	***
cub_reno	-0,00182693	0,000308501	-5,9220	<0,0001	***
Média var. dependente	3,291859		D.P. var. dependente	1,150225	
Soma resíd. quadrados	0,162949		E.P. da regressão	0,097904	
R-quadrado	0,993842		R-quadrado ajustado	0,992755	
F(3, 17)	914,5104		P-valor(F)	5,56e-19	
Log da verossimilhança	21,22011		Critério de Akaike	-34,44022	
Critério de Schwarz	-30,26213		Critério Hannan-Quinn	-33,53347	

Modelo H.7: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	3,04285	0,800616	3,8006	0,0013	***
ENER_LIMPA	-1,348	0,713174	-1,8901	0,0750	*
sq_ENER_LIMPA	0,567276	0,14805	3,8317	0,0012	***
Média var. dependente	3,291859		D.P. var. dependente	1,150225	
Soma resíd. quadrados	2,606717		E.P. da regressão	0,380549	
R-quadrado	0,901486		R-quadrado ajustado	0,890540	

F(2, 18)	82,35753	P-valor(F)	8,74e-10
Log da verossimilhança	-7,890183	Critério de Akaike	21,78037
Critério de Schwarz	24,91393	Critério Hannan-Quinn	22,46043

Modelo H.8: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-1586,9	332,74	-4,7692	0,0002	***
ENER_SUJA	60,6846	12,4213	4,8855	0,0001	***
sq_ENER_SUJA	-0,773318	0,154348	-5,0102	0,0001	***
cub_ENER_SUJA	0,00328938	0,000638395	5,1526	<0,0001	***
Média var. dependente	3,291859		D.P. var. dependente	1,150225	
Soma resíd. quadrados	0,239445		E.P. da regressão	0,118680	
R-quadrado	0,990951		R-quadrado ajustado	0,989354	
F(3, 17)	620,5388		P-valor(F)	1,46e-17	
Log da verossimilhança	17,17879		Critério de Akaike	-26,35758	
Critério de Schwarz	-22,17949		Critério Hannan-Quinn	-25,45083	

## ANEXO I

**Modelos de regressão sobre as relações entre as emissões de CO<sub>2</sub> e as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial para IND**

Modelo I.1: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	-0,600285	0,35431	-1,6942	0,1085	
PIBPERCAPITA	0,00688368	0,00177934	3,8687	0,0012	***
sq_PIBPERCAPITA	-8,78195e-06	2,74235e-06	-3,2023	0,0052	***
cub_PIBPERCAPITA	3,90912e-09	1,3016e-09	3,0033	0,0080	***
Média var. dependente	1,108153		D.P. var. dependente	0,236481	
Soma resíd. quadrados	0,077613		E.P. da regressão	0,067568	
R-quadrado	0,930607		R-quadrado ajustado	0,918362	
F(3, 17)	75,99439		P-valor(F)	4,71e-10	
Log da verossimilhança	29,00796		Critério de Akaike	-50,01591	
Critério de Schwarz	-45,83782		Critério Hannan-Quinn	-49,10916	

Modelo I.2: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	-0,361817	0,367436	-0,9847	0,3386	
PIB_IND_PCAP	0,021637	0,00681925	3,1729	0,0056	***
sq_PIB_IND_PCAP	-9,91939e-05	3,83482e-05	-2,5867	0,0192	**
cub_PIB_IND_PCAP	1,58566e-07	6,58677e-08	2,4073	0,0277	**
Média var. dependente	1,108153		D.P. var. dependente	0,236481	
Soma resíd. quadrados	0,111401		E.P. da regressão	0,080951	
R-quadrado	0,900399		R-quadrado ajustado	0,882822	
F(3, 17)	51,22675		P-valor(F)	1,00e-08	

Log da verossimilhança	25,21328		Critério de Akaike	-42,42656
Critério de Schwarz	-38,24847		Critério Hannan-Quinn	-41,51981

Modelo I.3: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,163698	0,19309	-0,8478	0,4083	
PIB_SERV_PCAP	0,00998021	0,00194904	5,1206	<0,0001	***
sq_PIB_SERV_PCAP	-2,43938e-05	5,86426e-06	-4,1597	0,0007	***
cub_PIB_SERV_PCAP	2,09767e-08	5,33219e-09	3,9340	0,0011	***
Média var. dependente	1,108153		D.P. var. dependente	0,236481	
Soma resíd. quadrados	0,051210		E.P. da regressão	0,054885	
R-quadrado	0,954214		R-quadrado ajustado	0,946135	
F(3, 17)	118,0987		P-valor(F)	1,39e-11	
Log da verossimilhança	33,37396		Critério de Akaike	-58,74792	
Critério de Schwarz	-54,56983		Critério Hannan-Quinn	-57,84117	

Modelo I.4: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	0,53453	0,0483953	11,0451	<0,0001	***
Abertura_comercial	0,0199905	0,00157631	12,6818	<0,0001	***
Média var. dependente	1,108153		D.P. var. dependente	0,236481	
Soma resíd. Quadrados	0,118173		E.P. da regressão	0,078865	
R-quadrado	0,894343		R-quadrado ajustado	0,888783	
F(1, 19)	160,8280		P-valor(F)	1,01e-10	
Log da verossimilhança	24,59360		Critério de Akaike	-45,18721	
Critério de Schwarz	-43,09816		Critério Hannan-Quinn	-44,73383	

Modelo I.5: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,581755	0,0401857	-14,4767	<0,0001	***
CONS_ENER_PCAP	0,00386576	9,10903e-05	42,4388	<0,0001	***
Média var. dependente	1,108153		D.P. var. dependente	0,236481	
Soma resíd. quadrados	0,011676		E.P. da regressão	0,024790	
R-quadrado	0,989561		R-quadrado ajustado	0,989011	
F(1, 19)	1801,049		P-valor(F)	2,73e-20	
Log da verossimilhança	48,89709		Critério de Akaike	-93,79418	
Critério de Schwarz	-91,70514		Critério Hannan-Quinn	-93,34081	

Modelo I.6: MQO, usando as observações 1-21  
Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	5,01023	0,351446	14,2560	<0,0001	***
RENOVAVEL	-0,186202	0,0206165	-9,0317	<0,0001	***
sq_RENOVAVEL	0,00205702	0,000297498	6,9144	<0,0001	***
Média var. dependente	1,108153		D.P. var. dependente	0,236481	
Soma resíd. quadrados	0,021888		E.P. da regressão	0,034871	
R-quadrado	0,980430		R-quadrado ajustado	0,978256	
F(2, 18)	450,8970		P-valor(F)	4,21e-16	
Log da verossimilhança	42,29887		Critério de Akaike	-78,59775	

Critério de Schwarz	-75,46418	Critério Hannan-Quinn	-77,91768
---------------------	-----------	-----------------------	-----------

Modelo I.7: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,0430648	0,721041	-0,0597	0,9530	
ENER_LIMPA	0,488581	0,305285	1,6004	0,1260	
Média var. dependente	1,108153		D.P. var. dependente	0,236481	
Soma resíd. quadrados	0,985602		E.P. da regressão	0,227758	
R-quadrado	0,118792		R-quadrado ajustado	0,072413	
F(1, 19)	2,561318		P-valor(F)	0,126003	
Log da verossimilhança	2,322056		Critério de Akaike	-0,644113	
Critério de Schwarz	1,444932		Critério Hannan-Quinn	-0,190737	

Modelo I.8: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	6,65562	1,02535	6,4910	<0,0001	***
ENER_SUJA	-0,223197	0,0326537	-6,8353	<0,0001	***
sq_ENER_SUJA	0,00212523	0,000258787	8,2123	<0,0001	***
Média var. dependente	1,108153		D.P. var. dependente	0,236481	
Soma resíd. quadrados	0,016301		E.P. da regressão	0,030094	
R-quadrado	0,985425		R-quadrado ajustado	0,983806	
F(2, 18)	608,5037		P-valor(F)	2,97e-17	
Log da verossimilhança	45,39304		Critério de Akaike	-84,78608	
Critério de Schwarz	-81,65252		Critério Hannan-Quinn	-84,10602	

## ANEXO J

**Modelos de regressão sobre as relações entre as emissões de CO<sub>2</sub> e as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial para RUS**

Modelo J.1: MQO, usando as observações 4-21 (n = 18)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
PIBPERCAPITA	0,0018737	0,000304382	6,1557	<0,0001	***
Média var. dependente	11,38732		D.P. var. dependente	1,023083	
Soma resíd. quadrados	728,3592		E.P. da regressão	6,545583	
R-quadrado	0,690307		R-quadrado ajustado	0,690307	
F(1, 17)	37,89300		P-valor(F)	0,000011	
Log da verossimilhança	-58,84470		Critério de Akaike	119,6894	
Critério de Schwarz	120,5798		Critério Hannan-Quinn	119,8122	

Modelo J.2: MQO, usando as observações 4-21 (n = 18)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
PIB_IND_PCAP	0,00522443	0,000798099	6,5461	<0,0001	***
Média var. dependente	11,38732		D.P. var. dependente	1,023083	

Soma resíd. quadrados	668,0199	E.P. da regressão	6,268595
R-quadrado	0,715962	R-quadrado ajustado	0,715962
F(1, 17)	42,85125	P-valor(F)	4,99e-06
Log da verossimilhança	-58,06641	Critério de Akaike	118,1328
Critério de Schwarz	119,0232	Critério Hannan-Quinn	118,2556

Modelo J.3: MQO, usando as observações 4-21 (n = 18)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
PIB_SERV_PCAP	0,00311736	0,000545134	5,7185	<0,0001	***
Média var. dependente	11,38732		D.P. var. dependente		1,023083
Soma resíd. quadrados	804,4377		E.P. da regressão		6,878944
R-quadrado	0,657959		R-quadrado ajustado		0,657959
F(1, 17)	32,70158		P-valor(F)		0,000025
Log da verossimilhança	-59,73884		Critério de Akaike		121,4777
Critério de Schwarz	122,3681		Critério Hannan-Quinn		121,6004

Modelo J.4: MQO, usando as observações 4-21 (n = 18)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	30,5844	1,57626	19,4032	<0,0001	***
Ab_comercial	-0,842766	0,070626	-11,9328	<0,0001	***
sq_Ab_comercial	0,00886985	0,000769564	11,5258	<0,0001	***
Média var. dependente	11,38732		D.P. var. dependente		1,023083
Soma resíd. quadrados	1,612890		E.P. da regressão		0,327912
R-quadrado	0,909357		R-quadrado ajustado		0,897271
F(2, 15)	75,24221		P-valor(F)		1,51e-08
Log da verossimilhança	-3,829797		Critério de Akaike		13,65959
Critério de Schwarz	16,33071		Critério Hannan-Quinn		14,02790

Modelo J.5: MQO, usando as observações 4-21 (n = 18)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,940266	1,03217	-0,9110	0,3758	
CONS_ENER_PCAP	0,00274834	0,000229444	11,9783	<0,0001	***
Média var. dependente	11,38732		D.P. var. dependente		1,023083
Soma resíd. quadrados	1,785207		E.P. da regressão		0,334029
R-quadrado	0,899673		R-quadrado ajustado		0,893403
F(1, 16)	143,4785		P-valor(F)		2,11e-09
Log da verossimilhança	-4,743357		Critério de Akaike		13,48671
Critério de Schwarz	15,26746		Critério Hannan-Quinn		13,73225

Modelo J.6: MQO, usando as observações 4-21 (n = 18)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	32,019	4,94533	6,4746	<0,0001	***
RENOVAVEL	-37,0759	8,08014	-4,5885	0,0004	***
sq_RENOVAVEL	16,2126	3,2198	5,0353	0,0001	***
Média var. dependente	11,38732		D.P. var. dependente		1,023083
Soma resíd. quadrados	3,782603		E.P. da regressão		0,502169
R-quadrado	0,787421		R-quadrado ajustado		0,759077

F(2, 15)	27,78102	P-valor(F)	9,04e-06
Log da verossimilhança	-11,50126	Critério de Akaike	29,00252
Critério de Schwarz	31,67363	Critério Hannan-Quinn	29,37083

Modelo J.7: MQO, usando as observações 4-21 (n = 18)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	67,0443	11,3253	5,9199	<0,0001	***
ENER_LIMPA	-14,8545	3,10928	-4,7775	0,0002	***
sq_ENER_LIMPA	0,975714	0,210363	4,6382	0,0003	***
Média var. dependente	11,38732	D.P. var. dependente	1,023083		
Soma resíd. quadrados	5,952630	E.P. da regressão	0,629954		
R-quadrado	0,665468	R-quadrado ajustado	0,620863		
F(2, 15)	14,91935	P-valor(F)	0,000271		
Log da verossimilhança	-15,58205	Critério de Akaike	37,16409		
Critério de Schwarz	39,83521	Critério Hannan-Quinn	37,53240		

Modelo J.8: MQO, usando as observações 4-21 (n = 18)

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	9199,37	4340,3	2,1195	0,0511	*
ENER_SUJA	-201,272	94,8813	-2,1213	0,0510	*
sq_ENER_SUJA	1,10218	0,518502	2,1257	0,0505	*
Média var. dependente	11,38732	D.P. var. dependente	1,023083		
Soma resíd. quadrados	12,14744	E.P. da regressão	0,899905		
R-quadrado	0,317325	R-quadrado ajustado	0,226302		
F(2, 15)	3,486192	P-valor(F)	0,057096		
Log da verossimilhança	-22,00161	Critério de Akaike	50,00323		
Critério de Schwarz	52,67434	Critério Hannan-Quinn	50,37154		

## ANEXO K

**Modelos de regressão sobre as relações entre as emissões de CO<sub>2</sub> e as variáveis PIB per capita, PIB industrial per capita, PIB de serviços per capita, Consumo total de energia, Uso de energias limpas, Uso de energias sujas, e Abertura comercial para o JAP**

Modelo K.1: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,801738	2,87008	-0,2793	0,7832	
PIBPERCAPITA	0,000576388	0,000174809	3,2972	0,0040	***
sq_PIBPERCAPITA	-8,05608e-09	2,63662e-09	-3,0555	0,0068	***
Média var. dependente	9,331503	D.P. var. dependente	0,409073		
Soma resíd. quadrados	1,683765	E.P. da regressão	0,305847		
R-quadrado	0,496905	R-quadrado ajustado	0,441005		
F(2, 18)	8,889259	P-valor(F)	0,002065		
Log da verossimilhança	-3,301065	Critério de Akaike	12,60213		
Critério de Schwarz	15,73570	Critério Hannan-Quinn	13,28220		

Modelo K.2: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
PIB_IND_PCAP	0,000858257	2,46063e-05	34,8796	<0,0001	***
Média var. dependente	9,331503		D.P. var. dependente		0,409073
Soma resíd. quadrados	29,62942		E.P. da regressão		1,217157
R-quadrado	0,983826		R-quadrado ajustado		0,983826
F(1, 20)	1216,583		P-valor(F)		2,17e-19
Log da verossimilhança	-33,41229		Critério de Akaike		68,82457
Critério de Schwarz	69,86910		Critério Hannan-Quinn		69,05126

Modelo K.3: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	1,82548	1,66015	1,0996	0,2860	
PIB_SERV_PCAP	0,000651703	0,000157422	4,1399	0,0006	***
sq_PIB_SERV_PCAP	-1,37885e-08	3,65843e-09	-3,7690	0,0014	***
Média var. dependente	9,331503		D.P. var. dependente		0,409073
Soma resíd. quadrados	1,273657		E.P. da regressão		0,266005
R-quadrado	0,619442		R-quadrado ajustado		0,577158
F(2, 18)	14,64948		P-valor(F)		0,000167
Log da verossimilhança	-0,370091		Critério de Akaike		6,740182
Critério de Schwarz	9,873749		Critério Hannan-Quinn		7,420246

Modelo K.4: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	4,08246	2,00564	2,0355	0,0568	*
Ab_comercial	0,424019	0,180474	2,3495	0,0304	**
sq_Ab_comercial	-0,00810922	0,00393257	-2,0621	0,0539	*
Média var. dependente	9,331503		D.P. var. dependente		0,409073
Soma resíd. quadrados	1,757879		E.P. da regressão		0,312506
R-quadrado	0,474760		R-quadrado ajustado		0,416400
F(2, 18)	8,135037		P-valor(F)		0,003042
Log da verossimilhança	-3,753355		Critério de Akaike		13,50671
Critério de Schwarz	16,64028		Critério Hannan-Quinn		14,18677

Modelo K.5: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	2,48012	0,652397	3,8015	0,0012	***
CONS_ENER_PCAP	0,00176124	0,000167465	10,5171	<0,0001	***
Média var. dependente	9,331503		D.P. var. dependente		0,409073
Soma resíd. quadrados	0,490627		E.P. da regressão		0,160694
R-quadrado	0,853405		R-quadrado ajustado		0,845689
F(1, 19)	110,6087		P-valor(F)		2,32e-09
Log da verossimilhança	9,646534		Critério de Akaike		-15,29307
Critério de Schwarz	-13,20402		Critério Hannan-Quinn		-14,83969

Modelo K.6: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	Coeficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
RENOVAVEL	7,76757	0,21182	36,6706	<0,0001	***
Média var. dependente	9,331503		D.P. var. dependente		0,409073
Soma resíd. quadrados	26,84723		E.P. da regressão		1,158603
R-quadrado	0,985345		R-quadrado ajustado		0,985345
F(1, 20)	1344,731		P-valor(F)		8,10e-20
Log da verossimilhança	-32,37693		Critério de Akaike		66,75386
Critério de Schwarz	67,79838		Critério Hannan-Quinn		66,98055

Modelo K.7: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	Coeficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
const	-11,6146	8,7043	-1,3344	0,1987	
ENER_LIMPA	2,453	1,05508	2,3249	0,0320	**
sq_ENER_LIMPA	-0,0711606	0,0317604	-2,2405	0,0379	**
Média var. dependente	9,331503		D.P. var. dependente		0,409073
Soma resíd. quadrados	2,277909		E.P. da regressão		0,355739
R-quadrado	0,319380		R-quadrado ajustado		0,243755
F(2, 18)	4,223230		P-valor(F)		0,031343
Log da verossimilhança	-6,474432		Critério de Akaike		18,94886
Critério de Schwarz	22,08243		Critério Hannan-Quinn		19,62893

Modelo K.8: MQO, usando as observações 1-21

Variável dependente: CO2\_PERCAPITA

	Coeficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
const	-536,972	224,556	-2,3913	0,0279	**
ENER_SUJA	13,3859	5,46233	2,4506	0,0247	**
sq_ENER_SUJA	-0,0819666	0,0332089	-2,4682	0,0238	**
Média var. dependente	9,331503		D.P. var. dependente		0,409073
Soma resíd. quadrados	2,162628		E.P. da regressão		0,346621
R-quadrado	0,353825		R-quadrado ajustado		0,282027
F(2, 18)	4,928107		P-valor(F)		0,019641
Log da verossimilhança	-5,929127		Critério de Akaike		17,85825
Critério de Schwarz	20,99182		Critério Hannan-Quinn		18,53832

## ANEXO L

Tabela 1: Participação percentual da Indústria e dos Serviços no PIB para cada país.

ANO	USA		CAN		AUS		GER		SWE		BRA		MEX		CHI		IND		RUS		JAP	
	IND	SERV																				
1989	28,63	69,27	32,16	64,36	31,36	63,28	37,69	60,44	32,81	63,32	42,67	48,81	29,37	62,87	42,83	32,06	26,53	44,50	50,22	32,97	37,79	60,03
1990	27,88	70,05	30,78	65,83	31,34	64,07	37,34	61,17	31,56	64,88	38,69	53,21	28,42	63,73	41,34	31,54	26,49	44,48	48,35	35,04	38,05	59,82
1991	26,70	71,41	28,73	68,02	30,24	66,28	36,30	62,02	30,21	66,73	36,16	56,05	28,03	64,44	41,79	33,69	25,40	45,21	47,60	38,10	37,69	60,33
1992	25,84	72,21	28,04	68,65	29,48	67,17	35,32	63,28	28,79	68,33	38,70	53,58	28,10	65,22	43,45	34,76	25,77	45,49	43,01	49,60	36,53	61,58
1993	25,70	72,44	28,23	68,33	29,17	67,28	33,22	65,63	28,41	68,87	41,61	50,83	31,86	63,65	46,57	33,72	25,50	45,83	44,57	47,12	35,15	63,12
1994	26,18	71,98	29,31	67,26	29,13	67,23	32,94	65,93	29,48	67,74	40,00	50,15	30,99	64,70	46,57	33,57	26,41	45,32	44,72	48,65	33,63	64,39
1995	26,31	72,08	30,07	66,37	28,98	67,71	32,34	66,58	31,30	65,90	27,53	66,70	32,47	63,16	47,18	32,86	27,40	46,34	36,96	55,88	33,06	65,19
1996	25,83	72,37	30,19	66,09	28,47	67,81	31,34	67,42	30,31	67,19	25,98	68,50	34,69	60,59	47,54	32,77	26,60	46,27	38,71	54,12	32,89	65,35
1997	25,37	74,59	30,17	66,64	27,64	68,80	31,04	67,63	30,41	67,17	26,13	68,47	34,57	61,06	47,54	34,17	26,41	47,70	38,06	55,51	32,70	65,70
1998	24,10	75,28	29,25	67,41	27,73	68,95	30,98	67,73	30,55	67,19	25,66	68,82	33,80	61,99	46,21	36,23	25,74	48,47	37,35	57,03	31,84	66,45
1999	24,05	75,49	30,54	66,32	26,85	69,82	30,41	68,31	30,05	67,84	25,95	68,58	34,06	61,98	45,76	37,77	25,22	50,27	37,23	55,45	31,32	67,01
2000	23,44	75,61	32,50	64,52	26,78	69,84	30,51	68,23	30,37	67,73	27,73	66,67	34,86	61,61	45,92	39,02	26,00	50,98	37,95	55,62	31,07	67,36
2001	22,30	76,69	31,09	65,88	25,97	70,19	29,80	68,78	29,94	68,16	26,92	67,10	33,03	63,31	45,15	40,46	25,08	51,99	35,70	57,71	29,51	69,03
2002	21,80	77,75	30,19	66,85	25,79	69,90	29,09	69,54	29,55	68,61	27,05	66,33	32,88	63,55	44,79	41,47	26,17	53,13	32,77	60,94	28,67	69,86
2003	21,57	77,44	30,44	66,65	26,38	70,44	29,00	69,91	29,25	68,93	27,85	64,77	33,71	62,70	45,97	41,23	26,01	53,25	32,57	61,17	28,59	70,02
2004	22,04	77,02	30,76	66,21	26,21	70,42	29,29	69,41	29,69	68,52	30,11	62,97	35,38	61,05	46,23	40,38	27,93	53,05	36,33	58,05	28,56	70,11
2005	22,19	76,87	31,47	65,80	26,78	70,06	29,30	69,73	29,69	69,17	29,27	65,02	35,17	61,46	47,37	40,51	28,13	53,06	38,08	56,96	28,13	70,65
2006	22,24	76,58	31,06	66,45	27,89	69,13	30,14	69,12	30,16	68,48	28,75	65,76	36,37	60,27	47,95	40,94	28,84	52,87	37,23	58,25	28,09	70,65
2007	21,99	76,74	29,95	68,47	27,90	69,70	30,50	68,56	30,32	68,10	27,81	66,63	36,10	60,58	47,34	41,89	29,03	52,71	36,44	59,15	28,16	70,51
2008	21,13	77,22	30,60	67,56	27,73	69,75	30,13	69,35	29,27	69,13	27,90	66,18	36,56	60,15	47,45	41,82	28,29	53,93	36,12	59,48	27,46	71,12
2009	19,58	78,81	26,37	72,06	28,90	68,64	27,82	72,42	26,92	71,61	26,83	67,54	34,29	62,19	46,24	43,43	27,76	54,50	33,64	61,67	25,94	72,51
Varrel.	-32%	14%	-18%	12%	-8%	8%	-26%	20%	-18%	13%	-37%	38%	17%	-1%	8%	35%	5%	22%	-33%	87%	-31%	21%



Tabela 3: Nível de Abertura Comercial

ANO	Nível de Abertura Comercial Anual										
PAÍS	USA	CAN	AUS	GER	SWE	BRA	MEX	CHI	IND	RUS	JAP
1989	15,54	47,71	26,52	38,70	51,68	12,66	18,98	14,68	14,64		16,55
1990	16,21	49,33	27,32	40,91	52,30	13,74	20,17	15,04	15,04	11,73	16,87
1991	16,78	51,76	28,66	43,22	51,01	13,91	21,19	16,75	16,67	30,82	16,65
1992	17,33	54,16	29,41	42,82	52,84	15,45	22,90	18,66	18,25	28,01	16,82
1993	17,81	57,46	30,87	40,58	56,02	17,67	23,58	23,91	19,92	29,89	16,74
1994	18,83	60,05	32,30	42,86	61,27	18,68	26,91	24,91	20,21	35,42	17,64
1995	20,00	62,56	33,30	44,99	64,70	20,24	31,00	24,40	22,65	39,49	18,94
1996	20,87	64,84	35,26	47,10	66,29	20,41	35,34	28,21	22,70	42,26	20,28
1997	22,44	68,73	36,03	50,96	73,37	22,31	38,12	30,64	23,28	41,72	21,07
1998	23,00	70,84	35,38	54,27	77,68	22,76	41,36	31,45	24,39	42,11	20,53
1999	23,72	73,34	37,50	57,08	78,91	21,20	44,99	32,68	24,93	41,50	21,20
2000	25,26	75,58	38,23	62,00	84,60	22,64	49,90	41,36	27,49	43,49	22,86
2001	24,09	71,56	36,96	63,53	83,11	23,60	48,73	43,64	26,39	44,54	22,14
2002	23,98	70,53	37,66	64,73	81,15	22,56	49,11	47,12	30,18	47,16	23,07
2003	24,16	69,49	38,38	67,48	82,48	23,44	49,72	51,97	31,31	50,01	24,25
2004	25,74	71,54	40,15	73,12	86,18	25,34	52,96	57,88	36,57	53,37	26,22
2005	26,53	72,26	40,79	77,74	89,20	26,81	55,14	64,36	41,02	54,91	27,36
2006	27,69	72,13	41,69	84,18	93,18	28,55	58,58	68,14	44,98	57,38	28,71
2007	28,63	73,02	44,01	86,83	96,64	30,26	60,30	68,71	44,32	60,72	29,56
2008	29,16	71,49	43,07	88,45	99,74	31,05	60,48	64,72	52,90	61,98	30,26
2009	26,98	63,79	44,38	82,89	91,04	27,71	54,40	65,99	44,72	53,72	26,06
Var rel.	74%	34%	67%	114%	76%	119%	187%	349%	205%	358%	57%
Var ab	11,44	16,09	17,86	44,19	39,37	15,05	35,41	51,31	30,08	53,72	9,51

Tabela 4: Os dez maiores produtores e consumidores de carvão mineral

Os dez maiores produtores de carvão mineral (em Mtep)				Os dez maiores consumidores de carvão mineral (em Mtep)			
	País	Mtep	%		País	Mtep	%
1º	China	1289,6	41,1	1º	China	1311,4	41,3
2º	Estados Unidos	587,2	18,7	2º	Estados Unidos	573,7	18,1
3º	Austrália	215,4	6,9	3º	Índia	208	6,5
4º	Índia	181	5,8	4º	Japão	125,3	3,9
5º	África do Sul	151,8	4,8	5º	África do Sul	97,7	3,1
6º	Rússia	148,2	4,7	6º	Rússia	94,5	3
7º	Indonésia	107,5	3,4	7º	Alemanha	86	2,7
8º	Polônia	62,3	2	8º	Coréia do Sul	59,7	1,9
9º	Alemanha	51,5	1,6	9º	Polônia	57,1	1,8
10º	Cazaquistão	48,3	1,5	10º	Austrália	53,1	1,7
26º	Brasil	2,2	0,1	21º	Brasil	13,6	0,4
	<b>Total</b>	<b>3135,6</b>	<b>100</b>		<b>Total</b>	<b>3177,5</b>	<b>100</b>

Fonte: BP Global (2008), Elaborado pelo autor

Tabela 5: PIB Industrial per capita e PIB de Serviços per capita

PAÍS	USA		CAN		AUS		GER		SWE		BRA		MEX		CHI		IND		RUS		JAP	
	IND	SERV	IND	SERV	IND	SERV	IND	SERV	IND	SERV	IND	SERV	IND	SERV								
1989	6.563	15.878	6.620	13.250	5.585	11.270	6.671	10.696	8.301	16.020	1.235	1.412	777	1.663	132	99	94	157	1.722	1.130	9.260	14.711
1990	6.679	16.781	6.556	14.023	5.711	11.674	8.297	13.591	9.520	19.568	1.194	1.643	867	1.945	130	99	100	167	1.685	1.221	9.560	15.030
1991	6.516	17.427	6.202	14.686	5.697	12.488	8.448	14.432	9.477	20.937	968	1.501	1.003	2.306	138	111	79	140	1.632	1.306	10.738	17.218
1992	6.587	18.408	5.801	14.206	5.481	12.491	9.302	16.663	9.310	22.097	978	1.354	1.138	2.642	158	126	84	148	1.331	1.535	11.329	19.099
1993	6.801	19.170	5.628	13.622	5.152	11.883	8.468	16.729	6.841	16.584	1.162	1.419	1.752	3.500	174	126	79	141	1.306	1.380	12.461	22.378
1994	7.272	19.995	5.800	13.309	5.267	12.158	8.924	17.839	7.590	17.441	1.371	1.718	1.747	3.648	219	158	94	161	1.191	1.296	13.053	24.993
1995	7.572	20.748	6.168	13.611	5.902	13.788	10.258	21.118	9.362	19.714	1.307	3.168	1.170	2.276	285	199	105	178	987	1.492	14.059	27.719
1996	7.765	21.760	6.379	13.964	6.242	14.865	9.572	20.590	9.877	21.896	1.327	3.499	1.418	2.477	334	230	109	190	1.023	1.431	12.306	24.455
1997	8.009	23.551	6.549	14.466	6.504	16.186	8.384	18.288	9.093	20.082	1.364	3.574	1.679	2.965	368	265	113	204	1.042	1.519	11.213	22.532
1998	7.941	24.803	6.107	14.073	5.919	14.715	8.457	18.491	9.210	20.252	1.278	3.426	1.685	3.091	379	297	110	206	685	1.046	9.861	20.578
1999	8.325	26.135	6.733	14.662	5.515	14.339	8.138	18.276	9.188	20.744	885	2.340	1.929	3.510	396	327	115	229	495	738	10.963	23.454
2000	8.544	27.560	7.809	15.505	5.802	15.131	7.227	16.161	8.893	19.833	1.025	2.463	2.294	4.055	436	370	119	233	672	985	11.587	25.119
2001	8.310	28.584	7.329	15.530	5.063	13.686	7.048	16.289	8.075	18.381	842	2.099	2.272	4.335	470	421	117	242	750	1.212	9.655	22.586
2002	8.319	29.672	7.245	16.042	5.173	14.024	7.322	17.503	8.738	20.289	760	1.864	2.284	4.416	509	471	127	259	778	1.446	8.956	21.821
2003	8.558	30.728	8.532	18.681	6.186	16.514	8.793	21.197	10.810	25.478	846	1.989	2.225	4.139	585	525	147	301	969	1.820	9.632	23.590
2004	9.239	32.290	9.792	21.076	7.979	21.441	9.993	23.685	12.600	29.080	1.086	2.272	2.491	4.299	689	602	181	345	1.493	2.386	10.409	25.550
2005	9.830	34.060	11.337	23.707	9.103	23.818	10.151	24.160	12.792	29.802	1.387	3.081	2.752	4.808	820	701	208	393	2.033	3.041	10.066	25.279
2006	10.328	35.562	12.500	26.744	10.068	24.958	10.972	25.138	13.952	31.678	1.664	3.806	3.136	5.197	992	847	239	439	2.587	4.047	9.579	24.094
2007	10.567	36.882	13.279	30.351	11.431	28.561	12.736	28.630	16.167	36.312	2.001	4.799	3.318	5.568	1.255	1.111	310	563	3.333	5.409	9.602	24.041
2008	10.228	37.377	14.199	31.345	13.770	34.629	13.752	31.648	16.317	38.536	2.406	5.707	3.495	5.751	1.620	1.428	295	562	4.226	6.959	10.427	27.005
2009	9.202	37.041	10.749	29.374	12.341	29.310	11.990	30.178	12.437	33.088	2.247	5.656	2.637	4.782	1.733	1.628	318	625	2.898	5.314	10.241	28.624

**Tabela 5: Emissões de CO<sub>2</sub>**

ANO	Emissões de CO <sub>2</sub> per capita										
PAÍS	USA	CAN	AUS	GER	SWE	BRA	MEX	CHI	IND	RUS	JAP
1989	19,10	16,08	16,52		6,54	1,46	4,29	2,15	0,78		8,33
1990	19,08	16,20	16,84		5,97	1,40	3,65	2,17	0,79		8,86
1991	19,19	15,94	16,29	11,62	6,18	1,44	3,71	2,25	0,83		8,88
1992	19,35	16,40	16,83	11,06	6,37	1,43	3,66	2,31	0,87	14,39	9,04
1993	19,46	16,58	17,10	10,81	5,97	1,47	3,60	2,44	0,88	13,22	8,90
1994	19,36	15,61	17,02	10,63	6,21	1,52	3,72	2,57	0,92	11,61	9,40
1995	19,62	15,66	17,01	10,58	5,75	1,60	3,44	2,76	0,96	11,22	9,44
1996	19,88	15,77	17,98	10,86	6,53	1,73	3,51	2,84	1,03	11,01	9,59
1997	19,78	16,11	18,02	10,51	5,86	1,80	3,62	2,82	1,05	10,54	9,53
1998	19,82	17,10	18,54	10,43	5,99	1,84	3,71	2,68	1,06	10,34	9,17
1999	20,25	16,90	17,20	10,02	5,77	1,86	3,73	2,65	1,12	10,45	9,46
2000	19,66	17,37	17,21	10,10	5,61	1,88	3,67	2,70	1,14	10,63	9,61
2001	19,65	16,91	16,73	10,37	5,75	1,91	3,75	2,74	1,14	10,67	9,46
2002	19,58	16,55	17,35	10,05	6,43	1,85	3,67	2,89	1,14	10,71	9,55
2003	19,78	17,46	17,41	10,10	6,12	1,77	3,75	3,51	1,17	11,09	9,69
2004	19,72	17,26	17,33	10,01	6,06	1,84	3,76	4,08	1,21	11,15	9,86
2005	19,23	17,43	17,78	9,78	5,71	1,87	3,93	4,44	1,25	11,29	9,69
2006	19,35	16,89	17,93	9,82	5,46	1,85	3,94	4,89	1,32	11,72	9,64
2007	18,60	17,05	18,11	9,53	5,25	1,91	4,02	5,15	1,39	11,73	9,79
2008	17,32	16,39	18,24	9,54	5,33	2,02	4,10	5,31	1,54	12,09	9,45
2009	17,56	15,28	18,21	8,94	4,70	1,90	3,83	5,78	1,67	11,09	8,63

**Tabela 7: PIB per capita**

ANO	PIB per capita										
PAÍS	USA	CAN	AUS	GER	SWE	BRA	MEX	CHI	IND	RUS	JAP
1989	22.922	20.587	17.811	17.697	25.300	2.894	2.644	307	354	3.429	24.506
1990	23.955	21.302	18.221	22.220	30.162	3.087	3.052	314	376	3.485	25.124
1991	24.405	21.591	18.841	23.269	31.374	2.677	3.578	330	310	3.427	28.541
1992	25.493	20.693	18.595	26.334	32.339	2.526	4.051	363	324	3.095	31.014
1993	26.465	19.936	17.662	25.489	24.081	2.792	5.499	374	309	2.929	35.451
1994	27.777	19.786	18.083	27.088	25.747	3.426	5.637	469	355	2.663	38.815
1995	28.782	20.509	20.364	31.716	29.914	4.750	3.604	604	384	2.670	42.522
1996	30.068	21.129	21.922	30.539	32.587	5.108	4.088	703	411	2.644	37.422
1997	31.573	21.709	23.526	27.012	29.898	5.219	4.856	774	427	2.738	34.295
1998	32.949	20.875	21.342	27.300	30.144	4.979	4.986	821	425	1.835	30.967
1999	34.621	22.110	20.537	26.756	30.577	3.412	5.663	865	455	1.331	34.999
2000	36.450	24.032	21.667	23.685	29.283	3.694	6.582	949	457	1.772	37.292
2001	37.274	23.574	19.497	23.654	26.969	3.128	6.880	1.042	466	2.100	32.716
2002	38.166	23.995	20.062	25.171	29.572	2.811	6.948	1.135	487	2.373	31.236
2003	39.677	28.026	23.445	30.319	36.961	3.040	6.601	1.274	565	2.975	33.691
2004	41.922	31.830	30.450	34.122	42.442	3.607	7.042	1.490	650	4.109	36.442
2005	44.308	36.029	33.996	34.650	43.085	4.739	7.824	1.731	740	5.338	35.781
2006	46.437	40.245	36.101	36.400	46.256	5.788	8.623	2.069	830	6.948	34.102
2007	48.061	44.329	40.976	41.761	53.325	7.194	9.190	2.651	1.069	9.145	34.095
2008	48.401	46.399	49.650	45.635	55.747	8.623	9.560	3.414	1.042	11.700	37.972
2009	47.001	40.764	42.702	41.669	46.207	8.373	7.690	3.749	1.147	8.616	39.473