

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
Centro Sócio Econômico  
Departamento de Ciências Econômicas

**RELAÇÃO ENTRE CRESCIMENTO ECONÔMICO E IMPACTOS AMBIENTAIS:  
UMA ANÁLISE DA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS**

**FILIFE ANSELMO GOMES**

Florianópolis, 2010.

FILIFE ANSELMO GOMES

**RELAÇÃO ENTRE CRESCIMENTO ECONÔMICO E IMPACTOS AMBIENTAIS:  
UMA ANÁLISE DA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS**

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, 2010.

FILIPPE ANSELMO GOMES

A banca examinadora resolveu atribuir a nota 10,0 ao aluno Filipe Anselmo Gomes na disciplina CNM 5420 – Monografia, do curso de Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina, pela apresentação deste trabalho.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Milton Biage  
Orientador

---

Prof. Cauê Serur Pereira  
Membro

---

Prof. Nicolas P. Suhadolnik  
Membro

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, a pessoa responsável por eu estar aqui, origem de tudo, não só da vida, mas do interesse por proteção ambiental e pela luta por um mundo melhor. Essa força motivadora de não aceitar a sociedade desigual e exploradora hoje lhe está adormecida, mas tenho certeza que ainda voltará a pulsar e preencher os seus dias. À minha mãe dedico este trabalho.

Agradeço todo o suporte que me deram no passado e no presente – e, sem dúvida, no futuro –, meus segundo-pais Samuel e Maristela e meus primo-irmãos Artur, Elís e Eloá, por sempre me acolherem e darem força, juntamente com toda minha família, avós, tios, primos...

Aos meus colegas de curso, que mostraram ser vital o compartilhar de informações e de comprovarem que o diploma não é um mérito pessoal, meus agradecimentos a Maurício, Lucas, Lucilene, Zenir, Leandro, Vítor, Mauro, Luana, Dani e todos os companheiros solidários.

Também gostaria de agradecer ao partido que construo – e principalmente ao Daniel –, que me mostrou o que a universidade não ensina, não quer e não pode.

Ao meu professor orientador Milton, pela persistência e confiança no meu potencial, gostaria de lhe agradecer por não ter desistido, quando até mesmo eu já o tinha. Sua ajuda foi chave na elaboração desta pesquisa.

Finalmente, agradeço a todos meus amigos, de todos os lugares, porque é impossível viver só de livros.

## RESUMO

GOMES, F. A. **Relação entre crescimento econômico e impactos ambientais:** uma análise da Curva Ambiental de Kuznets. 93 f. Monografia – Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

A preocupação ecológica cresce com o tempo. É possível verificar através do senso comum, das Conferências Internacionais, do aparecimento de produtos “verdes”. As ciências, em especial, a Economia, começam a se adequar para explicar essa nova realidade. Existem três principais escolas de pensamento na economia para explicar essa situação: a Economia Ambiental (ortodoxa), a Economia Ecológica (heterodoxa) e o Ecosocialismo (marxista). O principal instrumental da Economia Ambiental é a Curva Ambiental de Kuznets, que diz ser em “U-invertido” a relação entre renda *per capita* e impactos ambientais. Para testar sua viabilidade, é realizado um teste econométrico que utiliza dados de painel, para uma amostra de 40 (quarenta) países representativos no período de 1991-2006. Para análise dos resultados, utiliza-se análise do comportamento dos coeficientes e da elasticidade entre os países.

**Palavras-chave:** economia ecológica, ecosocialismo, dados de painel, Kuznets

## ABSTRACT

GOMES, F. A. **Relation between economic growth and environmental impacts:** an analysis of Environmental Kuznets Curve. 93 f. Monograph – Degree in Economics, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

The ecological concern grows across the time. It is possible to verify by the common sense, the International Conferences, the green goods appearance. Sciences, in particular, the Economics, started to fit itself in order to explain this new reality. Exist three mainly fields that explain this situation: Environmental Economics (orthodox), Ecological Economics (unorthodox) e o Eco-socialism (Marxist). The main Environmental Economics instrumental is the Environmental Kuznets Curve, that it has “U-inverted” shape between income per capita and environmental impacts. For testing its viability, a econometric test is realized that utilizes panel data, for a 40 (forty) sample of representatives countries at the period between 1991-2006. For results analysis, it uses coefficients and elasticity comportment assays between the countries.

**Keywords:** Ecological Economics, Eco-socialism, panel data, Kuznets

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Indicadores Utilizados e Banco de Dados Fontes.....	52
<b>Tabela 2:</b> Lista dos Países da Base de Dados.....	54
<b>Tabela 3:</b> Indicadores retirados do modelo pela quantidade de células vazias.....	56
<b>Tabela 4:</b> Variáveis do modelo e testes de multicolinearidade.....	58
<b>Tabela 5:</b> Variáveis do modelo e suas abreviações.....	59
<b>Tabela 6:</b> Teste BPG de heterocedasticidade.....	60
<b>Tabela 7:</b> Diferença de erros-padrão entre os modelos.....	61
<b>Tabela 8:</b> Teste de Hausman entre MEFG e MEAG.....	63
<b>Tabela 9:</b> Teste de Hausman entre MEFT e MEAT.....	64
<b>Tabela 10:</b> Coeficientes, máximo e mínimo do MEFG e MEAT.....	65
<b>Tabela 11:</b> Intercepto no MEFG para cada país e colocação dos valores dos interceptos, começando pelo maior.....	66
<b>Tabela 12:</b> Elasticidade do Brasil, EUA, Alemanha, China, Grécia e Zâmbia.....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- 2SLS**- Regressão em Duas Etapas
- BGP**- Teste de Breusch-Pagan-Godfrey
- CAK**- Curva Ambiental de Kuznets
- CDIAC**- Centro de Análises e Informações sobre Dióxido de Carbono
- CMMAD**- Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
- Co.**- Company
- CO<sub>2</sub>**- Dióxido de Carbono
- COP6**- VI Conferência das Partes
- COP15**- XV Conferência das Partes
- DESA**- Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais
- EUA**- Estados Unidos da América
- FAO**- Organização para a Alimentação e Agricultura
- FIB**- Felicidade Interna Bruta
- FIV**- Fator de Inflação da Variância
- FGLS**- Mínimos Quadrados Generalizados
- GMAPS**- Modelo Global de Partículas Ambientais
- IBES**- Índice de Bem-estar Econômico Sustentável
- IBGE**- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IC**- Índice Condicional
- IDH**- Índice de Desenvolvimento Humano
- IEA**- Agência de Energia Internacional
- IPCC**- Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
- JMP**- Programa de Monitoramento Conjunto
- KILM**- Indicadores-chave do Mercado de Trabalho
- Ltd.**- Limited
- LM**- Multiplicador de Lagrange
- LSDV**- Mínimos Quadrados com Variáveis Dummies
- MCC**- Modelo de Coeficientes Constantes
- MDGI**- Indicadores para Objetivos do Desenvolvimento do Milênio
- MEAG**- Modelo de Efeitos Aleatórios por Grupo
- MEAT**- Modelo de Efeitos Fixos ao longo do Tempo



**MEFG-** Modelo de Efeitos Aleatórios por Grupo

**MEFT-** Modelo de Efeitos Fixos ao longo do Tempo

**MQO-** Mínimos Quadrados Ordinários

**NO<sub>x</sub>-** Óxidos de Nitrogênio

**ODM-** Objetivos para Desenvolvimento do Milênio

**ODP-** Capacidade de Destruição da Camada de Ozônio

**ODS-** Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio

**OECD-** Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

**UNDP-** Programa para o Desenvolvimento da ONU

**ONU-** Organização das Nações Unidas

**PIB-** Produto Interno Bruto

**PM10-** Partícula Suspensa de menos de 10 micrômetros de diâmetro

**PNB-** Produto Nacional Bruto

**PNUD-** Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

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

**PPC-** Paridade de Poder de Compra

**PPP-** Paridade de Poder de Compra

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

**Rio+10-** II Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável

**SPM-** Material Particulado em Suspensão

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

**SO<sub>2</sub>-** Dióxido sulfúrico

**SQR-** Soma dos Resíduos ao Quadrado

**SUR-** *Seemingly Unrelated Regression*

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

**UICN-** União Internacional para a Conservação da Natureza

**UNEP-** Programa ambiental da ONU

**UNESCO-** Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

**UNFCCC-** Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas

**UNICEF-** Fundo das Nações Unidas para a Infância

**WCMC-** Centro de Monitoramento e Conservação Mundial

**WDI-** Indicadores para Desenvolvimento Mundial

**WHO-** Organização Mundial de Saúde

## SUMÁRIO

1 O PROBLEMA.....	10
1.1 Introdução à Preocupação Ecológica.....	10
1.2 Conjuntura e Perspectivas.....	13
1.3 A Curva Ambiental de Kuznets e o Problema Ambiental.....	15
1.4 Objetivos.....	16
1.4.1 Objetivo Geral.....	16
1.4.2 Objetivos Específicos.....	17
1.5 Justificativa.....	17
1.6 Metodologia.....	18
2 AS ESCOLAS ECONÔMICAS COM CUNHO AMBIENTAL.....	21
2.1 Economia Ambiental.....	21
2.2 Economia Ecológica.....	24
2.3 Economia Marxista e Ecosocialismo.....	26
2.4 A Curva Ambiental de Kuznets.....	30
2.4.1 Surgimento .....	30
2.4.2 Comportamento e Fatores Responsáveis .....	31
2.4.3 Críticas .....	32
3 DADOS DE PAINÉIS.....	35
3.1 Modelos de regressão com dados em painel.....	35
3.2 Modelo de Efeitos Fixos.....	37
3.3 Modelo de Efeitos Aleatórios.....	40
3.4 Modelo de efeitos fixos ou de efeitos aleatórios?.....	42
3.5 Testes para avaliar a viabilidade dos modelos.....	44
3.5.1 A Multicolinearidade.....	44
3.5.2 A Heterocedasticidade.....	46
4 O MODELO E RESULTADOS OBTIDOS.....	49
4.1 A base de dados.....	50
4.2 A escolha do modelo de painel.....	55
4.2.1 Da escolha das variáveis.....	56
4.2.2 Do teste de multicolinearidade.....	57
4.2.3 Do teste de heterocedasticidade.....	60
4.2.4 Dos testes de viabilidade entre os modelos.....	62
4.3 Modelo de painel executado.....	66
4.4 Análise dos Resultados.....	72
5 CONCLUSÃO.....	77
REFERÊNCIAS.....	79
ANEXOS.....	85

# 1 O PROBLEMA

## 1.1 Introdução à Preocupação Ecológica

O ser humano é um ser diferente? Perante a natureza, todos os animais começaram da mesma forma, somos iguais. Porém, a descoberta do fogo, e sua manipulação, levaram o homem a um grande desenvolvimento e a uma interferência maior na natureza. Essa maior transformação ambiental, a princípio, era integrada ao dinamismo do ecossistema, como seria uma interferência de uma grande espécie de animal para a natureza como um todo. Mesmo após a Revolução Agrícola, a forma como é administrada a agricultura ainda seria compatível com a preservação ambiental, desde que obedecendo princípios básicos de regulação – por sinal, diferente do que aconteceu ao longo do período feudal na Europa. (ROMEIRO; 2010)

O confronto entre o homem e a natureza, ou seja, o problema começa com o salto colossal da Revolução Industrial na produção e intervenção na natureza. Houve uma expansão em escala de produção que superou os limites normais de sobrevivência e adaptação do planeta, sua “capacidade de carga”. Esse desenvolvimento foi baseado no uso intensivo de recursos naturais, “visando apenas o lucro em detrimento do meio natural e social” (COUTO, TEIXEIRA; 2010). Esse desenvolvimento descontrolado em busca do lucro transformou a natureza em mercadoria, a qual deveria ser extraída cada vez mais recursos. Foi uma expansão de rapina que ocorreu na Revolução Industrial e que impregna a forma como produzimos hoje.

Com o Pós-Guerra o desenvolvimento tornou-se ainda mais acelerado pelo alastramento da industrialização para novas áreas do planeta: os países periféricos. Não por acaso é nesse momento que surgem grandes discussões a respeito da relação desenvolvimento econômico e questão ambiental, que se intensificariam anos depois, nas décadas de 1960 e 1970.

“Os anos 60 convulsionaram a ideia do progresso. Depois da explosão populacional, soou o alarme ecológico. Foram questionados os pilares ideológicos da civilização ocidental: a supremacia e o direito do homem de explorar a natureza e o mito do crescimento econômico ilimitado. Pela primeira vez, desde que o Ocidente abriu a história da modernidade, guiada pelos ideais da liberdade e do iluminismo da razão, questionou-se o princípio do progresso impulsionado pela potência da ciência e da tecnologia, que logo se converteram nas mais servis e servíveis ferramentas do acúmulo de capital.” (LEFF, 2008)

Um dos marcos desse crescimento da preocupação ambiental pelo mundo foi o caso do Japão da metade do século passado. Em 1956, na cidade de Minamata, descobriu-se que a empresa petroquímica Chisso Fertilizer Co. Ltd. já havia sido responsável por quatro décadas de emissão de mercúrio ao mar daquela região. Esse acúmulo da toxina na região provocou a contaminação de peixes que, consequentemente, ocasionou a morte de 1.043 pessoas e 12.127 contaminados pelo Mal de Minamata, intoxicação por mercúrio (BARCE; 2006).

Em 1959, a comunidade de pescadores próxima a empresa se revoltou contra essa situação descontrolada que estava levando a morte e desgraça para sua comunidade. Nesse ano eles radicalizaram sua luta e destruíram a propriedade da empresa responsável por isso, a petroquímica Chisso (RATIER, 2010). Somente em 1968, o governo japonês reconheceu que a empresa era fonte da doença (Mal de Minamata) e iniciou o controle da poluição por mercúrio no país (GIANSANTI, 1998).

Esse desastre japonês, conhecido mundialmente, levou o governo da Suécia, em 1969, a propor uma conferência internacional para a Organização das Nações Unidas (ONU) com vistas a discutir a questão ambiental. Ela aconteceu em 1972 e ficou conhecida como Conferência de Estocolmo. Nesse evento polarizou-se de um lado os países “ricos”, no grupo chamado Clube de Roma, e de outro os países periféricos. Os primeiros defendiam o crescimento zero em seu documento “Os limites do crescimento” como forma de evitar a catástrofe ambiental, enquanto os últimos defendiam seu direito a se desenvolver e chegarem ao patamar de bem-estar dos países ricos. Nenhuma dessas saídas, porém, questionava o sistema econômico utilizado (COUTO, TEIXEIRA; 2010).

Em meio a essas discussões, em 1973, o canadense Strong cunha o termo Ecodesenvolvimento, em um relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Esse termo procurava denominar a relação existente entre o meio ambiente e o desenvolvimento rural nos países periféricos. Em seguida, Ignacy Sachs estende esse conceito de forma a incorporar as áreas urbanas na relação

com o meio ambiente (COUTO, TEIXEIRA; 2010).

O documento “Estratégia Mundial para a Conservação”, de 1980, da União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), muda o antigo termo Ecodeenvolvimento para Desenvolvimento Sustentável. Esse novo termo incorporava outras preocupações no desenvolvimento dos países, buscando a solução para os problemas sociais, políticos, culturais e ambientais.

Em 1983, é criada a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) com vistas a revisar e apresentar soluções “realistas” para os problemas ambientais. Em 1987, essa comissão lança o relatório “Nosso Futuro Comum” (também chamado Relatório Brundtland). A partir desse momento Desenvolvimento Sustentável passa a designar: o desenvolvimento que atende às necessidades atuais sem comprometer as chances das próximas gerações atenderem as suas próprias necessidades.

Após essas conferências, ocorre o maior evento mundial daquele século sobre meio ambiente, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992 (Rio-92). Ela marcou uma nova visão da ONU e, através da Agenda 21 – um dos documentos do evento –, definiu objetivos e metas para os chefes de estado na gestão de suas políticas para incorporar a preservação ambiental e dos recursos naturais. A “Carta da Terra”, outro documento originado da Rio-92, é terminada em 2000 e passa a ser visto como que um código ético planetário (equivalente à Declaração Universal dos Direitos Humanos) (COUTO, TEIXEIRA; 2010).

Ainda em 1997, é assinado o Protocolo de Kyoto com vistas a redução até 2012 em 5,2% da emissão de gases do efeito estufa (tendo como referência o ano de 1990). Em 2000, a VI Conferência das Partes (COP6) estabelece que os governos responsáveis por 55% das emissões de CO<sub>2</sub> devem ratificar o Protocolo, para que ele comece a valer. Essa condição é atendida apenas em 2005 com a ratificação da Rússia e, apenas nesse ano, o documento começa a ter validade.

Em 2002, aconteceu em Johannesburgo (África do Sul) a “II Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+10)”. Não se discutiu nada novo, apenas propostas para atingir as metas definidas na Rio-92. Apesar de ter sido a maior cúpula de chefes de Estado até então, não teve resultados importantes, principalmente pelo entrave dos Estados Unidos (EUA).

No ano passado, 2009, em Copenhague (Dinamarca), a XV Conferência das Partes (COP15) foi um fracasso. A maior reunião diplomática já feita foi um retroces-

so ao que se discutira no Protocolo de Kyoto. Além de não terem assinado nenhum documento com valor jurídico, apenas uma carta de intenção, vários chefes de Estado saíram antes ou não assinaram (FRANÇA, 2009).

Com esse aumento da preocupação ambiental nos meios científicos e institucionais e da despreocupação governamental, pensar no meio ambiente não se limita a esses círculos de atuação, mas estende-se para a sociedade de uma forma geral. Segundo Folha Online (2006), a consciência ecológica no âmbito popular cresce no país. Com base nessa pesquisa, realizada pelo Instituto Vox Populi, verificou-se que a porcentagem de pessoas que não acreditam que o Brasil tenha problemas ambientais caiu de 47%, em 1992, para 14%, em 2006.

Outro círculo a qual cresce essa preocupação é o empresarial. O mercado incorporou-o e existe um segmento que está em franco crescimento, o chamado “nicho verde”, que valoriza produtos e serviços ecologicamente corretos. Nessa visão, as empresas que oferecerem aos consumidores esses produtos podem ter um lucro maior – e as que não se adequarem, podem ter problemas futuros (BRUM; FORTALEZA, 2005).

## 1.2 Conjuntura e Perspectivas

Atualmente, a discussão ambiental que ganha mais destaque é a mudança climática. As consequências do efeito estufa para a economia, a sociedade e o ambiente mostram-se desastrosas. Vários relatórios mundiais demonstram essa situação apocalíptica, ganhando destaque o Relatório Stern<sup>1</sup> (STERN, 2007) e o Sumário para Tomadores de Decisão, principal documento elaborado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas<sup>2</sup> (IPCC) (IPCC, 2007).

Os relatórios do IPCC, publicados a cada cinco anos, foram muito importantes para a criação do UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas) e nas negociações do Protocolo de Kyoto (GREENPEACE, 2007).

O último relatório, de 2007, aponta um quadro impressionante. Dos doze anos

---

1 O Relatório Stern foi elaborado por economistas do Ministério da Fazenda Inglês – sob direção do economista e acadêmico (da escola londrina da Economia Ambiental) Nicholas Stern – teve por objetivo entender os desafios econômicos enfrentados pelas mudanças climáticas.

2 O IPCC nasce em 1988 com objetivo de fornecer conselhos científicos imparciais aos líderes políticos, recomendando “políticas relevantes”, e não “normativas”.

mais quentes já registrados em medições, onze desses anos foram entre 1995 e 2007. Grande parte desse aquecimento global é causado pelo homem. Isso está causando derretimento de geleiras glaciais e montanhosas e elevação da temperatura e do nível dos mares. Como consequências: tufões e ciclones, secas, enchentes e ondas de calor mais intensos e frequentes. Se nada for feito para reduzir as emissões, o aquecimento do planeta será duas vezes maior nos próximos 20 anos do que se tivéssemos estabilizado a emissão de gases nos níveis do ano 2000. (IPCC, 2007)

O Relatório de Stern (2007) apresenta o mesmo quadro do relatório do IPCC de 2007, acima descrito. Segundo esse relatório, se as emissões de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) continuarem nesse ritmo, até o fim do século, o aumento da temperatura chegará a 5°C, variação equivalente a diferença entre a temperatura da última Era Glacial e temperatura média atual. Isso afetará os elementos básicos para a vida da população: acesso à água, produção de alimentos, saúde e o ambiente; além da geografia humana e física mundial. Conforme o relatório, essa modificação impactará na economia e na sociedade como uma grande guerra, provocando uma perda de até 20% do PIB (Produto Interno Bruto) mundial. Em contrapartida, um investimento anual de apenas 1% do PIB mundial já amorteceria esse efeito. O comércio de carbono, a cooperação tecnológica, o combate ao desflorestamento e a adaptação dos países, com fundos internacionais para investir em culturas agrícolas resistentes a secas e enchentes, por exemplo, são os elementos-chave chegar a esse novo quadro no mundo.

Como o efeito é mundial, a solução também deve ser. Ou seja, todos os países devem se mobilizar para atingir esse bem comum mundial. Porém uma redução dos países em desenvolvimento pouco diferença faz no total de partículas emitidas. Os principais países emissores são os países desenvolvidos. Segundo o Relatório Stern (2007), para evitar essa situação, esses países devem ter como meta reduzir entre 60% e 80% sua emissão de CO<sub>2</sub> até 2050.

Nota-se que economistas, ecologistas e cientistas do mundo todo, em parceria com instituições internacionais, estão estudando esse novo panorama mundial e mostrando que, se esse problema não for encarado mundialmente, todos os países do mundo sairão prejudicados.

### 1.3 A Curva Ambiental de Kuznets e o Problema Ambiental

No meio acadêmico, as discussões que buscam abordar este tema atual, geralmente, são obrigadas a expandir ou solapar seus postulados, suas bases, a fim de se adequarem e explicarem a nova realidade. As ciências foram, em partes, negligentes ao considerar as possibilidades ilimitadas dos recursos, imaginar que pode-se crescer indefinidamente (*ad infinitum*). Por exemplo, para definir a agenda da política ambiental, nem a economia, nem a ecologia são suficientes por si só, já que:

“(...) a economia, do ponto de vista ecológico, não tem um *standard* de medida comum. Os economistas ficam sem teoria do valor. (...) [A]s avaliações econômicas se tornam uma pequena ilha que apenas flutua em um mar de externalidades invaloráveis. [Já a ecologia] não explica a 'distribuição ecológica', ou seja, as assimetrias e desigualdades sociais, especiais e temporais no uso dos serviços e recursos da natureza.” (MARTÍNEZ-ALIER, 1998, p. 63-4)

A Ciência Econômica, em sua busca para se atualizar, incorpora discussões e análises de outros ramos do conhecimento. A corrente que tem mais suporte nessa busca é a Economia Ambiental. Um de seus principais instrumentos de análise é o modelo teórico da Curva Ambiental de Kuznets. Segundo Arraes, Diniz e Diniz (2006, p.527): “a curva de Kuznets passou a ser referência para explicar a relação de como a poluição ambiental em suas várias formas evolui em razão do crescimento econômico”.

Segundo esses autores, o estudo da relação entre crescimento econômico e meio ambiente remonta ao final da década de 1960. Os autores daquela época discutiram a forma como o crescimento econômico se desenvolve, considerando diferentes aspectos de impactos sobre o meio ambiente. Além disso, destacaram a presença de efeitos ambientais indesejáveis.

Em 1955, Kuznets demonstrara a relação entre o crescimento econômico e distribuição de renda para os EUA, o Reino Unido e a Alemanha, cuja representação gráfica foi em forma de “U-invertido”. Apropriando-se dessa curva, alguns estudos, como Grossman e Krueger (1995), desenvolveram uma Curva Ambiental de Kuznets (CAK), como instrumental para correlacionar crescimento econômico e emissão de poluentes.

Essa curva caracteriza dois aspectos: a parte ascendente e a descendente. A



primeira parte da curva, ascendente, reflete o progresso natural do desenvolvimento econômico – regidos pelas forças de mercado e por mudanças na regulação governamental –, passando-se de uma economia agrária limpa para uma economia industrial poluída. O crescimento econômico implicaria em uma pressão cada vez maior sobre o meio ambiente, resultado da criação e ampliação do parque industrial (ARROW *et al*, 1995).

A segunda parte, descendente, reflete o mecanismo pelo qual as economias desenvolvidas exportam processos de produção intensivos em poluição para economias menos desenvolvidas e ficam com a parte de serviços e de tecnologia da informação. Assim, o atendimento das necessidades básicas permite o crescimento de setores menos intensivos em recursos e poluição e as melhoras técnicas, assim como o estreitamento da regulação ambiental, começam a reduzir a intensidade de matéria/energia e rejeitos da produção (SURI; CHAPMAN, 1998).

Porém, resta a pergunta: pode a curva de Kuznets ser usada para alguma análise ou inferência da realidade atual da conjuntura ambiental? É em busca da resposta a esta questão que se desenvolverá o trabalho, fundamentado conforme as seções que se seguem, de 1.4 a 1.7.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho define como principal objetivo expressar as relações entre crescimento econômico e impactos ambientais, nos moldes do entendimento da Curva Ambiental de Kuznets, por meio das relações entre os níveis de renda das economias e seus impactos nos níveis de poluição (no caso desse estudo, os níveis de emissões de CO<sub>2</sub>).

## 1.4.2 Objetivos Específicos

- Estimar os modelos de Curvas Ambiental de Kuznets, utilizando dados de painéis, para um conjunto de países representativos da economia mundial, no período de 1991-2006;
- Identificar os fatores de impactos econômicos e sociais que influenciam, positivamente e/ou negativamente sobre o meio ambiente e que definem às características específicas das curvas de Kuznets, relativas ao conjunto de países, segundo a teoria econômica;
- Apontar quais são os fatores de maior (e menor) impactos (tanto positivamente como negativamente) sobre os níveis de poluição de CO<sub>2</sub> nas economias mundiais analisadas, por meio do modelo econométrica de painel esquematizado;

## 1.5 Justificativa

Estudos com esse objetivo tornam conhecidos os comportamentos das economias sobre os seus níveis de poluição emitidos, tornando evidente as desigualdades existentes nas relações entre crescimento econômico e impacto ambiental e social. Alguns estudos utilizam apenas a análise de emissões de CO<sub>2</sub> (CUNHA, 2008), outros incorporam a emissão de materiais particulados (ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2006), a emissão de SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> (SURI; CHAPMAN, 1998). outros ainda analisam o desflorestamento (GROSSMAN; KRUEGER, 1991) ou ainda a sobrecarga de depósitos ácidos no ecossistema e/ou agricultura (STERN, 2004).

Este trabalho concentrar-se-á, especificamente, na análise da variáveis dependente emissão de CO<sub>2</sub>, em função de um conjunto de variáveis explanatórias de cunho econômico e social. Essa caracterização do comportamento das relações de dependência entre as variáveis serve para embasar e orientar as políticas governamentais e planejamentos públicos e privados.

De forma convicta, pode-se afirmar que estudos como este proposto nesta pesquisa, que se propõem a trazer informações inferenciais por meio de modelos

empíricos, é de grande utilidade para definir novos métodos de produção para empresas e novas políticas de gestão para governos, no sentido de reduzir os impactos ambientais futuros. No mínimo, pode-se dizer que tais estudos servem como base de argumentação para entidades preocupadas como o meio ambiente, no sentido de pressionar os governantes para definir melhores políticas ambientais.

## 1.6 Metodologia

Os estudos empíricos da Curva Ambiental de Kuznets (CAK) propõe-na como uma relação não-linear entre o produto per capita e degradação ambiental. Essa relação forma uma função com características polinomiais. Segundo os estudos de Grossman e Krueger (1995), Arraes, Diniz e Diniz (2006), entre outros, essas funções podem estar apresentar duas formas: uma função não-linear polinomial e/ou uma função logarítmica. Assim, os modelos funcionais propostas são as seguintes:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_{1i} X_{it} + \beta_{2i} X_{it}^2 + \beta_{3i} X_{it}^3 + \gamma_{in} Z_{nit} + \epsilon_{it} \quad (\text{equação 1})$$

ou

$$\ln(Y_{it}) = \alpha_i + \beta_{1i} \ln(X_{it}) + \beta_{2i} \ln(X_{it})^2 + \beta_{3i} \ln(X_{it})^3 + \gamma_{ni} Z_{nit} + \epsilon_{it} \quad (\text{equação 2})$$

Nas Equações (1) e (2),  $Y_{it}$  é a variável dependente que representa uma medida da condição ambiental, no tempo  $t$ ;  $X_{it}$  é a variável independente ou explicativa, ou seja, a variável renda;  $Z_{nit}$  é um vetor de fatores específicos que influenciam a variável dependente;  $\alpha_i$  é o termo intercepto;  $\beta_{1i}$ ,  $\beta_{2i}$ ,  $\beta_{3i}$  são os coeficientes de inclinação nos termos da renda;  $\gamma_{in}$  é o vetor de coeficiente dos fatores endógenos  $Z_{nit}$ ;  $\epsilon_{it}$  é o termo de erro estocástico,  $i$  é o subscrito que indica um país específico da economia em análise e, finalmente,  $t$  é o subscrito que indica o ano.

Na prática,  $Y_{it}$  é o nível de degradação ambiental, expresso em emissão de  $\text{CO}_2$ ;  $X_{it}$  é a variável renda em nível agregado do Produto Interno Bruto (PIB), na formato *per capita*;  $Z_{nit}$  é uma série de fatores de controle, entre os quais: nível de emprego, cobertura florestal, áreas protegidas, uso de energia, índice de Gini, acesso à água potável e saneamento básico, expectativa de vida, taxa de alfabetização e

matrículas no ensino fundamental e médio.

Nesse estudo, as observações serão estruturadas na forma de dados de painéis. Segundo Gujarati (2006, p.21), dados de painéis são “um tipo especial de dados combinados, nos quais a mesma unidade em corte transversal (digamos, uma família ou uma empresa) é pesquisada ao longo do tempo”. Dessa forma serão utilizados os dados de diversos países representativos no período de 1991-2006.

Os modelos de painéis possíveis são vários e visam captar comportamentos de economias, tanto no espaço como no tempo. Entre estes modelos possíveis podemos citar o modelo de coeficientes constantes, o modelo de coeficientes fixos em grupos, modelo de coeficientes fixos no tempo, modelos de coeficientes aleatórios em grupos ou no tempo, modelos com coeficientes fixos e aleatórios em grupos ou no tempo, modelos dinâmicos, entre outros (BIAGE, 2008).

Em um modelo de efeitos fixos, os coeficientes de inclinação são entendidos como as proporções de impactos de causalidade determinística, enquanto o modelo com efeitos aleatórios trata os componentes explanatórios como impactos de causalidade de tendências estocásticas (GUJARATI, 2006). Se os resíduos estocásticos e variáveis explanatórias são correlacionados, então o modelo a ser aplicado deverá ser o de efeitos aleatórios. O teste apropriado para identificar qual entre os dois modelos deve ser aplicado é o teste de especificação de Hausman (BIAGE, 2008).

A estimativa dos coeficientes será realizada utilizando-se o método de Mínimos Quadrados Generalizados (*Feasible Generalized Least Square, FGLS*), através do programa de um código desenvolvido para tal finalidade, no software STATA 10. Nesse modelo, o termo de erro estocástico ( $\epsilon_{it}$ ) pode não ser um ruído branco, ou seja, “um termo de erro aleatório não correlacionado com média zero e variância constante  $\sigma_u$ ” (GUJARATI, 2006, p. 673). Assim, quando os dados de painel são aplicados, estratégias de modelo e outras implicações mais aprofundadas podem ser exploradas.

Os sinais de coeficientes  $\beta_{1i}$ ,  $\beta_{2i}$  e  $\beta_{3i}$  determinam a relação entre degradação da qualidade ambiental, em emissão de  $CO_2$ , e renda, e possibilitam determinar a forma da relação da CAK que pode apresentar vários possíveis resultados, dependendo dos comportamentos de performance de cada economia. Este pode ser categorizada em sete tipos: (a) crescimento monotônico, com  $\beta_{1i}$  positivo,  $\beta_{2i}$  e  $\beta_{3i}$  estatisticamente iguais a zero, (b) decréscimo monotônico, com  $\beta_{1i}$  negativo,  $\beta_{2i}$  e

$\beta_{3i}$  estatisticamente iguais a zero, (c) curva-U invertida, com  $\beta_{1i}$  positivo,  $\beta_{2i}$  negativo e  $\beta_{3i}$  estatisticamente igual a zero, (d) curva-U, com  $\beta_{1i}$  negativo,  $\beta_{2i}$  positivo e  $\beta_{3i}$  estatisticamente igual a zero, (e) curva N, com  $\beta_{1i}$  positivo,  $\beta_{2i}$  negativo e  $\beta_{3i}$  positivo, (f) insignificância, com  $\beta_{1i}$ ,  $\beta_{2i}$  e  $\beta_{3i}$  com qualquer sinal, porém ao qual seja estatisticamente muito pequeno para qualquer inferência, e (g) nulo, com  $\beta_{1i}$ ,  $\beta_{2i}$  e  $\beta_{3i}$  estatisticamente iguais a zero (LI; GRIJALVA; BERRENS, 2007).

Portanto, de acordo com os modelos especificados [Equações (1) e (2)] e as observações dos dados, os parâmetros interceptos variam entre os países  $i$  e no ano  $t$ . Entretanto, a suposição é de que o nível de emissões per capita pode diferir entre os países, em qualquer nível de renda, porém a coeficiente da renda permanece a mesma em todos os países, em um determinado nível de renda. Num tempo específico, o intercepto responderá pelos efeitos de variáveis omissas no modelo e choques estocásticos, que são comuns a todos os países, entretanto, estes respondem de forma diferente.

Após essa introdução, o trabalho segue com mais quatro capítulos. O próximo, segundo capítulo, introduz a discussão da teoria econômica incorporando as discussões ambientais, além de apresentar com mais detalhes o modelo da Curva Ambiental de Kuznets teoricamente. O terceiro, aborda a teoria econométrica do modelo de painéis e os testes necessários. O quarto, traz as informações que foram usadas no trabalho e os resultados obtidos na estimação do modelo. Por último, o quinto capítulo é a conclusão do trabalho.

## 2 AS ESCOLAS ECONÔMICAS COM CUNHO AMBIENTAL

A economia precisou incorporar essa nova discussão, ou seja, a questão ambiental, para tornar viável seus modelos teóricos. Como a própria economia já é dividida em escolas de pensamento diferentes, na abordagem econômica e ambiental também encontramos escolas distintas. Elas diferem no método, nas metas e objetivos, nos modelos e nas políticas a serem tomadas. Essas escolas serão melhor explicadas nas seções seguintes.

### 2.1 Economia Ambiental

Provindo da vertente neoclássica encontra-se a Economia Ambiental. Essa escola perpetua a ortodoxia econômica, ou seja, o chamado “mainstream” neoclássico. Essa interpretação não considera que os recursos naturais representam um limite absoluto para o desenvolvimento. A fonte de insumos e a capacidade de assimilação de impactos dos ecossistemas seriam apenas uma restrição relativa. Entendem que na abordagem clássica da economia, a questão ambiental não é abordada, ou seja, é uma externalidade. E, como qualquer externalidade, deve ser corrigida (ROMEIRO, 2010).

A economia neoclássica entende que existe uma substitutibilidade perfeita entre capital e trabalho. Poderia obter a mesma produção com menos trabalhadores, desde que invista mais capital (por exemplo, na compra de maquinaria ou software). Seguindo esse ponto de vista, a Economia Ambiental acredita haver substitutibilidade perfeita entre capital, trabalho e recursos naturais, matematicamente:  $Y = f(K, L, R)$ , ou seja, a produção é função do capital (K), trabalho (L) e recursos naturais (R).

Como consequência lógica desse modelo, poder-se-ia manter a produção e o crescimento com um mínimo de Recursos Naturais, desde que o capital global seja suficientemente grande, por exemplo, com aumento do progresso tecnológico. Além disso, “a ideia subjacente é a de que o investimento compensa as gerações futuras pelas perdas de ativos causadas pelo consumo e produção correntes” (ROMEIRO; 2010).

Metodologicamente, para colocar todas as variáveis na curva de produção acima, ou seja, agregar o capital produzido com o capital natural, deve-se utilizar um numerário comum. Essa nada mais é que a valoração monetária, em outras palavras, atribuir um preço aos recursos naturais.

O valor monetário do bem ou serviço natural seria a soma do valor de uso do recurso natural com o valor de não uso, ou de existência. E esse valor de uso é a soma dos valores diretos, indiretos e de opção.

O método mais utilizado para essa valoração é o da função demanda, no qual o indivíduo econômico e racional atribui um preço que está disposto a pagar pelo recurso, para o ter ou para não o ter, em função da variação do seu bem-estar (COSTA, 2005; SILVA, 2008). Essa seria a forma de valoração para bens transacionados, que são oferecidos no mercado, ao qual existe um preço para obtê-lo, diferentemente do ar (um bem não transacionado), por exemplo.

“No caso dos bens ambientais transacionados no mercado (insumos materiais e energéticos), a escassez crescente de um determinado bem se traduziria facilmente na elevação de seu preço, o que induz a introdução de inovações que permitem poupá-lo e, no limite, substituí-lo por outro recurso mais abundante.” (ROMEIRO, 2010, p.10)

Empiricamente, foi observado que as preferências dos indivíduos, e que determinam o preço desses bens, se modificam com o próprio processo de crescimento econômico. A medida que a renda *per capita* cresce, aumenta a degradação ambiental. A partir do ponto em que exista bem-estar econômico, a população torna-se mais sensível à qualidade ambiental, buscando solucionar esse problema. Esse comportamento é observado na Curva Ambiental de Kuznets (CAK), que será tratado com mais detalhes na última seção deste capítulo.

“Em se tratando dos serviços ambientais em geral não transacionados no mercado devido a sua natureza de bens públicos (ar, água, ciclos bi-químicos globais de sustentação da vida, capacidade de assimilação de rejeitos etc.), este mecanismo de mercado falha. Para corrigir esta falha é necessário intervir para que a disposição a pagar por esses serviços ambientais possa se expressar à medida em que sua escassez aumenta” (ROMEIRO, 2010, p.10)

A saída para que esses bens possam ser valorados é criar medidas para que o funcionamento do mercado possa determinar seu preço. Como formas de forçar essa incorporação, ter-se-ia: direitos de propriedade coaseanos, impostos pigouvianos, normas legais e multas (MARTÍNEZ ALIER, 1998). Estas medidas, definidas a

seguir, são formas de tratar as externalidades, efeitos que não são refletidos no mercado.

A chamada negociação coaseana<sup>3</sup> teria como objetivo privatizar os recursos naturais, como a água, o ar, etc. Agentes teriam o direito de propriedade sobre o bem, assim respondendo às influências da força de mercado e conseguindo atribuir um preço ao bem. Segundo Pindyck e Rubinfeld (2006), esse chamado teorema de Coase é “o princípio segundo o qual, quando as partes envolvidas podem negociar sem custo e para o benefício de todos os envolvidos, o resultado será eficiente, independentemente de como estejam alocados os direitos de propriedade.” (p. 571)

A taxa pigouviana<sup>4</sup> é a imposição de tarifas ou impostos sobre a degradação ambiental. Nessa solução, o Estado seria responsável por atribuir um valor de multa de forma a inibir esse impacto ambiental. Essa medida visa criar um “trade-off” ao agente econômico, entre o custo marginal de controlar a poluição e o custo marginal do impacto ambiental provocado por sua produção. O imposto o faria internalizar o custo social da degradação ambiental que ele gera. O agente vai procurar minimizar seu custo total, que é o resultado da soma do quanto vai gastar para controlar a poluição (custo de controle), com a quantia a ser gasta com o pagamento de taxas por poluir (custo de degradação). Seu ponto de equilíbrio representa o “ótimo social” de poluição.

A solução para o problema ambiental seria, portanto, considerar os recursos naturais como mercadorias. Ao incorporar o custo da poluição e da dificuldade por obtê-lo na determinação do preço dos produtos, chegar-se-ia à poluição “ótima”. É “ótima” sob o ponto de vista econômico, social e ambiental, pois mantém o crescimento econômico, porém sem comprometer o crescimento no futuro, ou seja, um crescimento sustentável.

Associando-se a valoração ambiental com a CAK, conclui-se que a saída para o problema da atualidade é a continuidade do crescimento econômico. Os estímulos advindos de uma alta renda (PIB *per capita*) desenvolveriam a tecnologia, a conscientização e a criação de políticas e normas com preocupação ambiental. Os gover-

---

3 Ronald Harry Coase (1910-) é um economista inglês da escola ambiental de Londres. Foi ganhador do Nobel em economia em 1991, por sua descoberta e esclarecimento da importância dos custos de transação e direitos de propriedade para a estrutura institucional e o funcionamento da economia.

4 Arthur Cecil Pigou (1877-1959) foi um economista inglês. Sua principal contribuição foi na economia do governo, introduzindo termos como externalidades e taxações, como forma de corrigir essa externalidade.



nos deveriam preocupar-se em crescer economicamente, pois isto faz com que a população busque o controle ambiental.

## 2.2 Economia Ecológica

Segundo Cavalcanti (2004), a Economia Ecológica não é uma nova ciência, mas uma empreitada para um novo entendimento da realidade. Ela utiliza conceitos e soluções da economia ambiental, em geral, porém fazendo críticas e apontando limitações.

A principal crítica ao sistema neoclássico é que ele considera o capital e os recursos naturais bens complementares e não substitutos. A extração desses recursos gera uma restrição absoluta ao crescimento.

Além disso, defendem que o nível de poluição “ótima” é um ponto de equilíbrio econômico e não ecológico – que pode resultar numa “destruição líquida” dos recursos, ou seja, numa perda irreversível.

“Sem uma intervenção coletiva que defina a escala que a sociedade considere sustentável, a melhoria da qualidade ambiental induzida pela degradação ambiental (a curva de Kuznets ambiental) tende a se limitar àque-la degradação que afeta a curto prazo o nível de bem-estar dos agentes (como a provocada pela emissões de gases sulfurosos, de particulados, o despejo de esgoto doméstico etc.), deixando de lado aquela cujos efeitos envolvem custos mais dispersos e de longo prazo, como é o caso, por exemplo, da degradação provocada pela emissão de dióxido de carbono, que causa o efeito estufa.” (ROMEIRO, 2010, p.13)

A economia ecológica considera o sistema econômico (fluxo de materiais) como um subsistema aberto do ecossistema, estudando as condições para que a economia se encaixe no ecossistema. Entende a Terra como um sistema aberto, que tem entrada de energia solar; dentro desse sistema está a economia, com inputs (matérias-primas e energia útil) e outputs (calor dissipado e os resíduos materiais), onde parte desse resíduo pode voltar a ser utilizado quando reciclado. Portanto, estuda a economia sob enfoque reprodutivo e alocativo, analisando as condições sociais e distributivas; riqueza e renda, no tempo e no espaço (MARTÍNEZ ALIER, 1998).

Martínez-Alier critica, ainda, a necessidade de valoração da Economia Ambi-

ental (crematística) e seu entendimento das externalidades. Valorar todos os recursos naturais, inclusive com preocupação intergeracional, é muito impreciso e até errado, ou seja, defende a tese de incomensurabilidade. Critica o modelo econômico dos neoclássicos, pois as externalidades não são pequenos esquecimentos que devem ser incorporados ao modelo, mas um oceano ao qual o sistema econômico flutua.

Outra crítica que fazem é ao uso generalizado do PIB. O PIB não mede resultados, mas o fluxo de meios. Quanto mais ineficientes os meios, maior o PIB. Por isso um desastre ambiental, problemas de saúde, filas e engarrafamentos no trânsito, restrição aos bens públicos, etc. fazem aumentar o PIB, enquanto diminui o bem-estar coletivo (DOWBOR, 2009). O PIB mede a busca por aumento do valor, enquanto a verdadeira busca deveria ser aumento da riqueza (LISBOA, 2009). Começa-se então a aparecer FIB (Felicidade Interna Bruta), IBES (Índice de Bem-estar Econômico Sustentável), PIB Verde.

Esse entendimento já repercutiu inclusive no presidente francês Sarkozy. Este chamou uma comissão para Medição do Desempenho Econômico e do Progresso Social para elaborar uma alternativa oficial à estatística do PIB (PENIDO, 2009). Como resultado, o Relatório Stiglitz (STIGLITZ; SEN; FITOUSSI, 2009) sugere dar mais ênfase às rendas e ao consumo do que à produção, para conseguir uma avaliação mais adequada do bem estar material, e conferir um papel mais importante à distribuição de renda, em lugar da renda média por pessoa. Propõe levar em conta atividades alheias ao mercado, como os serviços que as famílias prestam em cada lar. Incita a se encontrar um medidor adequado para a natureza e seu esgotamento que seja incorporado às contas públicas e privadas (PRADO, 2009).

Essa corrente também critica o desenvolvimento sustentável, a qual entendem como um oxímoro (CAVALCANTI, 2004). Este conceito desconsidera a relação internacional de forças, crê nas forças de mercado e supõe que todos os países devem seguir a trajetória de “desenvolvimento” dos países desenvolvidos. Para Diegues (2003), a busca por sociedades sustentáveis é mais correta que desenvolvimento sustentável. Para uma sociedade sustentável, é necessário sustentabilidade ambiental, social e política.

Latouche (2006) aprofunda ainda mais a essa crítica: defende o decrescimento. Uma sociedade de crescimento não é desejável, pois aumenta a desigualdade, cria um bem-estar apenas ilusório e cria uma anti-sociedade doente. A impossibilida-

de de conciliação do desenvolvimento com o respeito ao meio ambiente provém das limitações da ecoeficiência, da imaterialidade dos bens, do progresso tecnológico e da substitutibilidade dos fatores. Por exemplo, a ecoeficiência, redução do impacto ambiental por unidade produzida, é anulada pelo efeito rebote do aumento da produção. A saída seria uma nova ética, novo padrão de consumo, de produção, de valores. O decrescimento do PIB seria, então, uma necessidade.

“O fundamento central da economia ecológica não se refere, portanto, à 'alocação de recursos', ou à 'repartição da renda', as duas grandes problemáticas que praticamente absorveram todo o pensamento econômico ao longo de seus parcos séculos de existência. Esse fundamento se refere à terceira, que, ao contrário, foi inteiramente desprezada por todas as abordagens que hoje fazem parte da economia convencional: a questão da escala. Isto é, do tamanho físico da economia em relação ao ecossistema em que está inserida. Para a economia ecológica existe uma escala ótima além da qual o aumento físico do subsistema econômico passa a custar mais do que o benefício que pode trazer ao bem estar da humanidade.” (CECHIN; VEIGA, 2010, p.46)

Portanto, de modo geral, não apresentam nenhuma solução, mas críticas à economia ortodoxa. Que continue a usar os meios tradicionais, mas que se comece a discutir alternativas. É necessário a mudança de valores da sociedade: de uma “civilização do ter para uma civilização do ser”. Como? Esquecem de explicar com detalhes. A consciência aumentaria com essas discussões, num círculo vicioso, e não apenas ambientalistas, mas governos, empresários, latifundiários... mudariam suas atitudes e novos valores surgiriam na sociedade. A ideia de criação de sociedades modelos e isoladas, como Icaria (de Cabet<sup>5</sup>) ou New Harmony (de Owen<sup>6</sup>), parece ter voltado.

## 2.3 Economia Marxista e Ecosocialismo

Segundo Löwy (2005), o ecosocialismo “trata-se de uma corrente de pensamento e de ação ecológica que faz suas aquisições fundamentais do marxismo – ao mesmo tempo que o livra das suas escórias produtivistas. (p.47)” As escórias, a qual

5 Étienne Cabet (1788-1856), foi um filósofo francês, teórico político e socialista utópico. Escreveu “Viaje a Icaria” (1842) e tenta aplicá-la no Texas (EUA). Fracassa em 10 anos.

6 Robert Owen (1771-1858), foi um industrial inglês e filósofo socialista libertário. É considerado o pai do movimento cooperativo. Em 1825, cria uma sociedade em Indiana (EUA), que se mantém por poucos anos.

se refere, são as ideologias de que pode existir crescimento infinito. Ideologias, essas encontradas na forma capitalista (como nas sociais democracias europeias) ou na forma burocrática (como nos Partidos Comunistas da ex-URSS, China...).

“James O'Connor define como ecossocialistas as teorias e os movimentos que aspiram a subordinar o valor de troca ao valor de uso, organizando a produção em função das necessidades sociais e das exigências da proteção do meio ambiente. O seu objetivo, um socialismo ecológico, seria uma sociedade ecologicamente racional fundada no controle democrático, na igualdade social, e na predominância do valor de uso<sup>7</sup>. Eu acrescentaria que tal sociedade supõe a propriedade coletiva dos meios de produção, um planejamento democrático que permita à sociedade definir os objetivos da produção e os investimentos, e uma nova estrutura tecnológica das forças produtivas” (LÖWY, 2005, p.49)

Para entender o pensamento ecossocialista, deve-se entender o pensamento marxista sobre a o funcionamento do modo de produção capitalista. É o que se fará a seguir.

A sociedade, no modo de produção capitalista, é dividida em classes sociais. Uma parcela da população é explorada – a classe trabalhadora, por não ser detentora dos meios de produção – por uma classe exploradora – a classe burguesa, dona dos meios de produção. O burguês, ao empregar o trabalhador, paga-lhe o salário, ou seja, paga o preço de mercado pela força de trabalho. Na produção, o trabalhador produz muito mais do que lhe foi pago. A diferença entre o que o trabalhador produz e a parcela da produção que fica para a reprodução da sua vida (salário), gera a mais-valia. Essa exploração do trabalho não pago dá origem ao lucro e fica na mão do burguês (MARX, 2008).

O burguês constrói indústrias e investe na produção, não por ser um bom samaritano, mas para obter mais dinheiro do que investiu, para lucrar. Portanto, o que move esse modo de produção é a busca por lucro, ou seja, o esforço do burguês de aumentar seu capital. (MARX, 2008) Os integrantes dessa classe tentarão reter a maior quantidade possível da mais-valia extraída. Para tal, o burguês entra em disputa com os trabalhadores, os clientes, outros burgueses, a Natureza e o governo. Quanto mais forte ele entra nessa disputa, maior a parcela de mais-valia que fica para ele e, conseqüentemente, maior seu lucro. Em “Economia de Empresas”, o Modelo das Cinco Forças Competitivas, de Porter, mostra que essa interpretação não é exclusivamente marxista (NOGUEIRA, 1998).

---

7 O'CONNOR, J. *Natural causes. Essays in Ecological Marxism*. Nova York: The Guilford Press, 1998, p. 278-331.

Outra característica desse modo de produção é que, como ninguém controla a quantidade global a ser produzida, existe o que se chama de anarquia na produção. Ganha o burguês que mais produzir, que souber aproveitar melhor os recursos que tem a sua disposição, ou seja, aquele que obter maior produtividade do trabalho e capital empregados. Esse processo anárquico provoca um ritmo de produção e expropriação crescentes, o que leva a um consumo crescente e a uma apropriação acelerada da natureza. Esse ritmo acelerado de produção supera em muito o ritmo da natureza em se recompor. Esse descontrole gera, mundialmente, superprodução, crises econômicas e esgotamento dos recursos naturais (MARQUES, 2009).

Por entender a realidade por meio da dialética, os marxistas buscam interpretar o funcionamento da economia por meio da inter-relação dual entre os elementos que a compõe. Essa análise leva-os a encontrarem contradições no funcionamento da mesma. As contradições são elementos essenciais na crítica ecossocialista ao funcionamento da economia e às escolas anteriormente abordadas. Por serem contradições inerente ao sistema produtivo capitalista, a única forma de interrompê-lo seria através da mudança no modo de produção. (MARX, 2008; MONTIBELLER-FILHO, 2008) Burkett (1995) aponta três contradições intrínsecas ao capitalismo: capital/trabalho, centro/periferia e economia/natureza.

No livro de Marx (2008) encontramos a primeira contradição: capital-trabalho, nas relações entre valor e mais-valia, entre capital constante e capital variável, levando a crises pela impossibilidade mercadológica advindas da queda relativa do poder de compra ao se privilegiar maquinaria (capital constante) ao invés de trabalho (capital variável), essa última fonte da mais-valia. Em outras palavras, a classe burguesa ganha ao explorar a mais-valia do trabalhador; todavia, para aumentar a produtividade, introduz capital na produção; diminui, portanto, a quantidade relativa de trabalhadores e, conseqüentemente, diminui a parcela de mais-valia extraída na sociedade como um todo.

A segunda contradição tem origem no imperialismo e é uma contradição espacial. Segundo Lênin (1985), o imperialismo é uma fase histórica especial do capitalismo, na qual a produção alcançou uma escala tão grande que empresas multinacionais (monopólios) produzem em escala global, muito além das fronteiras nacionais. A máquina do Estado (dos países imperialistas), com seu aparelho burocrático e militar, reprime os trabalhadores dos seus países e os de países explorados. (SOARES, 2004) A segunda contradição é entre centro-periferia. Os países do Norte ob-

tém grande parte de suas riquezas do deslocamento de mais-valia extraído nos países do Sul. Essa desigualdade é inerente ao sistema. (MONTIBELLER-FILHO, 2008) Mesmo se pudesse fazer com que esses últimos alcancem o desenvolvimento dos primeiros, o planeta (como um sistema fechado) não suportaria (LÖWY, 2005).

Os ecossocialistas encontram a terceira contradição: entre o funcionamento (interno) da economia e as condições (externas) de produção, as quais são utilizadas na produção, mas estão fora do mercado – em outras palavras, as externalidades. Essa corrente afirma que os custos sociais (externalidades) são inerentes ao processo produtivo capitalista.

Para Marx (2008), a riqueza vem de duas fontes: da terra (natureza) e do trabalhador. Montibeller-Filho (2008) complementa:

“Mas ambos são na medida em que deles possa o capital usufruir sem pagar por isso. (...) Essas formas de mais-valia (os ecomarxistas associam a apropriação não paga da natureza a uma forma de mais-valia) são vistas como custos sociais, pois constituem para o capital individual uma vantagem, dado que são custos do processo produtivo por ele não assumidos (são excluídos do mercado pelo conjunto dos agentes econômicos).” (MONTIBELLER-FILHO, 2008, p.191)

Essa relação é fundamental na análise ecossocialista. Da mesma forma que o burguês extrai a mais-valia do trabalho não pago, sob a ótica do trabalho humano, extrai mais-valia dos serviços que obtém da Natureza e que não é pago. É um troca ecologicamente desigual que se estabelece, pois usufrui de serviços ambientais, polui ou degrada o meio ambiente, explora recursos naturais... de forma a obter maior lucro.

“Paul Burkett (1995) ressalta a tendência do capitalismo a devorar, dispor, degradar a natureza ao ponto de ameaçar as condições materiais básicas da reprodução humana. A 'eco-destruição' seria uma externalidade essencial ao capitalismo, não implicada das igualmente essenciais relações de exploração de classe e de competição.” (MONTIBELLER-FILHO, 2008, p.197)

A diminuição da exploração do trabalhador, a não existência de países periféricos ou o fim da extração e degradação natural são suposições que, imaginadas dentro do modo de produção capitalista, fariam com que o capitalismo entrasse em colapso, pois diminuiria a mais-valia e, conseqüentemente, o lucro – cuja busca desse é o motor do desenvolvimento capitalista.

Seguindo a sequência estabelecida nas seções anteriores, ao compreender-se a lógica do pensamento desta corrente, passa a ser necessário explicar qual a saída para a conjuntura encontrada na realidade. A saída é a mudança no processo de produção. Só é possível acabar com uma contradição intrínseca do modo de produção capitalista ao se implantar, em todo o mundo, o modo de produção socialista. Para resolver a exploração da classe trabalhadora, a exploração dos países periféricos e, especialmente, estabelecer uma mudança na utilização dos recursos naturais, de forma que seja sustentável, essa corrente defende como única saída o socialismo.

## 2.4 A Curva Ambiental de Kuznets

### 2.4.1 Surgimento

Em 1955, Simon Kuznets<sup>8</sup> escreveu um artigo que analisou a relação entre a distribuição de renda e o crescimento econômico de três países: Estados Unidos (EUA), Reino Unido e Alemanha, entre os séculos XIX e XX. Ele elaborou a hipótese de que essa relação era não linear, mais especificamente na forma de um “U-invertido”. Essa relação foi chamada de curva de Kuznets e mostrava que a desigualdade de renda cresce nos estágios iniciais de acumulação, mas, a partir de certo nível, se torna decrescente quando o produto continua a subir. (SALVATO et al, 2006)

Na década de 1990, surgem diversas evidências empíricas contradizendo a curva encontrada. Nessa época, também, a curva de Kuznets passa a ser referência na relação crescimento econômico e poluição ambiental. O primeiro estudo empírico da existência da Curva Ambiental de Kuznets (CAK) foi no trabalho de Grossman e Krueger (1991). (STERN, 2003) Nesse trabalho, eles mostram a relação do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, ajustado pela Paridade de Poder de Compra (PPC), sobre a poluição do ar urbano – material particulado em suspensão (SPM) e dióxido sulfúrico (SO<sub>2</sub>). (ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2006)

---

<sup>8</sup> Simon Smith Kuznets (1901-1985) foi um economista russo, naturalizado estadunidense. Em 1971 ganhou o Nobel em economia por seu trabalho empírico da curva de Kuznets.

Após esse trabalho, diversos estudos analisam essa relação e procuram corroborar ou refutar a existência da CAK:

“Algumas evidências têm dado suporte à existência da CAK; por exemplo, Grossman; Krueger (1995), Hilton; Levinson (1998)<sup>9</sup>, Khan (1998)<sup>10</sup> sustentam a comprovação do tradicional formato em U-invertido. Por outro lado, Jones; Manuelli (1995)<sup>11</sup> se baseiam em modelos de geração superpostas que, dependendo de decisões institucionais o formato da curva poderia ser monotonicamente crescente ou até senoidal, enquanto Brock, Taylor (2004)<sup>12</sup>, adaptando o modelo de crescimento de Solow admite que, para os Estados Unidos, a curva poderia ser monotonicamente decrescente. Já Stokey (1998)<sup>13</sup> defende a hipótese da existência, ao longo do crescimento econômico, de um ponto limite a partir do qual somente tecnologias “limpas” são usadas, demonstrando o formato da CAK como V-invertido, sendo o ápice tal ponto de limite.” (ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2006, p. 528)

## 2.4.2 Comportamento e Fatores Responsáveis

Essa curva caracteriza dois aspectos: a parte ascendente e a descendente. A primeira parte da curva, ascendente, reflete o progresso natural do desenvolvimento econômico – regidos pelas forças de mercado e por mudanças na regulação governamental –, passando-se de uma economia agrária limpa para uma economia industrial poluída. O crescimento econômico implicaria em uma pressão cada vez maior sobre o meio ambiente, resultado da criação e ampliação do parque industrial.

“Indivíduos com maior renda consomem mais e, portanto, criam, inevitavelmente, mais poluição através da geração de resíduos sólidos *per capita*, bem como geram mais poluentes atmosféricos, devido à maior utilização de eletrodomésticos, veículos, entre outros. Por seu turno, com o crescimento da demanda, as firmas produzem mais e, conseqüentemente, na média, produzem mais poluentes atmosféricos e da água, assim como uma maior quantidade de resíduos industriais.” (ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2006, p. 531)

9 HILTON, F. G. HANK; LEVINSON, A. Factoring the Environmental kuznets Curve: evidence from automotive lead emissions, *Journal of Environmental Economics and Management*, v.35, p.126-141, 1998.

10 KHAN, M.E. A Household Level Environmental Kuznets Curve. *Economics Letters*, v.59, n.2, p.269-273, 1998.

11 JONES, Larry E.; MANUELLI, Rodolfo E. A Positive Model of Growth and Pollution Controls. *NBER Working Papers* n.5205, 1995.

12 BROCK, W.A; TAYLOR, M.S. The Green Solow Model. *NBER Working Paper*, n.10557, 2004.

13 STOKEY, N. L. (1998). Are there limits to growth?. *International Economic Review*, 39, 1±31.



A segunda parte, descendente, é menos intuitiva. Grossman e Krueger (1995) reconhecem não ser uma transição mecânica (ao se aumentar o PIB *per capita*, diminui-se o nível de poluição). Eles sugerem que, ao alcançar determinado nível, os países substituam tecnologias de produção sujas por tecnologias limpas. Outra explicação seria a indução de políticas responsáveis. Ao crescer a renda, os cidadãos se preocupariam mais com a questão ambiental e pressionariam as instituições para que seja controlado o nível de poluição.

Uma segunda explicação é a importação de produtos, cuja produção é mais poluente, de países mais pobres. Suri e Chapman (1998) estudam melhor essa hipótese. Para eles, o decréscimo reflete o mecanismo pelo qual as economias desenvolvidas exportam processos de produção intensivos em poluição para economias menos desenvolvidas e ficam com a parte de serviços e de tecnologia da informação. Assim, o atendimento das necessidades básicas permite o crescimento de setores menos intensivos em recursos e poluição e as melhoras técnicas, assim como o estreitamento da regulação ambiental, começam a reduzir a intensidade de matéria/energia e rejeitos da produção.

Para Selden e Song (1994), a inversão é devida a uma elasticidade renda positiva para qualidade ambiental, ou seja, conforme aumenta a renda, as pessoas tendem a querer mais qualidade ambiental; mudanças na composição da produção e do consumo; níveis maiores de educação ambiental e conscientização das consequências da atividade econômica sobre o meio ambiente; sistemas políticos mais abertos. Outros motivos são: o aumento na rigidez da regulação ambiental, melhoras tecnológicas e a liberalização comercial (COLE, 2004; STERN, 2004).

Stern (2004) aprofunda essa análise e classifica tais fatores em dois grupos. No primeiro, ele inclui aqueles que afetam diretamente a relação entre crescimento econômico e pressão ambiental: escala de produção, mudanças estruturais na composição da produção, avanços tecnológicos, mudanças nos recursos utilizados na produção. O segundo grupo é daqueles fatores que têm efeito através dos fatores descritos acima: regulação, educação e conscientização ambiental.

### 2.4.3 Críticas

Embora seja reconhecido que a trajetória descrita pela CAK não é automática, e sim resultado de uma combinação de fatores exógenos, ela tem fortes implicações no que diz respeito ao alcance do desenvolvimento sustentável, uma vez que esse seria alcançado com o crescimento da renda. Assim, os objetivos ambientais seriam compatíveis com a manutenção do modelo de desenvolvimento vigente. Em outras palavras, chegaríamos a um ponto onde o crescimento econômico não mais agrediria o meio ambiente. Ela é um resultado empírico encontrado para um grupo seleto de países que está sujeito a uma série de críticas (ARROW *et al*, 1995; STERN, 2004; DINDA, 2004)

Primeiramente, evidências da CAK só foram encontradas para alguns tipos de poluentes, em especial aqueles de impacto local e com baixo custo de controle. Poluentes que envolvem custos ambientais dispersos e de longo prazo, como gases de efeito estufa, por exemplo, não apresentam a trajetória proposta pela Hipótese da CAK. Seria um equívoco, portanto, generalizar essa relação para todos os impactos do homem sobre a Natureza. Ademais, a natureza cumulativa de alguns poluentes faz com que suas emissões não representem os reais impactos ambientais que eles causam. (STERN, 2004)

Outra crítica levantada com relação à Hipótese da CAK é o fato de ela desconsiderar a capacidade de assimilação do meio ambiente e as peculiaridades de cada ecossistema. Ela tampouco considera a relação bilateral entre desenvolvimento e a pressão sobre o meio ambiente, não levando em conta que o último pode gerar entraves à realização do primeiro. (ARROW *et al*, 1995)

Outras críticas à CAK foram direcionadas à abordagem metodológica comumente utilizada para testá-la empiricamente (STERN, 2004; DINDA, 2004). O uso de modelos de regressão de uma única equação para diversos países está fortemente sujeito a problemas de disponibilidade e comparabilidade de dados e a vieses relacionados à escolha ou omissão de variáveis explicativas. Tal metodologia é criticada também por não fornecer informações sobre as causas da relação por ela explicada. Stern (2003) resume em quatro principais problemas: heterocedasticidade, multicolinearidade, distorção por omissão de variáveis e autocorrelação.

Para Furtado (1996), os países em desenvolvimento não seguirão os mesmos caminhos que os países desenvolvidos e, portanto, o modelo da CAK ficaria inviável aos países pobres. Andreoni e Levinson (1998) mostra que, se o decréscimo da curva é devido a exportação de indústrias poluidoras ao países pobres, esse processo

de melhora ambiental não seria indefinidamente replicável, uma vez que os países mais pobres ao se desenvolverem não poderiam utilizar desse artifício.

Alguns teóricos ainda tentam “burlar a trajetória da curva” criando um atalho, de forma que não precise chegar até o ponto de inflexão (FIGUEIREDO; LIXA, 2009 e ANDRADE, 2009). Esse túnel ou caminho (leapfroggin) pode ser interpretado como resultado do uso de tecnologias limpas desde o início (GOLDEMBERG et al, 2007) ou como a mobilização das comunidades – não apenas no sentido de consciência ambiental, mas também na luta pela sobrevivência no tocante do próprio dia-a-dia da comunidade (MARTÍNEZ-ALIER, 1998).

Entendida como uma ferramenta de análise da Economia Ambiental (neoclássica), a Curva Ambiental de Kuznets é um recurso que passa a ser extensamente utilizado após 1990. Por entender todas as críticas a qual recebe por ser incapaz de responder suficientemente aos questionamentos que levanta, neste trabalho iremos elaborar um estudo empírico utilizando-a como ferramental e verificar sua viabilidade para inferências da realidade.

Para isso utilizamos um conjunto de informações de países representativos, com o a finalidade de elaborar modelos que permitam explicar as relações de causalidade entre as variáveis dependentes de poluição ambiental e variáveis explanatórias endógenas.

Como variáveis dependentes, escolheu-se emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) – uma variável que será sentida a longo prazo e globalmente. Como variáveis explanatórias, escolheu-se a renda *per capita* das economias a serem estudadas – que é uma variável endógena essencial na relação de causalidade, conforme estudos anteriores explanados nas seções anteriores –, além de outro conjunto de fatores, também endógenos, que consideramos medidores da consciência ecológica e da aplicação dos princípios ecológicos.

## 3 DADOS DE PAINÉIS

### 3.1 Modelos de regressão com dados em painel

Segundo Gujarati (2006), há três tipos de dados para uma análise empírica: as séries temporais, os dados em corte transversal e os combinados. A série temporal demonstra a variação de valores que uma variável assume em diferentes momentos do tempo. Dados em corte transversal, de uma ou mais variáveis no mesmo ponto do tempo. Nos dados combinados, há elementos de séries temporais e de corte transversal. Dados em painel são um tipo de dados combinados, onde “a mesma unidade de corte transversal (uma família, uma empresa, um estado) é acompanhada ao longo do tempo. (GUJARATI, 2006, p.513)” Sendo assim, tem uma dimensão espacial e outra temporal.

Segundo Baltagi (2005), o uso de dados em painel tem diversas vantagens. Os dados proporcionados trazem mais informação, com mais graus de liberdade, mais eficiência e, entre as variáveis, mais variabilidade e menos colinearidade. Eles detectam e medem efeitos melhor que séries temporais ou cortes transversais puros, além de fornecer estudos mais complexos e reduz o viés que decorre ao agregar-se os indivíduos.

Algumas dificuldades também são encontradas. Conforme Hsiao (1986), por exigir um grande número de observações, são mais difíceis de serem implementados. Além disso, aumenta o risco de se ter amostras incompletas ou problemas para obter os dados, e ainda podem ocorrer o enviesamento de heterogeneidade (não consideração de uma eventual diferenciação dos coeficientes ao longo das unidades seccionais e/ou ao longo do tempo) ou o enviesamento de seleção (as amostras não serem aleatórias).

De uma maneira geral, o modelo com dados de painéis é assim apresentado:

$$Y_{it} = \beta_{1it} + \beta_{2it} X_{2it} + \beta_{kit} X_{kit} + u_{it} \quad (\text{equação 3})$$

onde  $i$  representa a  $i$ -ésima unidade de corte transversal e  $t$  o  $t$ -ésimo período de tempo. Supomos que haja um máximo de  $N$  unidades de observação de corte transversal e  $T$  períodos de tempo. Desta maneira, o número de observações é dado por

$N \times T$ . Já  $\beta_{1it}$  refere-se ao parâmetro de intercepto e o  $\beta_{kit}$  ao coeficiente angular correspondente à  $k$ -ésima variável explicativa do modelo.

Na forma matricial, os componentes do modelo para o indivíduo  $i$  são:

$$Y_i = \begin{bmatrix} Y_{i1} \\ Y_{i2} \\ \vdots \\ Y_{iT} \end{bmatrix}, \quad \beta_{1i} = \begin{bmatrix} \beta_{1i1} \\ \beta_{1i2} \\ \vdots \\ \beta_{1iT} \end{bmatrix}, \quad \beta_i = \begin{bmatrix} \beta_{2i1} & \beta_{3i1} & \cdots & \beta_{ki1} \\ \beta_{2i2} & \beta_{3i2} & \cdots & \beta_{ki2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{2iT} & \beta_{3iT} & \cdots & \beta_{kiT} \end{bmatrix},$$

(equação 4)

(equação 5)

(equação 6)

(equação 7)

(equação 8)

$$X_i = \begin{bmatrix} X_{2i1} & X_{3i1} & \cdots & X_{ki1} \\ X_{2i2} & X_{3i2} & \cdots & X_{ki2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{2iT} & X_{3iT} & \cdots & X_{kiT} \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad u_i = \begin{bmatrix} u_{i1} \\ u_{i2} \\ \vdots \\ u_{iT} \end{bmatrix}$$

em que  $Y_i$  e  $u_i$  são vetores de dimensão  $(T \times 1)$  e contém, respectivamente, as  $T$  variáveis dependentes e os  $T$  erros.  $X_i$  é uma matriz de dimensão  $(K \times T)$  com as variáveis explicativas do modelo. E  $\beta_i$  é a matriz dos parâmetros a serem estimados.

Em um modelo estático, supõe-se que as variáveis explicativas ( $X$ ) são independentes dos termos de perturbação ( $u$ ). A heterogeneidade pode residir nos coeficientes de regressão ( $\beta$ ) ou na estrutura dos termos de perturbação ( $\sigma$ ), e com isso ser apresentado em sete especificações diferentes, segundo Marques (2000).

A primeira forma é o modelo de painel constante (*pooled model*), obtido por Modelo de Regressão Simples. Considera-se neste modelo que comportamento (as relações de causalidade) é uniforme para todos os indivíduos ao longo do tempo e ao longo do espaço ou da espécie (os indivíduos), e não sendo, na essência da palavra, um verdadeiramente método de estimação em painel.

A segunda forma é o Modelo de Regressão Individual. Os coeficientes são diferentes para cada indivíduo, porém esse coeficiente é constante no tempo. Contudo, esse modelo produz um número muito elevado de coeficientes e não contempla a existência de interdependência entre as decisões individuais.

A terceira forma é o Modelo *Seemingly Unrelated Regression* (SUR). A única diferença com o modelo anterior é que ele suporta a existência da influência de fatores não observáveis (expresso em  $u_{it}$ ) nos indivíduos, podendo afetar um ou mais indivíduos ao mesmo tempo e gerando interdependência entre as decisões individuais. O problema do modelo ocorre quando  $N$  for muito grande e  $T$  muito pequeno, de-

vido ao consumo excessivo de graus de liberdade.

A quarta forma é o Modelo de efeitos fixos (análise de covariância). Esse modelo considera iguais os coeficientes angulares  $\beta_i$ , mas cada indivíduo tem um intercepto diferente. Dessa forma, ele consegue conciliar a heterogeneidade e a interdependência com o fator economia, ou seja, a facilidade de estimá-lo. Neste tipo de modelo, considera-se que os indivíduos apresentam fatores determinísticos específicos de caráter político ou econômico que causam efeitos de impactos autônomos sobre os indivíduos e ao longo do tempo.

A quinta forma é o Modelo de efeitos aleatórios (componentes da variância). A diferença do modelo acima é que ele trata os efeitos sobre os indivíduos, ao longo do tempo, de forma aleatórias, e não determinística. Portanto, ele introduz a heterogeneidade individual no termo de perturbação.

A sexta forma é o Modelo de coeficientes aleatórios. Ele estende a aleatoriedade para todos os coeficientes do modelo, acrescentando uma heterocedasticidade individual das perturbações, ou seja, todos  $\beta_i$  tem um componente aleatório diferente para cada  $i$ .

A sétima, e última, forma é o Modelo *Time Series Cross Section* (TSCS), de Kmenta. Difere de todas as outras pois muda a estrutura da matriz de variâncias e covariâncias dos termos de perturbação. Tendo a matriz de variância de  $u_{it}$  configurações diferentes, origina-se diferentes justificações para a heterogeneidade dos dados. É um modelo adequado para painéis com poucos indivíduos (pequeno  $N$ ) perante o período de tempo (grande  $T$ ).

De todas as sete formas de especificar as heterogeneidades, as mais comumente utilizadas são os modelos de efeitos fixos e de efeitos aleatórios. Por esse motivo, discorrer-se-á com mais detalhes a respeito desses modelos nas próximas seções.

## 3.2 Modelo de Efeitos Fixos

Como já visto, o modelo de efeitos fixos pretende controlar o efeito, que considera fixo no tempo, de variáveis omitidas e que variam entre os indivíduos. O intercepto varia para cada  $i$ , respeitando a heterogeneidade de cada indivíduo, porém é

constante no tempo. Os coeficientes angulares são iguais para todos os indivíduos e, também, é constante no tempo. Segundo Gujarati (2006):

$$Y_{it} = \beta_{1i} + \beta_2 X_{2it} + \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad (\text{equação 9})$$

onde  $i$  representa a  $i$ -ésima unidade de corte transversal e  $t$  o  $t$ -ésimo período de tempo,  $\beta_{1i}$  refere-se ao parâmetro de intercepto,  $\beta_k$  ao coeficiente angular correspondente à  $k$ -ésima variável explicativa do modelo e  $u_{it}$  à perturbação estocástica.

Como  $\beta_{1i}$  representa o intercepto de cada indivíduo e os outros coeficientes são iguais para todos os indivíduos em todo o período, todas as diferenças entre os indivíduos são captadas pelo intercepto. Por isso,  $\beta_{1i}$  pode ser interpretado como o efeito de variáveis omitidas do modelo.

Para estimar o modelo, precisamos então refazer a equação acima, para que o intercepto varie para cada  $i$ . Recorre-se, para este fim, à técnica das variáveis binárias de intercepto diferencial, em outros termos, às variáveis dummies. Este método de estimação é também chamado de LSDV (mínimos quadrados com variáveis dummies, [*Least Square Dummy Variable*]). Segundo Duarte, Lamounier e Takamatsu (2007), com uma pequena variação:

$$Y_{it} = \beta_1 + \beta_2 X_{2it} + \beta_k X_{kit} + \alpha_1 D_{1i} + \alpha_2 D_{2i} + \alpha_3 D_{3i} + \alpha_n D_{ni} + u_{it} \quad (\text{equação 10})$$

onde  $D_{ni}$  representa uma variável binária para cada indivíduo e equivale a um (1) quando  $i=n$  e a zero (0) quando do contrário. Porém, da forma descrita acima, o modelo incorre no problema de multicolinearidade perfeita, também chamada de armadilha das variáveis binárias. A saída é eliminarmos uma variável binária – ou o intercepto (GUJARATI, 2006). Portanto, o modelo é assim apresentado:

$$Y_{it} = \beta_1 + \beta_2 X_{2it} + \beta_k X_{kit} + \alpha_2 D_{2i} + \alpha_3 D_{3i} + \alpha_n D_{ni} + u_{it} \quad (\text{equação 11})$$

Neste modelo, quando  $i=1$ , o intercepto é dado por  $\beta_1 = \alpha_1$ . Para  $i \geq 2$ , o intercepto é dado por  $\beta_1 + \alpha_i$ . Usa-se o método de mínimos quadrados ordinários para estimá-lo, ao qual obtém-se estimativas não tendenciosas e consistentes, pois o modelo pressupõe que os erros possuem distribuição normal, variância constante e não são correlacionados. (DUARTE; LAMOUNIER; TAKAMATSU, 2007).

No modelo que propomos anteriormente estabelecemos que as variáveis binárias diferem entre os indivíduos, porém permanecem constantes no tempo. O Modelo de efeitos fixos será feito com relação ao tempo também. Para isso, estabelecemos o contrário, as variáveis binárias diferem no tempo, mas permanecem constantes para todos os indivíduos.

Uma vez estabelecido o modelo, temos de verificar a validade do modelo com variáveis binárias comparado ao modelo ao qual se agrega todos os dados (modelo *pooled*, a primeira forma de especificação). Esse modelo mais simples, agregado, é chamado de modelo restrito (em relação ao de variáveis binárias).

Para essa verificação, utiliza-se o teste F restrito. Esse teste verifica se os interceptos são diferentes entre os indivíduos. Segundo Griffiths, Hill e Judge (1993), as hipóteses nula e alternativas são:

$$\begin{aligned} H_0: \beta_{11} = \beta_{12} = \dots = \beta_{1k} \\ H_1: \text{os interceptos } \beta_{1i} \text{ não são todos iguais} \end{aligned}$$

Segundo Gujarati (2006), o teste através da estatística F, será dessa forma:

$$F = \frac{(R_{UR}^2 - R_R^2)/(k-1)}{(1 - R_{UR}^2)/(n-k)} \quad (\text{equação 12})$$

onde o subscrito *UR* representa o modelo mais completo, ou seja, o modelo com variáveis binárias e o subscrito *R*, o modelo restrito (*pooled*).  $R^2$  é o coeficiente de determinação do modelo proposto. Rejeitando-se  $H_0$ , conclui-se os interceptos não são todos iguais, e escolhe-se o modelo com  $n$  interceptos diferentes.

Para Wooldridge (2002), o LSDV é adequado para o caso em que as variáveis sejam influenciadas pelos fatores heterogêneos dos indivíduos, já que o método dos efeitos aleatórios tem como um dos seus pressupostos a ausência de impactos de sobre as variáveis explicativas. Além disso, este modelo é considerado o mais adequado quando a intenção do estudo é fazer inferência sobre o conjunto de indivíduos, principalmente, quando da realização de inferências sobre a população a qual estes indivíduos pertencem.

Ele ainda ressalta que, apesar de  $\hat{\beta}_{1i}$  ser não enviesado, é inconsistente quando o número de indivíduos observados é muito grande porque, ao adicionar indivíduos, acrescenta-se um novo coeficiente  $\alpha_i$ . Desse modo, os estimadores de  $\alpha_i$  serão melhores tanto quanto maiores forem os períodos observados.

“O modelo de efeitos fixos é a melhor opção para modelar os dados em painel, quando o intercepto,  $\alpha_i$ , é correlacionado com as variáveis explicativas em qualquer período de tempo. Além disso, como o intercepto do modelo é tratado como um parâmetro fixo, também é desejável usar efeitos fixos quando as observações são obtidas de toda a população e o que se deseja fazer são inferências para os indivíduos dos quais dispõe-se de dados.” (DUARTE; LAMOUNIER; TAKAMATSU, 2007, p. 8)



Gujarati (2006) resume as ressalvas para o uso deste modelo. Primeiro, ao se introduzir variáveis binárias demais, reduzem-se os graus de liberdade. Segundo, por ter muitas variáveis, aumentam-se as possibilidades de multicolinearidade. Terceiro, ao incluir variáveis que não mudam com o tempo, o modelo não consegue identificar seus efeitos. Quarto, supõe-se que  $u_{it}$  seja homoscedástico, o que pode estar incorreto e levar a inferências e conclusões enganosas.

A próxima seção analisará exatamente a situação de as perturbações estocásticas ( $u_{it}$ ) serem heterocedásticas, a qual abordará o Modelo de efeitos aleatórios.

### 3.3 Modelo de Efeitos Aleatórios

Os pressupostos básicos desse modelo são iguais ao do modelo de efeitos fixos: a variabilidade da constante entre os diferentes indivíduos, mas não ao longo do tempo, e a não variabilidade dos coeficientes angulares entre os indivíduos e ao longo do tempo. A principal diferença entre os dois modelos é no tratamento que se dá ao cálculo do intercepto. (DUARTE; LAMOUNIER; TAKAMATSU, 2007)

O modelo de efeitos fixos considera o intercepto como um parâmetro fixo e este último, o modelo de efeitos aleatórios, trata os interceptos como variáveis aleatórias. Gujarati (2006) nos apresenta o seguinte questionamento: “Se as variáveis binárias representam de fato uma falta de conhecimento sobre o (verdadeiro) modelo, por que não expressar essa falta de conhecimento por meio do termo de erro  $u_{it}$ ?” (p.521).

Marques (2000) nos apresenta as vantagens do uso dessa forma de especificação. Destacam-se a possibilidade de se usar uma base de dados de qualquer dimensão, a inferência é uma mera derivação dos testes de hipóteses usuais, bem como problemas e dificuldades serem resolvidos dentro do quadro econométrico tradicional e de exigir pouco domínio de *softwares* econométricos.

Os indivíduos  $i$  são apenas uma amostra de um universo maior. Por isso, ao invés de tratar  $\beta_{1i}$  como fixo, supõe-se que seja uma variável aleatória. Seu valor médio é  $\beta_1$  e varia, dependendo do comportamento individual, segundo um termo

de erro aleatório ( $\epsilon_i$ , com média zero e variância  $\sigma_\epsilon^2$ ). No modelo: (GUJARATI, 2006)

$$\begin{aligned} Y_{it} &= \beta_1 + \beta_2 X_{2it} + \beta_k X_{kit} + \epsilon_i + u_{it} \\ Y_{it} &= \beta_1 + \beta_2 X_{2it} + \beta_k X_{kit} + \omega_{it} \Leftrightarrow \omega_{it} = \epsilon_i + u_{it} \end{aligned} \quad (\text{equação 13})$$

Esse modelo também recebe o nome de Modelo de componente dos erros. Isso porque o termo de erro composto  $\omega_{it}$ , consiste da soma de dois outros elementos:  $\epsilon_i$  (do corte transversal ou específico dos indivíduos) e  $u_{it}$  (combinação da série temporal com o corte transversal). Como pressuposto, os  $\epsilon_i$  não estão correlacionados entre si nem estão correlacionados entre os  $u_{it}$ . Contudo  $\epsilon_i$  não é diretamente observável, ou seja, é uma variável latente. (GUJARATI, 2006)

O termo de erro  $\omega_{it}$  é homoscedástico. Por isso, se pegarmos dois períodos  $t$  diferentes de um mesmo indivíduos, a correlação entre eles será igual, independente da distância entre eles (autocorrelação). Além disso, a estrutura de correlação é idêntica para todos os indivíduos, porém os erros de dois indivíduos diferentes no mesmo instante de tempo não são correlacionados, ou seja, não existe correlação contemporânea. (GUJARATI, 2006)

Uma das premissas para a estimação por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) é a homoscedasticidade da perturbação estocástica. Como o Modelo de efeitos aleatórios implica em correlação entre eles, o método de estimação por MQO é ineficiente. Para isso, o método mais adequado é o método dos Mínimos Quadrados Generalizados (FGLS).

Segundo Maddala (2001), o estimador FGLS pode ser expresso da seguinte maneira, com algumas variações:

$$\hat{\beta}_{FGLS} = \frac{W_{XY} + \theta \beta_{XY}}{W_{XX} + \theta \beta_{XX}}, \text{ em que } \theta = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + Z \sigma_\epsilon^2} \quad (\text{equação 14})$$

onde o  $Z$  representa os totais das somas dos quadrados e das somas dos produtos, enquanto  $W$  representa às somas dos indivíduos.

No modelo que propomos anteriormente estabelecemos que as perturbações estocásticas  $\epsilon_i$  diferem entre os indivíduos, porém permanecem contantes no tempo. O Modelo de efeitos aleatórios será feito com relação ao tempo também. Para isso, estabelecemos o contrário, as as perturbações estocásticas diferem no tempo ( $\epsilon_t$ ), mas permanecem constantes para todos os indivíduos.

Para testar a validade do Modelo de efeitos aleatórios, Duarte, Lamounier, Ta-

kamatsu (2007) apresentam um teste que usa o multiplicador de Lagrange. Com este teste comparamos o modelo ao qual se agrega todos os dados (modelo *pooled*, a primeira forma de especificação) com o Modelo de efeitos aleatórios. Para isso, o teste analisa a variância das perturbações estocásticas e é assim apresentado:

$$H_0: \sigma_u^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_u^2 \neq 0$$

E a estatística de teste:

$$LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left[ \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \sum_{t=1}^T \epsilon_{it} \right]^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \epsilon_{it}^2} - 1 \right]^2 \quad (\text{equação 15})$$

A hipótese nula supõe que  $LM$  tenha distribuição qui-quadrado com um grau de liberdade. Se  $H_0$  for rejeitada, o Modelo de efeitos aleatórios é mais adequado. (DUARTE; LAMOUNIER; TAKAMATSU, 2007)

Uma das principais vantagens de se usar o Modelo de efeitos aleatórios é o maior grau de liberdade conseguido. Além disso, o termo  $\epsilon_i$  representa vários fatores específicos desconhecidos de cada indivíduo, podendo ser considerado como uma “ignorância específica” e variável aleatória, assim como o termo  $u_{it}$  é uma variável aleatória e representa a “ignorância geral” (MADDALA, 2001).

### 3.4 Modelo de efeitos fixos ou de efeitos aleatórios?

A escolha entre os dois modelos deve ser baseada nas pressuposições que se faz sobre a provável correlação entre o componente de erro individual  $\epsilon_i$  e os regressores  $X$ . Se estiverem correlacionados, é melhor o Modelo de efeitos fixos; se não estiverem, o melhor é o Modelo de efeitos aleatórios. (GUJARATI, 2006)

Se  $T$  for grande e  $N$ , pequeno, haverá pequena diferença entre os modelos. Porém, ao termos  $T$  pequeno e  $N$  grande, deveremos verificar se a amostra é aleatória ou não. Por exemplo, se fosse utilizado todos os países do mundo, a amostra não seria aleatória e o melhor seria o Modelo de Efeitos Fixos. (GUJARATI, 2006)

“Em particular, no caso de se estar a estudar um grupo de  $N$  países, toda a inferência terá que ser condicional em ordem ao grupo específico sob observação. Ou seja, na generalidade dos estudos macroeconómicos, por ser impossível ver uma amostra de  $N$  países como uma selecção aleatória de uma população com dimensão tendencialmente infinita, tanto mais que representará com grande probabilidade a quase totalidade da população em estudo, torna-se evidente que a escolha acertada é a especificação com efeitos fixos, como é defendido em Judson e Owen (1996)<sup>14</sup>.” (MARQUES, 2000, p. 19)

Existe, todavia, um teste formal para orientar a escolha entre os modelos. Hausman<sup>15</sup> desenvolveu esse teste em 1978. O teste de Hausman verifica se existe correlação entre o componente de erro individual  $\epsilon_i$  e os regressores  $X$ , que é exatamente a principal diferença metodológica dos modelos. O teste de hipótese tem uma distribuição qui-quadrada ( $\chi^2$ ) e é assim organizado:

$$\begin{aligned} H_0 &: Cov(\epsilon_i, X_{it}) = 0 \\ H_1 &: Cov(\epsilon_i, X_{it}) \neq 0 \end{aligned}$$

ou seja, ao rejeitar a hipótese nula de correlação entre  $\epsilon_i$  e  $X_{it}$ , considero o Modelo de Efeitos Fixos mais eficiente e consistente. Do contrário, não rejeitando  $H_0$ , é possível utilizar o de efeitos aleatórios ou fixos.

A estatística de Hausman utilizada para esse teste de hipótese é:

$$H = (\hat{\delta}_{EF} - \hat{\delta}_{EA})' [Var(\hat{\delta}_{EF}) - Var(\hat{\delta}_{EA})]^{-1} (\hat{\delta}_{EF} - \hat{\delta}_{EA}) \quad (\text{equação 16})$$

onde  $\hat{\delta}_{EF}$  é o vetor dos estimadores do modelo com efeitos fixos,  $\hat{\delta}_{EA}$  é o vetor dos estimadores do modelo com efeitos aleatórios,  $Var(\hat{\delta}_{EF})$  é a matriz de variâncias-covariâncias dos estimadores  $\hat{\delta}_{EF}$  e  $Var(\hat{\delta}_{EA})$  é a matriz de variâncias-covariâncias dos estimadores  $\hat{\delta}_{EA}$ .

Utilizando-se o teste de Hausman e os pressuposições de cada um dos modelos, temos condições de escolher qual o melhor modelo segundo os dados que temos a disposição, desde que “usados com moderação”:

“Apesar do teste de Hausman, é importante ter em mente a advertência de Johnston e DiNardo. Ao decidir entre o modelo de efeitos fixos e o de efeitos aleatórios, eles argumentam que ‘... não há uma regra simples para auxiliar o pesquisador a navegar entre o Cila dos efeitos fixos e o Caribdis dos erros de medição e da selecção dinâmica. Embora sejam um aperfeiçoamento dos dados de corte transversal, os dados em painel não ofere-

14 JUDSON, Ruth A. & OWEN, Ann L. *Estimating Dynamic Panel Data Models: A Practical Guide for Macroeconomists*. Federal Reserve Board of Governors, jan. 1996.

15 Jerry A. Hausman (1946-) é um economista estadunidense e professor do MIT. Ganador dos prêmios John Bates Clark Medal (1985) e Frisch Medal (1980).

cem uma cura milagrosa para todos os problemas do econometrista.<sup>16</sup>” (GUJARATI, 2006, p. 525)

## 3.5 Testes para avaliar a viabilidade dos modelos

### 3.5.1 A Multicolinearidade

Quando duas variáveis explanatórias ( $X_1$  e  $X_2$ ) tem relação entre si, ou seja, são interdependentes, dizemos que existe multicolinearidade. Dependendo da dependência entre elas, pode ser uma relação baixa, alta ou até perfeita, no caso de serem totalmente dependentes uma da outra, como numa equação  $X_1 = 3X_2$ .

Segundo Gujarati (2006), isso é um acontecimento normal da Natureza. Ao analisar duas variáveis para explicar o consumo ( $Y$ ), por exemplo, podemos dizer que renda ( $X_1$ ) e riqueza ( $X_2$ ) são variáveis que determinam o consumo de um indivíduo. Porém, quem ganha muito, tende a ter mais riqueza do que quem ganha pouco. Portanto, renda e riqueza são correlacionadas e existe multicolinearidade nessa análise.

Se é algo normal, existe algum problema em estimar sob premissa de não multicolinearidade?

“Se a multicolinearidade for perfeita (...), os coeficientes de regressão das variáveis  $X$  são indeterminados e seus erros-padrão, infinitos. Se a multicolinearidade for menos que perfeita (...), os coeficientes de regressão, embora determinados, terão grandes erros-padrão (em relação aos próprios coeficientes), o que significa que os coeficientes não podem ser estimados com grande precisão ou exatidão.” (GUJARATI, 2006, pp. 277-8)

Portanto, o problema de se ter multicolinearidade é ter problemas na inferência do modelo. Pode se não rejeitar a hipótese nula igual a zero, quando a realidade é diferente, ou ter intervalos de confiança muito grandes nos coeficientes, fazendo com que fique difícil fazer alguma previsão.

Ter multicolinearidade pode ser entendido como equivalente a se ter um número reduzido de dados na amostra ou ter pouca variabilidade nas variáveis expla-

16 JOHNSON, Jack & DINARDO, John. *Econometrics Methods*. 4. ed. McGraw-Hill, 1997, p. 403.

natórias ( $X_n$ ), ou seja, ter valores muito parecidos em toda a amostra. Esses também podem ser a causa da multicolinearidade, em alguns casos. (GUJARATI, 2006)

Segundo Gujarati (2006), para detectar multicolinearidade em um modelo não existe um teste pronto, mas indícios. Primeiro indício é ter o coeficiente de determinação do modelo ( $R^2$ ) muito alto, porém nenhuma significância local dos coeficientes angulares ( $\beta_n$ ), ou seja, não são estatisticamente diferentes de zero.

Outra forma de avaliar a presença de multicolinearidade é a regra prática de Klien (GUJARATI, 2006). Estima-se regressões de cada  $X_i$  contra os demais  $X$  e calcula-se os vários  $R^2_i$ . Se todos os  $R^2_i$  encontrados forem maiores que  $R^2$  geral, o modelo terá um problema sério de multicolinearidade.

Existe, ainda, a regra prática 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:

$$FIV = \frac{1}{(1 - r_{23}^2)} \quad (\text{equação 17})$$

Conforme Gujarati (2006), para alguns econométricos o melhor método para estimar multicolinearidade é o Índice Condicional (IC). Ele é gerado diretamente pelos *softwares* estatísticos. É assim definido:

$$IC = \sqrt{\frac{\text{autovalor máximo}}{\text{autovalor mínimo}}} \quad (\text{equação 18})$$

onde autovalores são escalares de autovetores (obtidos da álgebra matricial). Como regra prática, se IC estiver entre 10 e 30, a multicolinearidade irá de moderada a forte e, se for maior que 30, será grave.

Como forma de corrigir esse problema de estimativa:

“não se pode fazer grande coisa a respeito, pois a multicolinearidade é específica de uma amostra sobre a qual o pesquisador pode não ter muito controle, especialmente se os dados forem de natureza não experimental – o que é a sina comum dos pesquisadores das ciências sociais [, como é o caso deste trabalho].” (GUJARATI, 2006, pp. 292)

A questão não é retirar a multicolinearidade, mas descobrir qual o grau de sua existência no modelo. Como saída ou não se faz nada, ou se usa algumas regras práticas para diminuir o grau de multicolinearidade. As principais são: trazer informações *a priori* (da teoria econômica, por exemplo), omitir uma variável com elevada colinearidade, transformar os dados (como no cálculo das diferenças, que usa a variação das variáveis,  $\Delta X$ ) ou adicionar novos dados ao modelo. (GUJARATI, 2006)

### 3.5.2 A Heterocedasticidade

Uma das premissa clássica da regressão por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) é ter a perturbação estocástica ( $u_i$ ) com igual variância ( $\sigma^2$ ) para todos os valores. A isso se chama homoscedasticidade. Quando a variância é influenciada por algum fator que a faz mudar para cada  $i$ , dizemos que existe heterocedasticidade.

Conforme Gujarati (2006), essa situação pode ser ocasionada pela curva de aprendizagem (onde os erros de comportamento vão diminuindo com o tempo), pela aperfeiçoamento de técnicas de coleta de dados, pela presença de dados discrepantes, pelo modelo ter sido especificado incorretamente, por omissão de variáveis importantes, pela assimetria na distribuição dos regressores ou por incorreta transformação dos dados.

No caso de se ter heterocedasticidade, deve-se usar o método de estimação por Mínimos Quadrados Generalizados (FGLS). Esse método minimiza a soma ponderada de quadrados residuais. Isso significa que ele dá maior peso as observações provenientes de populações com menor variação. Esse método é assim descrito:

$$\min \sum \omega_i \hat{u}_i^2 = \sum \omega_i (Y_i - \hat{\beta}_1 X_{0i} - \hat{\beta}_2 X_i)^2 \Leftrightarrow \omega_i = 1/\sigma_i^2 \quad (\text{equação 19})$$

Em síntese, se insistirmos em utilizar o MQO, apesar de se ter encontrado heterocedasticidade, todas as conclusões ou inferências que fizermos podem ser enganosas, por superestimar ou subestimar os reais valores. Enfim, a heterocedasticidade é potencialmente um grave problema, caso não sejam usadas técnicas corretivas.

Para determiná-la, precisar-se-ia conhecer  $\sigma^2$ , situação possível apenas tendo toda a população  $Y$  correspondente aos  $X$  selecionados. Nas pesquisas econô-

micas dispomos apenas do valor amostral de  $Y$ . Segundo Gujarati (2006):

“Não há regras firmes e prontas para detectar a heterocedasticidade, mas apenas algumas regras práticas. (...) Na maioria dos casos de pesquisas econométricas, a heterocedasticidade é um caso de intuição, palpites baseados em informação, experiências empíricas anteriores ou pura especulação.” (GUJARATI, 2006, pp. 323)

A detecção desse problema pode ser feita por métodos informais ou formais. Um dos métodos informais é verificar a natureza do problema. Se estudos anteriores identificaram heterocedasticidade, é provável que os próximos estudos também encontrem isso. Outra forma é o método gráfico. Plota-se em gráficos  $\hat{u}^2$  contra  $\hat{Y}$  ou  $X$ . Caso eles mostrem um comportamento sistemático, sugere-se que exista heterocedasticidade. Os principais testes formais são o de Breusch-Pagan-Godfrey e o de White.

O teste de Breusch-Pagan-Godfrey (BPG) é feito em seis etapas. Primeiro, estima-se  $\hat{u}_i$ . Segundo, obtém-se:

$$\tilde{\sigma}^2 = \sum \hat{u}_i^2 / n \quad (\text{equação 20})$$

Terceiro, constrói-se variáveis  $p_i$  definidas como:

$$p_i = \hat{u}_i^2 / \tilde{\sigma}^2 \quad (\text{equação 21})$$

Quarto, faz-se a regressão de  $p_i$  sobre as variáveis explanatórias  $X$ :

$$p_i = \alpha_1 + \alpha_2 X_{2i} + \dots + \alpha_m Z_{mi} + v_i \quad (\text{equação 22})$$

Quinto, obtém-se a soma dos quadrados explicados pela regressão (SQE), onde *asy* significa assintoticamente, isto é, para grandes amostras:

$$\Theta = \frac{1}{2}(\text{SQE}) \Leftarrow \Theta_{asy} \sim X_{m-1}^2 \quad (\text{equação 23})$$

Por último, realiza-se um teste de hipótese para verificar sua validade de estatística. Se  $\Theta$  calculado for maior que o valor crítico de  $X^2$  ao nível de significância escolhido, podemos rejeitar a hipótese de homoscedasticidade.

O teste geral de heterocedasticidade de White serve como um teste puro de heterocedasticidade, de erro de especificação ou ambos. Ele não depende da premissa de normalidade como o anterior e é de fácil implementação, porém consome muitos graus de liberdade quando existem muitas variáveis explanatórias. Ele é composto de quatro etapas. Como exemplo usaremos três variáveis.

Primeiro, estima-se  $\hat{u}_i$ . Segundo, calcula-se a regressão (auxiliar):

$$\hat{u}_i = \alpha_1 + \alpha_2 X_{2i} + \alpha_3 X_{3i} + \alpha_4 X_{2i}^2 + \alpha_5 X_{3i}^2 + \alpha_6 X_{2i} X_{3i} + v_i \quad (\text{equação 24})$$



Terceiro, obtém-se o  $R^2$  desta regressão, multiplica-se por  $n$  e supõe-se distribuído da seguinte forma:

$$n \cdot R^2 \underset{asy}{\sim} \chi_{gl}^2 \quad (\text{equação 25})$$

Quarto, testa o valor  $\chi^2$  calculado pelo  $\chi^2$  crítico. Se o  $\chi^2$  obtido for superior ao valor crítico, conclui-se que há heterocedasticidade.

Para corrigir este problema, existem duas formas: quando se conhece  $\sigma^2$  e quando não. Quando conhecido, usa-se o FGLS, visto anteriormente.

Quando não se conhece  $\sigma^2$ , pode-se usar as correções estabelecidas por White para amostras grandes. Os estimadores de erro-padrão com a correção da heterocedasticidade de White são conhecidos como erros-padrão robustos e são obtidos rapidamente pelo software econométrico.

Outra forma é estabelecer pressuposições a respeito do padrão de heterocedasticidade e executar transformações do modelo. Primeiro, que a variância do erro é proporcional a  $X_i^2$ . Ou segundo, que é proporcional a  $X_i$ . Ou terceiro, que é proporcional ao quadrado do valor médio de  $Y$ . E quarto, que a transformação logarítmica reduz a heterocedasticidade na comparação com o modelo original.

Essas transformações podem ter alguns problemas. Se tivermos um modelo com mais  $X$ , não sabemos *a priori* qual deve ser escolhida para a transformação dos dados. A transformação logarítmica só é válida para valores de  $Y$  e  $X$  maiores que zero. Ao transformar o dado, podemos gerar correlação espúria, que é criar correlação onde não há. Essas transformações, rigorosamente falando, só são válidas para amostrar grandes.

Para não exagerar com relação aos problemas de heterocedasticidade:

“Quando o problema da heterocedasticidade deveria realmente preocupar? (...) '[A] heterocedasticidade nunca foi motivo para jogar fora um modelo que, sob outros aspectos, é bom.'<sup>17</sup> Talvez seja útil ter em mente a advertência feita por John Fox: '... só vale a pena corrigir as variâncias desiguais do erro quando o problema é grave.'<sup>18</sup>” (GUJARATI, 2006, pp. 292)

17 MANKIW, Gregory. “A Quick Refresher Course in Macroeconomics”. *Journal of Economic Literature*, vol. XXVIII, dez. 1990, p. 1648.

18 FOX, John. *Applied Regression Analysis, Linear Models, and Related Methods*. Califórnia: Sage Publications, 1997, p. 306.

## 4 O MODELO E RESULTADOS OBTIDOS

No presente capítulo, iremos executar um modelo de dados de painel para verificar a viabilidade da Curva Ambiental de Kuznets (CAK). A base de dados que será utilizada foi retirada de dois catálogos de indicadores mundiais, provenientes dos Indicadores para Desenvolvimento Mundial (*World Development Indicators*, WDI), compilado pelo Banco Mundial (2010), e dos Indicadores para as Objetivos para Desenvolvimento do Milênio (*Millennium Development Goals Indicators*, MDGI), compilado pela Divisão de Estatísticas das Nações Unidas, do Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais (*Department of Economics and Social Affairs*, DESA) da Organização das Nações Unidas (ONU, 2010a).

Foram selecionados base de dados de países representativos de cada um dos continentes, com padrões de desenvolvimento econômico diversos, além de diferentes padrões culturais e religiosos. Essa amostra teve 40 países com características diversas, conforme o padrão de representatividade adotado, contudo, escolhendo países com mais informações disponíveis, de forma a não limitar ou viesar a inferência e análise do modelo.

Todavia, a base de dados não apresentou dados para todos os anos pesquisados e para todos os países. Isso pode ter acontecido pela falta de informações para aquele país num respectivo período. Ou o Indicador usado faz pesquisas a cada dois / cinco anos. Para obter mais informações e não prejudicar a estimação do modelo, foi executado uma interpolação linear nos dados ( $a_{it}$ ) faltantes. Essa interpolação levou em conta os valores próximos conhecidos e estabeleceu-se uma média aritmética simples, como segue a fórmula (para um valor vazio):

$$\hat{a}_{it} = \frac{a_{i,(t+1)} + a_{i,(t-1)}}{2} \quad (\text{equação 26})$$

O método de interpolação linear não é a melhor escolha para estimação da base de dados, mas é aceitável sob o ponto de vista da aproximação do valor correto. Escolheu-se a interpolação linear pela natureza da evolução dos indicadores, que tinham um padrão linear de crescimento (na maior parte das observações). A base de dados completa pode ser encontrada em Gomes (2010).

Faremos nas outras seções testes para verificar qual o modelo que melhor se adequa a realidade dos dados e do modelo proposto para a CAK. Como apresenta-

do na seção 1.6 (Metodologia) do seguinte trabalho, verificaremos que o modelo da CAK avaliará qual a causalidade do impacto ecológico e ambiental ( $Y_{it}$ ), analisando variáveis endógenas que compõe o modelo, as quais são: renda *per capita* ( $X_{it}$ ,  $X_{it}^2$ ,  $X_{it}^3$ ) e outras variáveis como emprego, educação, saúde... apresentadas como o vetor  $Z_{it}$ .

Nas próximas seções analisar-se-á a base de dados com mais profundidade, além das hipóteses de modelos e seus coeficientes. Para a escolha do melhor modelo, testes serão feitos segundo a base de dados disponível. Uma vez selecionado o melhor modelo, procurar-se-á interpretar os resultados, juntamente com a inferência dos resultados.

## 4.1 A base de dados

O modelo da Curva Ambiental de Kuznets compara impactos ambientais contra crescimento da renda. O modelo proposto por esse trabalho ainda analisa outros fatores, que não a renda, que podem influenciar no aumento da degradação ambiental.

Uma das fontes dos dados para o presente trabalho são os Indicadores para os Objetivos para Desenvolvimento do Milênio (*Millenium Development Goals Indicators*, MDGI). Em 2000, a ONU, ao analisar os maiores problemas mundiais, estabeleceu 8 Objetivos do Milênio (ODMs). Segundo o último relatório da ONU:

“Os objetivos representam as necessidades humanas e os direitos básicos que todos os indivíduos do planeta deveriam poder desfrutar: ausência de fome e pobreza extrema; educação de boa qualidade; emprego produtivo e decente; boa saúde e habitação; o direito das mulheres a dar a luz sem correr perigo de morte; e um mundo no qual sustentabilidade do meio ambiente seja uma prioridade; e no qual tanto mulheres como homens vivam em igualdade. Os líderes mundiais também estão comprometidos de estabelecer uma aliança de alcance mundial em prol do desenvolvimento, para assim ter sucesso nesses objetivos universais.” (ONU, 2010b, p. 3)

Para ajudar a controlar e medir o progresso desse compromisso, peritos internacionais e nacionais em estatística selecionaram indicadores relevantes a serem utilizados para avaliar os progressos realizados durante o período de 1990 a 2015,

quando as metas devem ser cumpridas. A Divisão de Estatísticas das Nações Unidas, com a colaboração de agências e organizações, dentro e fora da ONU, coordena a elaboração de análise de dados, bem como outros indicadores destinados a completar os indicadores oficiais. (ONU, 2010b)

Esses indicadores oficiais e tradicionais são os indicadores elaborados, principalmente, por órgãos e comissões da ONU, agências de estatísticas nacionais e internacionais e o Banco Mundial. Podemos encontrar uma compilação desses indicadores na base de dados do Banco Mundial, conhecida como Indicadores de Desenvolvimento Mundial (*World Development Indicators*, WDI), elaborado pelo Banco Mundial.

Segundo auto-descrição do Banco Mundial (2010), é uma instituição voltada para o desenvolvimento mundial, dedicada ao conhecimento, que compartilha suas informações de forma mais aberta e livre possível. As estatísticas que realiza estão disponíveis para livre acesso. A missão do grupo que cuida da base de dados do Banco Mundial é prover estatísticas nacionais e internacionais para clientes dentro e fora do Banco.

O WDI é uma visão abrangente de desenvolvimento. É o padrão estatístico que ajuda a medir o progresso do desenvolvimento. Sua última versão, de 2010, reúne mais de 900 indicadores, divididos em seis seções: Visão de mundo, Pessoas, Meio Ambiente, Economia, Estados e mercados globais, e Links. (BANCO MUNDIAL, 2010)

Os indicadores selecionados foram agrupados em cinco áreas de análise: Ambiental, Econômica, Desigualdade de Renda, Saúde e Educação. O modelo que propomos avalia qual variável impacta, e quanto impacta, na degradação ambiental. Portanto os indicadores selecionados como explanatórios foram aqueles que poderiam estar relacionados aos impactos ambientais – segundo artigos referenciados no capítulo 2. A variável dependente a ser avaliada é referente a emissão de CO<sub>2</sub>.

A informação detalhada de cada um dos indicadores encontra-se no Anexo 3 do trabalho. No anexo é apresentado o órgão responsável pela coleta dos dados, a que exatamente se refere esses indicadores e qual a diferença entre eles.

Na Tabela (1), é possível observar todos os indicadores que são utilizados no presente trabalho, já agrupados segundo as cinco áreas de análise – acima descritas. Também é mostrado de qual catálogo foi retirado cada um dos indicadores: MGDI, da ONU, e WDI, do banco Mundial.

**Tabela 1:** Indicadores Utilizados e Banco de Dados Fontes (continua)

INDICADORES	FONTE
<b>Ambientais</b>	
Emissão de CO <sub>2</sub> , em kg de CO <sub>2</sub> por US\$1 PIB 2000	WDI
Emissão de CO <sub>2</sub> , em kg de CO <sub>2</sub> por US\$1 PIB 2005 (PPP)	WDI
Emissão de CO <sub>2</sub> , em kg de CO <sub>2</sub> por US\$1 PIB corrente (PPP)	WDI
Emissão de CO <sub>2</sub> , em milhares de toneladas de CO <sub>2</sub>	WDI
Emissão de CO <sub>2</sub> , em toneladas de CO <sub>2</sub> per capita	WDI
Área de Cobertura Florestal, em km <sup>2</sup>	WDI
Proporção de Área Coberta por Floresta (%)	WDI
Consumo de Todas as Substancias Destruidoras da Camada de Ozônio (em toneladas de ODP)	MDGI
PM <sub>10</sub> , em nível nacional (mg/m <sup>3</sup> )	WDI
Áreas Protegidas contra o Total Territorial (%)	MDGI
<b>Econômicos</b>	
Taxa da População Empregada, em ambos sexos (%)	MDGI
Uso de Energia (equivalente ao kg de óleo) por US\$1.000 PIB (constante 2005 PPP US\$)	WDI
PIB (US\$ constante 2000)	WDI
PIB, em PPP (\$ constante 2005)	WDI
PIB per capita (US\$ constante 2000)	WDI
PIB per capita, em PPP (\$ constante 2005)	WDI
PIB per capita, (US\$ corrente)	WDI
PIB per capita, em PPP (\$ corrente)	WDI
PIB (US\$ corrente)	WDI
PIB, em PPP (\$ corrente)	WDI
PNB per capita, pelo método Atlas (US\$ corrente)	WDI
PNB, pelo método Atlas (US\$ corrente)	WDI
<b>Desigualdade de Renda</b>	
Índice de GINI	WDI
20% mais Pobres da Renda Nacional ou Consumo (%)	WDI
Taxa de Diferença da Pobreza em US\$1 /dia (PPP) (%)	WDI
População abaixo US\$1 (PPP) /dia (%)	WDI
<b>Saúde</b>	
Proporção da População Usando Fonte de Água Apropriada para Consumo, do total	MDGI
Taxa de Mortalidade Infantil (0-1 anos) por 1.000 nascidos vivos	WDI
Taxa de Mortalidade de Crianças (abaixo de cinco anos) por 1.000 nascidos vivos	MDGI
Proporção da População com Acesso à Saneamento Básico, do total	MDGI
Crianças com 1 ano de idade Imunizadas contra Sarampo (%)	MDGI
Expectativa de Vida ao Nascer, em total (anos)	WDI

**Tabela 1:** Indicadores Utilizados e Banco de Dados Fontes (conclusão)

INDICADORES	FONTE
<b>Educacionais</b>	
Taxa de alfabetização, em total de adultos (% de pessoas com 15 anos ou mais)	WDI
Taxa de alfabetização, em total de jovens (% de pessoas com 15-24 anos)	WDI
Porcentagem de Ingressantes que Terminam o Ensino Fundamental, em ambos sexos	MDGI
Taxa de Conclusão do Ensino Fundamental (% do grupo de idade relevante)	WDI
Matrículas na Escola, no Ensino Fundamental (% bruto)	WDI
Matrículas na Escola, no Ensino Fundamental (% líquido)	WDI
Matrículas na Escola, no Ensino Médio (% bruto)	WDI
Matrículas na Escola, no Ensino Médio (% líquido)	WDI
Matrículas na Escola, no Ensino Superior (% bruto)	WDI
Persistência ao Último Ano do Ensino Fundamental, do total (% de turma ingressante)	WDI

Fonte: Elaboração própria, com base no Banco Mundial (2010) e na ONU (2010a).

O período selecionado para essa base de dados foi do ano 1991 a 2006. O início desse período, ou seja, o ano de 1991, foi escolhido devido à consolidação das estimativas dos indicadores no catálogo do MDGI, que começaram em 1990. O último período, ou seja, o ano de 2006, foi escolhido por ser o último ano em que a maior parte dos indicadores tinham dados completos. A partir do ano de 2006, algumas séries começaram a não disponibilizar mais dados, mesmo que até o ano de 2009 temos várias índices completas, como os indicadores do PIB.

O grupo de países selecionados compõe uma amostra de 40 países. Esses países foram selecionados de forma a estarem em diferentes posições geográficas no globo, ou seja, se encontram dispersos nos cinco continentes. Para ter uma amostra representativa, foram selecionados países subdesenvolvidos, em desenvolvimento e países desenvolvidos. Além disso, a língua falada, as religiões oficiais, as formas de governo, as culturas e raízes étnicas são das mais diversas, de forma a mostrar a maior parte da diversidade existente no mundo. Algumas regiões tiveram menos países que outras, como a África perante a Europa, porque naqueles países os dados são mais escassos e menor confiabilidade, o que poderia produzir um resultado diferente no modelo proposto.

Essa amostra de países representa 21% dos países do mundo [considerando 192 países, no total (ONU, 2010b)], 58% da superfície territorial do globo e 68% da

população mundial. A tabela abaixo mostra todo o grupo amostral:

**Tabela 2:** Lista dos Países da Base de Dados

CÓDIGO	PAÍS	ÁREA (em Km2)	POPULAÇÃO	CONTINENTE
1	Argentina	2.766.889	40.276.376	América
2	Austrália	7.713.364	21.292.893	Oceania
3	Bolívia	1.098.581	9.862.860	América
4	Brasil	8.519.876	193.733.795	América
5	Bulgária	110.912	7.544.581	Europa
6	Canada	9.976.139	33.573.467	América
7	China	9.596.961	1.345.750.973	Ásia
8	Colômbia	1.138.914	45.659.709	América
9	Croácia	56.538	4.416.166	Europa
10	Dinamarca	43.077	5.470.293	Europa
11	Equador	283.561	13.625.069	América
12	Egito	1.001.449	82.999.393	África
13	El Salvador	21.041	6.163.050	América
14	Finlândia	338.145	5.325.587	Europa
15	França	551.500	62.342.668	Europa
16	Alemanha	356.733	82.166.671	Europa
17	Grécia	131.990	11.161.335	Europa
18	Hungria	93.032	9.992.662	Europa
19	Índia	3.287.590	1.198.003.272	Ásia
20	Indonésia	1.904.569	229.964.723	Ásia
21	Itália	301.268	59.870.123	Europa
22	Japão	377.801	127.156.225	Ásia
23	Cazaquistão	2.717.300	15.636.987	Ásia
24	Letônia	64.500	2.249.362	Europa
25	Lituânia	65.200	3.286.547	Europa
26	México	1.958.201	109.610.036	América
27	Holanda	40.844	16.592.232	Europa
28	Noruega	323.895	4.812.190	Europa
29	Peru	1.285.216	29.164.883	América
30	Filipinas	300.000	91.983.102	Ásia
31	Polônia	323.250	38.073.745	Europa
32	Romênia	237.500	21.274.730	Europa
33	Rússia	17.075.400	140.873.647	Ásia/Europa
34	Espanha	504.782	44.903.659	Europa
35	Suécia	449.964	9.249.249	Europa
36	Tunísia	163.610	10.271.506	África
37	Reino Unido	244.100	61.565.422	Europa
38	EUA	9.363.520	314.658.780	América
39	Venezuela	912.050	28.583.366	América
40	Zâmbia	752.614	12.935.368	África
<b>TOTAL</b>		<b>86.451.876</b>	<b>4.552.076.702</b>	

Fonte: Elaboração própria, com base no IBGE (2010) e Banco Mundial (2010).

## 4.2 A escolha do modelo de painel

A equação básica utilizada para verificação empírica da Curva Ambiental de Kuznets, é especificada na forma cúbica a seguir:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_{1i} X_{it} + \beta_{2i} X_{it}^2 + \beta_{3i} X_{it}^3 + \gamma_{in} Z_{nit} + \epsilon_{it} \quad (\text{equação 27})$$

onde  $Y_{it}$  representa a variável dependente. No modelo da CAK, o impacto ambiental é explicado pelo crescimento econômico e outras variáveis de cunho econômico e social. Portanto, a variável a ser explicada será a Emissão de CO<sub>2</sub>. A variável explanatória  $X_{it}$  é a medição de crescimento, caracterizada pelo cálculo do Produto Interno Bruto e o vetor  $Z_{nit}$  representa outros fatores sociais e econômicos, com caracteres endógenos ou exógenos, peculiares de cada economia.

Portanto esquematizamos o modelo de painel, conforme a Equação (27). Para a implementação desse modelo devemos proceder uma série de testes, entre os quais, a escolha das variáveis, conforme análise na subseção que segue.

### 4.2.1 Da escolha das variáveis

Das variáveis que medem a Emissão de CO<sub>2</sub> utilizou-se a variável que mede essa emissão em toneladas de CO<sub>2</sub> *per capita*, pois o uso de uma variável *per capita* faz com que os dados sejam de melhor comparação entre os países, devido a grande variabilidade populacional e de produção entre eles. As outras variáveis que tratam da Emissão de CO<sub>2</sub> não serão utilizadas no modelo. Além disso, o próprio Kuznets, no seu trabalho em que demonstrou a Curva de Kuznets, utilizou medidores *per capita*. (KUZNETS, 1986)

Com relação à escolha da melhor medição do crescimento econômico entre os países, o mesmo pressuposto apresentado acima foi utilizado como argumento para na escolha dessa variável, ou seja, o índice de produção deve estar *per capita*. Por isso foi escolhido a variável que mede o PIB *per capita* a dólar estadunidense em valores correntes. As outras variáveis de medição da produção não serão mais utilizadas.

As variáveis que complementam o modelo,  $Z_{nit}$ , são outras variáveis explana-



tórias que podem explicar a Emissão de CO<sub>2</sub>. Essas variáveis são todos os outros indicadores encontrados na tabela da seção anterior. As variáveis explanatórias em  $Z_{nit}$  são de todas as cinco áreas analisadas: ambiental, econômica, de desigualdade social, de saúde e educacional.

Dessas variáveis, foi feita uma primeira filtragem com a finalidade de selecionar aqueles indicadores que tivessem muitos valores vazios. Retirando do modelo esses indicadores, o modelo de dados de painel poderá ser estimado com maior confiabilidade. (GUJARATI, 2006) Por isso, os indicadores que apresentassem mais de 15% de valores vazios foram retirados, segundo a seguinte tabela:

**Tabela 3:** Indicadores retirados do modelo pela quantidade de células vazias

INDICADORES	CÉLULAS VAZIAS
Consumo de Todas as Substancias Destruidoras da Camada de Ozônio (em toneladas de ODP)	29,8 %
20% mais Pobres da Renda Nacional ou Consumo (%)	58,3 %
Taxa de Diferença da Pobreza em US\$1 /dia (PPP) (%)	56,7 %
População abaixo US\$1 (PPP) /dia (%)	56,7 %
Porcentagem de Ingressantes que Terminam o Ensino Fundamental, em ambos sexos	68,0 %
Taxa de Conclusão do Ensino Fundamental (% do grupo de idade relevante)	19,0 %
Matrículas na Escola, no Ensino Fundamental (% líquido)	16,8 %
Matrículas na Escola, no Ensino Médio (% líquido)	64,2 %
Matrículas na Escola, no Ensino Superior (% bruto)	20,6 %
Persistência ao Último Ano do Ensino Fundamental, do total (% de turma ingressante)	65,5 %

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.2 Do teste de multicolinearidade

Para a determinação de quais variáveis seriam utilizadas em  $Z_{nit}$ , ou seja, como outras variáveis explanatórias do modelo que não o PIB *per capita*, iniciou-se uma análise da presença de multicolinearidade nos dados, que caracteriza a dependência linear das variáveis explanatórias, fonte de introdução de vieses de grande

intensidade nos parâmetros a ser estimados pelo modelo de regressão de painel. Para isso, foi esquematizado no *software* STATA 10 a referida base de dados e, posteriormente, aplicado a função “COLLIN”, que determina o grau de dependência entre as variáveis explanatórias. Esta rotina estima o grau de colinearidade entre as variáveis pelas duas técnicas básicas de análise de multicolinearidade, ou seja, o Fator de Inflação da Variância (FIV) e o Índice Condicional (IC), descritos de forma mais detalhada no capítulo III, Seção 3.5.

Deve ser observado que a multicolinearidade é uma questão de grau, pois todas variáveis econômicas e/ou sociais apresentam dependências entre si, tendo em vista que o processo econômico evolui de forma sistemática e integrado em todos os seus indicadores. Ainda deve ser salientado que quando a multicolinearidade entre as variáveis explanatórias é grande, aquelas como maior dependência deve ser eliminadas do conjunto de variáveis explanatórias, pois não existe correção para esta dependência. (GUJARATI, 2006)

Portanto, com o recurso COLLIN do programa STATA 10, descobrimos os valores do Fator de Inflação da Variância (FIV) e do Índice Condicional (IC). Tendo como regra prática, que todas as variáveis que apresentassem valores FIV maiores de 10 são consideradas altamente colineares e foram retiradas do modelo e/ou índice IC maior que 30, conforme Gujarati (2006).

A medida que este teste (COLLIN) era estimado, as variáveis com altas VIF e/ou altos IC foram retiradas e reestimando o teste de multicolinearidade com as variáveis restantes. Inicialmente o valor de IC médio era extremamente elevado e trazê-lo a um valor menor que 30 seria a situação ideal, contudo, isto se mostrou inviável de ser atingido, pois, isto restringia em muito o conjunto de variáveis explanatórias do vetor  $Z_{nit}$ . Então, consideramos adequado um valor de IC menor que 100. Da mesma forma, existiam nos resultados do teste COLLIN variáveis com VIF bastante altas (com valores maiores que 10), conduzindo a uma VIF média maior que 10, constituindo assim um indicar para as retiradas dessas variáveis do modelo. Deve ficar claro que tanto o FIV como o IC são medidas de multicolinearidades distintas, que as vezes conduzem a resultados distintos, mas as exigências do Critério FIV foi plenamente atendido para a esquematização do modelo. É por isso que se aplica normalmente os dois testes de multicolinearidade. De acordo como o critério adotado, as variáveis escolhidas seguem descritas na Tabela (4) abaixo, juntamente com as respectivas medidas de multicolinearidade. Portanto, acreditamos que os testes

de multicolinearidade realizados possibilitaram estruturar adequadamente o modelo painel a ser estimado, restringindo-o às variáveis como o menor grau de colinearidade possível.

**Tabela 4:** Variáveis do modelo e testes de multicolinearidade

VARIÁVEIS	FIV	IC
Emissão de CO2, em toneladas de CO2 per capita	-	1,0000
Proporção de Área Coberta por Floresta (%)	1,45	4,1691
Áreas Protegidas contra o Total Territorial (%)	1,34	4,9151
Taxa da População Empregada, em ambos sexos (%)	2,79	6,9222
Uso de Energia (equivalente ao kg de óleo) por US\$1.000 PIB (constante 2005 PPP US\$)	2,28	7,7038
PIB <i>per capita</i> , (US\$ corrente)	4,57	14,7271
Índice de GINI	3,32	23,8241
Proporção da População Usando Fonte de Água Apropriada para Consumo, do total	5,47	28,0827
Proporção da População com Acesso à Saneamento Básico, do total	7,50	37,6317
Expectativa de Vida ao Nascer, em total (anos)	4,15	57,1198
Taxa de alfabetização, em total de adultos (% de pessoas com 15 anos ou mais)	4,94	71,6229
Matrículas na Escola, no Ensino Fundamental (% bruto)	2,34	75,0771
Matrículas na Escola, no Ensino Médio (% bruto)	4,35	99,8574
<b>Média / Total Acumulado</b>	<b>3,71</b>	<b>99,8574</b>

Fonte: Elaboração própria, com base no programa STATA 10.

A partir deste momento, utilizaremos abreviações das variáveis no modelo, as quais são as apresentadas na Tabela (4), de forma a ser mais fácil a visualização e identificação das mesmas. A Tabela (5), abaixo, apresentam as abreviações utilizadas no modelo.

**Tabela 5:** Variáveis do modelo e suas abreviações

VARIÁVEIS	ABREVIÇÃO	DERIVAÇÃO
Emissão de CO2, em toneladas de CO2 per capita	co2tmcap	co2HAT ( $\hat{Y}$ )
Proporção de Área Coberta por Floresta (%)	floperc	
Áreas Protegidas contra o Total Territorial (%)	prot	
Taxa da População Empregada, em ambos sexos (%)	emprego	
Uso de Energia (equivalente ao kg de óleo) por US\$1.000 PIB (constante 2005 PPP US\$)	energia	
PIB <i>per capita</i> , (US\$ corrente)	pibcapcr	pibcapcr2 ( $X^2$ ) pibcapcr3 ( $X^3$ )
Índice de GINI	gini	
Proporção da População Usando Fonte de Água Apropriada para Consumo, do total	agua	
Proporção da População com Acesso à Saneamento Básico, do total	sanea	
Expectativa de Vida ao Nascer, em total (anos)	vida	
Taxa de alfabetização, em total de adultos (% de pessoas com 15 anos ou mais)	afbadt	
Matrículas na Escola, no Ensino Fundamental (% bruto)	matpibr	
Matrículas na Escola, no Ensino Médio (% bruto)	matsecbr	

Fonte: Elaboração própria, com base no programa STATA 10.

### 4.2.3 Do teste de heterocedasticidade

Como visto na Seção 3.5.2, os principais testes para verificação do existência heterocedasticidade são o de Breusch-Pagan-Godfrey e o de White.

Segundo William (2009), o teste de Breusch-Pagan/Cook-Weisberg avalia se todos as variâncias são iguais, homoscedasticidade, ( $H_0$ ) ou se a variância é uma função multiplicativa de uma ou mais variáveis, heterocedasticidade, ( $H_1$ ). Como resultado, se o valor  $X^2$  calculado for muito grande, indica que existe heterocedasticidade. Este teste é calculado com o comando HTEST no Stata 10. Em outras palavras, testa a existência da homoscedasticidade contra um modelo que especifica a variância da perturbação estocástica como função dos valores esperados da variável dependente.

O teste realizado pelo STATA 10 estima todos os valores de forma oculta e apresenta somente um quadro de resultados. Nesse quadro é mostrado qual o resultado de cada uma das variáveis com relação a existência de heterocedasticidade

[para mais entendimento deste teste, sugere-se a consulta ao capítulo 11 do Gujarati (2006)].

O *p-valor* da tabela mostra a menor probabilidade de incorrer no erro tipo I, de não rejeitar a hipótese  $H_0$  quando ela é verdadeira. É fixado um nível de significância de 0,10 (10%) para a decisão sobre a presença de heteroscedasticidade. Dessa forma, todos os *p-valor* menor que 0,10 serão considerados heterocedásticos, com a chance de se incorrer no erro I em 10% dos casos.

Os valores tradicionais de nível de significância são 1%, 5% e 10%. Preferimos escolher 10% ao invés de 5%, pois dessa forma incorporamos o Índice de Gini nos indicadores utilizados. Isso se deve a sua importância de ser o único indicador de Desigualdade de Renda a ser utilizado.

**Tabela 6:** Teste BPG de heterocedasticidade

<b>VARIÁVEIS</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>P-VALOR</b>
pibcapcr	72,70	0,0000
pibcapcr2	51,18	0,0000
pibcapcr3	23,37	0,0000
floperc	1,19	0,2745#
prot	1,41	0,2355#
emprego	31,74	0,0000
energia	6,00	0,0143
gini	3,78	0,0518
agua	14,12	0,0002
sanea	34,04	0,0000
vida	14,28	0,0002
afbadt	36,32	0,0000
matpribr	12,81	0,0003
matsecbr	38,10	0,0000
<b>Combinado</b>	<b>174,78</b>	<b>0,0000</b>

Fonte: Elaboração própria, com base no programa STATA 10.

Conforme Weesie (1998), o estimador Huber/White/robusto/sanduíche corrige o modelo tradicional de MQO, quando encontrada a heterocedasticidade. O erro padrão do coeficiente é consistente, mesmo nessa situação, e os testes de hipóteses usando os coeficientes robustos, também serão. O estimador de White é calculado com o comando ROBUST no Stata 10. Outra forma é usar o TWOSTAGE, que usa o estimador 2SLS de Harvey. Esse estimador corrige a heterocedasticidade por meio da regressão em duas etapas, utilizando-se de algoritmos.

O modelo corrigido deve, com isso, apresentar erros-padrão dos coeficientes

menor que o modelo não corrigido. Para isso usamos os modelos de MQO e LSDV corrigidos e verificamos a diferença entre seus erros-padrão, como na Tabela (7) que segue a baixo:

**Tabela 7:** Diferença de erros-padrão entre os modelos

VARIÁVEIS	MQO	MQO, corrigido		LSDV, corrigido	
		Erro	Diferença	Erro	Diferença
pibcapcr	0,000	0,000	980,0E-08	0,000	372,0E-07
pibcapcr2	0,000	0,000	140,0E-12	0,000	138,0E-11
pibcapcr3	0,000	0,000	(-110,0E-17)	0,000	104,0E-16
floperc	0,006	0,006	235,3E-06	0,011	(-494,8E-05)
prot	0,011	0,010	124,4E-05	0,009	198,2E-05
emprego	0,024	0,022	275,4E-05	0,009	152,9E-04
energia	0,001	0,002	(-219,6E-06)	0,001	306,0E-06
gini	0,019	0,018	925,1E-06	0,008	103,9E-04
agua	0,023	0,020	287,6E-05	0,011	117,5E-04
sanea	0,014	0,009	428,2E-05	0,008	534,4E-05
vida	0,028	0,022	598,8E-05	0,010	175,8E-04
afbadt	0,020	0,013	629,9E-05	0,009	111,5E-04
matpribr	0,016	0,011	449,7E-05	0,004	114,8E-04
matsecbr	0,008	0,008	867,8E-06	0,003	575,6E-05
constante	2,528	2,586	-	1,174	-
<b>Média</b>			<b>212,5E-05</b>		<b>615,0E-05</b>

Fonte: Elaboração própria, com base no programa STATA 10.

Como a média dos erros-padrão dos coeficientes estimados reduziu-se nos modelos MQO corrigido e LSDV corrigido, relativo ao MQO clássico, entendemos que existe heterocedasticidade, ainda que pequena no total do modelo, pois houve redução dos erros-padrão respectivos aos modelos MQO corrigido e LSDV corrigido.

Entendemos com os testes de heterocedasticidade realizados que é evidente a presença de heterocedasticidade nas variáveis inclusas no modelo, ainda que pequena e, portanto, devemos utilizar um modelo apropriado para estimar dados sob a hipótese da presença de heteroscedasticidade, que neste estudo será o modelo de Mínimos Quadrados Generalizado (*Feasible Generalized Least Square*, FGLS), que sugerimos no capítulo 11 de Gujarati (2006) como leitura para entendimento dos detalhes do método.

#### 4.2.4 Dos testes de viabilidade entre os modelos

Uma vez selecionadas as variáveis e verificada a existência de heterocedasticidade, é hora de executar os modelos. Os modelos executados foram o: MQO restrito (*pooled*) – que não faz distinção entre as diferenças por grupo ou no tempo –, o modelo de efeitos fixos por grupo, fixos no tempo, o modelo de efeitos aleatórios por grupo e aleatórios no tempo. Os resultados econométricos obtidos podem ser observados com mais detalhes no Anexo 1, todos usando o método de estimação FGLS. Cabe, nesta seção, executar alguns testes para verificar qual modelo é mais adequado conforme a base de dados disponível.

O primeiro teste a realizar avalia a viabilidade do Modelo de Efeitos Fixos por Grupo ( $H_1$ ), MEFG, contra o Modelo de Coeficientes Constantes ( $H_0$ ), MCC, com denominação em inglês de *pooled model*. Conforme Capítulo 3 da pesquisa, é estimado um teste F, o qual pode ser formulado em função da soma dos resíduos ao quadrado (SQR), ao invés do  $R^2$ , conforme fórmula abaixo:

$$F = \frac{(SQR_{MCC} - SQR_{MEFG}) / (n - 1)}{SQR_{MEFG} / (nT - n - k)} = 274,10864 \quad (\text{equação 28})$$

onde  $SQR$  é a soma dos resíduos ao quadro, o subscrito  $MQO$  refere-se ao modelo estimado MQO restrito, o subscrito  $MEFG$ , ao modelo de efeitos fixos por grupo,  $n$  é o total de países,  $T$ , o total de anos e  $k$  o total de parâmetros.

Conforme estimativas no *software* STATA 10, o valor de F estimado, de 274,10864, conduz a um *p-valor* pequeno e, praticamente, igual a 0,0000. Como o *p-valor* caracteriza a probabilidade de não rejeitar a hipótese  $H_0$ , observa-se que mesmo para um nível de significância pequeno, por exemplo de 1%, aceita-se a hipótese alternativa, ou seja, o modelo de efeitos fixos no grupo.

O segundo teste a ser realizado é entre o Modelo de Efeitos Fixos no Tempo (MEFT) contra o modelo MCC restrito. A fórmula é muito semelhante ao anterior, por se tratar do mesmo teste, com a alteração de grupo para tempo. Para este caso, o valor F estimado pelo *software* STATA 10 foi bem menor que para o caso anterior, conforme apresentado na equação abaixo.

$$F = \frac{(SQR_{MCC} - SQR_{MEFT}) / (T - 1)}{SQR_{MEFT} / (nT - T - k)} = 5,3320427 \quad (\text{equação 29})$$

Mesmo com esse valor de F, bem menor que o valor anterior, ele conduz tam-

bém a um *p-valor* pequeno e, praticamente, igual a 0,0000. Como no caso anterior, observa-se que mesmo para um nível de significância pequeno, e 1%, aceita-se a hipótese alternativa, ou seja, o modelo de efeitos fixos ao longo do tempo.

Em seguida, analisamos qual é o melhor modelo: o de efeitos fixos por grupo ou o de efeitos aleatórios por grupo. Para isso, é aplicado o teste de Hausman. Este teste é especificado pelo STATA 10 por meio de tabelas, conforme as Tabelas (8) e (9) abaixo, que resumem os resultados do teste de especificação de Hausman

**Tabela 8:** Teste de Hausman entre MEFG e MEAG

VARIÁVEIS	(b)	(B)	(b-B)	(V_b - V_B)
	MEFG	MEAG	Diferença	Ao quadrado
pibcapcr	0,001	0,001	(-881,0E-07)	246,0E-07
pibcapcr2	0,000	0,000	311,0E-11	895,0E-12
pibcapcr3	0,000	0,000	(-260,0E-16)	774,0E-17
floperc	-0,019	-0,019	(-610,2E-06)	380,2E-06
prot	0,008	0,002	618,2E-05	176,8E-05
emprego	0,119	0,121	(-250,3E-05)	330,0E-05
energia	0,015	0,015	(-179,8E-06)	156,7E-06
gini	0,111	0,097	140,9E-04	400,9E-05
agua	0,174	0,167	632,0E-05	266,2E-05
sanea	0,025	0,029	(-384,3E-05)	159,4E-05
vida	0,032	0,016	158,4E-04	614,1E-05
afbadt	-0,005	-0,010	457,9E-05	199,5E-05
matpribr	-0,085	-0,076	(-826,6E-05)	261,8E-05
matsecbr	0,014	0,006	786,2E-05	232,4E-05
constante	-22,895	-21,190	(-170,5E-02)	489,3E-03

Fonte: Elaboração própria, com base no programa STATA 10.

Observa-se na Tabela (8) a matriz da diferença dos coeficientes, respectivamente, *b* (associado a modelo de efeito fixo) e *B* (associado ao coeficiente de efeito aleatório), o vetor diferença entre estes coeficientes, e o erro padrão entre estes coeficientes. E observa-se na Tabela (8) a matriz da diferença das variâncias obtidas pelos dois métodos (Var(*b*)-Var(*B*)), o de efeito fixo por grupo e o de efeito aleatório por grupo.

Este teste de Hausman suporta sobre a hipótese  $H_0$  que os modelos são indiferentes (ou que o modelo de efeito aleatório prevalece) e sob a hipótese  $H_1$  que o modelo de efeito fixo prevalece. Os resultados estimados por este teste, conforme a fórmula de Hausman (Equação 16), seguem uma distribuição qui-quadrado com *k* graus de liberdade (onde *k* é o número de parâmetros inclusos no modelo).



O *p-valor* estimado foi 0,0087, o que significa que o modelo de efeitos fixo por grupo é melhor que o de efeitos aleatório por grupo, mesmo para um nível de significância de 1%, bastante pequeno, o que sustenta fortemente a escolha do modelo. Aceita a hipótese alternativa, o modelo de efeitos fixos por grupo selecionado será eficiente e consistente, o que induz que ele será um estimador de variância mínima, mas os vieses nas estimativas dos parâmetros não tendem a zero, mesmo quando a amostra tende ao infinito.

Por último, foi executado o mesmo teste de Hausman, porém entre os modelos de efeitos fixos no tempo e aleatórios no tempo, como segue na Tabela (9) abaixo. O *p-valor* estimado foi 0,1072, o que significa que o modelo de efeitos aleatórios no tempo é melhor que o de efeitos fixos no tempo. Mesmo que para um nível de significância de 10%, bastante grande, o modelo de efeitos aleatórios no tempo ainda seria mais eficaz, o que sustenta fortemente a escolha do modelo.

**Tabela 9:** Teste de Hausman entre MEFT e MEAT.

VARIÁVEIS	(b)	(B)	(b-B)	(V_b - V_B)
	MEFT	MEAT	Diferença	Ao quadrado
pibcapcr	0,001	0,001	(-881,0E-07)	246,0E-07
pibcapcr2	0,000	0,000	311,0E-11	895,0E-12
pibcapcr3	0,000	0,000	(-260,0E-16)	774,0E-17
floperc	-0,019	-0,019	(-610,2E-06)	380,2E-06
prot	0,008	0,002	618,2E-05	176,8E-05
emprego	0,119	0,121	(-250,3E-05)	330,0E-05
energia	0,015	0,015	(-179,8E-06)	156,7E-06
gini	0,111	0,097	140,9E-04	400,9E-05
agua	0,174	0,167	632,0E-05	266,2E-05
sanea	0,025	0,029	(-384,3E-05)	159,4E-05
vida	0,032	0,016	158,4E-04	614,1E-05
afbadt	-0,005	-0,010	457,9E-05	199,5E-05
matpribr	-0,085	-0,076	(-826,6E-05)	261,8E-05
matsecbr	0,014	0,006	786,2E-05	232,4E-05
constante	-22,895	-21,190	(-170,5E-02)	489,3E-03

Fonte: Elaboração própria, com base no programa STATA 10.

Portanto, segundo os testes realizados, o melhor modelo para analisar as diferenças entre os países é o Modelo de Efeitos Fixos. Quando a análise for ao longo do tempo, o melhor modelo é o de efeitos aleatórios.

### 4.3 Modelo de painel executado

Conforme verificamos nos testes acima, faremos duas análises da Curva Ambiental de Kuznets, uma segundo uma interpretação da diferença entre os países e outra segundo uma interpretação do tempo.

O modelo que melhor executa a base de dados para uma análise entre os países é o Modelo de Efeitos Fixos (MEFG). Portanto sua interpretação incorpora a utilização de variáveis binárias. Cada país terá um intercepto (constante) diferente, ou seja, os países começam de pontos diferentes e, com aumento da renda, obedecem o mesmo comportamento. Como observado na Equação (30):

$$Y_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 D_2 + \dots + \alpha_n D_n + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it}^2 + \beta_3 X_{it}^3 + \gamma_n Z_{nit} + \epsilon_{it} \quad (\text{equação 30})$$

Já para a análise entre os anos – ao longo do tempo –, o melhor modelo é o de Efeitos Aleatórios (MEAT). Segundo esse modelo, a diferença entre os anos pesquisados é incorporada pela perturbação estocástica do modelo e, segundo essa interpretação, o modelo permanece o mesmo independente do tempo observado, o que muda é a perturbação estocástica  $\epsilon_i$  para cada ano, conforme Equação (31). Porém, como visto no capítulo 3,  $\epsilon_i$  é uma variável latente, ou seja, não observável.

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it}^2 + \beta_3 X_{it}^3 + \gamma_n Z_{nit} + \epsilon_i + u_{it} \quad (\text{equação 31})$$

**Tabela 10:** Coeficientes, máximo e mínimo do MEFG e MEAT

VARIÁVEIS	PAÍSES				ANOS			
	Coeficiente	Mínimo	Máximo	p-valor	Coeficiente	Mínimo	Máximo	p-valor
pibcapcr	1,4120E-04	0,0001	0,0002	0,000	6,1700E-04	0,0005	0,0008	0,000
pibcapcr2	-3,5300E-09	0,0000	0,0000	0,000	-1,5400E-08	0,0000	0,0000	0,000
pibcapcr3	3,1500E-14	0,0000	0,0000	0,001	1,1400E-13	0,0000	0,0000	0,000
floperc	2,8885E-02	0,0149	0,0429	0,000	-1,8570E-02	-0,0311	-0,0060	0,004
prot	-4,9890E-02	-0,0631	-0,0366	0,000	1,7906E-03	-0,0196	0,0232	0,870
emprego	4,3853E-02	0,0286	0,0591	0,000	1,2107E-01	0,0733	0,1688	0,000
energia	5,4293E-03	0,0038	0,0070	0,000	1,5462E-02	0,0130	0,0180	0,000
gini	-9,6675E-03	-0,0226	0,0032	0,142	9,6567E-02	0,0596	0,1335	0,000
agua	3,9426E-02	0,0195	0,0593	0,000	1,6720E-01	0,1218	0,2126	0,000
sanea	-1,3315E-02	-0,0271	0,0005	0,059	2,9055E-02	0,0025	0,0556	0,032
vida	9,8676E-03	-0,0014	0,0212	0,087	1,6087E-02	-0,0387	0,0709	0,565
afbadt	3,9923E-02	0,0261	0,0537	0,000	-9,6904E-03	-0,0483	0,0289	0,623
matpribr	-1,1056E-02	-0,0184	-0,0037	0,003	-7,6375E-02	-0,1076	-0,0452	0,000
matsecbr	7,2254E-03	0,0034	0,0111	0,000	6,3983E-03	-0,0101	0,0229	0,447
constante	-6,38	-8,2319	-4,5319	0,000	-21,19	-26,1442	-16,2350	0,000

Fonte: Elaboração própria, com base no programa STATA 10.

**Tabela 11:** Intercepto no MEFG para cada país e colocação dos valores dos interceptos, começando pelo maior

CÓD.	PAÍS	INTERCEPTO	COLOCAÇÃO
1	Argentina	-6,381878	25
2	Austrália	5,035322	2
3	Bolívia	-8,875812	37
4	Brasil	-8,042282	35
5	Bulgária	-5,021840	18
6	Canada	3,237566	3
7	China	-7,813361	31
8	Colômbia	-7,818204	32
9	Croácia	-6,209582	22
10	Dinamarca	-2,051042	9
11	Equador	-7,251949	28
12	Egito	-6,249546	24
13	El Salvador	-7,518111	29
14	Finlândia	-2,835502	11
15	França	-5,076092	19
16	Alemanha	0,390646	4
17	Grécia	-3,117171	12
18	Hungria	-4,820139	17
19	Índia	-8,003688	34
20	Indonésia	-9,499586	40
21	Itália	-3,643078	13
22	Japão	-3,727646	14
23	Cazaquistão	-1,575727	6
24	Letônia	-7,642587	30
25	Lituânia	-6,381878	26
26	México	-6,225789	23
27	Holanda	-0,506445	5
28	Noruega	-4,689403	16
29	Peru	-8,902529	38
30	Filipinas	-9,488137	39
31	Polônia	-6,381878	27
32	Romênia	-5,914213	21
33	Rússia	-2,103227	10
34	Espanha	-4,214922	15
35	Suécia	-7,990487	33
36	Tunísia	-5,443850	20
37	Reino Unido	-1,764453	7
38	EUA	7,258602	1
39	Venezuela	-1,981781	8
40	Zâmbia	-8,608799	36

Fonte: Elaboração própria, com base no programa STATA 10.

Os coeficientes angulares são mostrados na Tabela (10) e os interceptos para o modelo por países MEFG são apresentados na Tabela (11). Os testes qui-quadra-

do tiveram *p*-valor inferior a 0,0000 e o  $R^2$  do MEAT foi igual a 0,7788.

O resultado de saída desses modelos são mostrados no Anexo 1. Os resultados são apresentados da mesma forma que o programa Stata 10 emite as informações. Porém as informações principais são apresentadas nas Tabelas (10) e (11).

Outras informações que são essenciais para a análise dos dados são os valores da Elasticidade-renda. Segundo Pindyck e Rubinfeld (2006), a fórmula da Elasticidade arco, ou seja, para valores médios, é a seguinte:

$$ER = \frac{dY_{it}}{dX_{it}} \cdot \frac{\bar{X}_{it}}{\bar{Y}_{it}} \quad (\text{equação 32})$$

onde  $dY_{it}/dX_{it}$  é a derivada de  $Y_{it}$  em função de  $X_{it}$  (e que pode ser  $Z_{nit}$ ),  $\bar{X}_{it}$  é valor médio da variável explanatória e  $\bar{Y}_{it}$  é o valor médio da variável dependente.

A elasticidade-renda é interpretada da seguinte forma: 1% de variação da variável explanatória, irá causar um aumento de ER% da variável dependente. A Tabela (12) mostra os valores de elasticidades para cada alguns dos países. A elasticidade de  $X_{it}$ , que varia conforme o nível de PIB *per capita*, que pode ser demonstrado pela Equação (33), enquanto que para o cálculo da elasticidade das outras variáveis explanatórias  $Z_{nit}$ , a derivada é o próprio  $\gamma_n$ .

$$ER_{PIB} = \beta_1 + 2(\beta_2 X) + 3(\beta_3 X^2) \cdot \frac{\bar{X}_{it}}{\bar{Y}_{it}} \quad (\text{equação 33})$$

**Tabela 12:** Elasticidade do Brasil, EUA, Alemanha, China, Grécia e Zâmbia

COEFICIENTES	PAÍSES					
	Brasil	EUA	Alemanha	China	Grécia	Zâmbia
pibcapcr	0,25	0,02	0,05	0,04	0,11	0,26
floperc	0,96	0,05	0,09	0,18	0,10	7,89
prot	-0,50	-0,04	-0,22	-0,22	-0,02	-9,18
emprego	1,52	0,14	0,22	1,11	0,26	11,66
energia	0,42	0,06	0,07	0,74	0,08	13,82
gini	-0,32	-0,02	-0,03	-0,14	-0,04	-2,20
agua	1,97	0,20	0,37	1,04	0,49	9,54
sanea	-0,56	-0,07	-0,13	-0,26	-0,16	-2,83
vida	0,39	0,04	0,07	0,24	0,10	1,97
afbadt	1,94	0,20	0,38	1,18	0,47	12,12
matpribr	-0,89	-0,06	-0,11	-0,43	-0,13	-4,56
matsecbr	0,36	0,03	0,07	0,14	0,08	0,83

Fonte: Elaboração própria, com base no programa STATA 10.

A lista completa de todas as elasticidades por países pode ser encontrada no

Anexo 2. Uma vez mostrado todos os dados dos modelos executados, é necessária uma análise desses dados. É isso que será feito na próxima seção.

## 4.4 Análise dos Resultados

Conforme a teoria econômica descrita no capítulo 2, a Curva Ambiental de Kuznets tem o formato de “U-invertido”. Para que o modelo condiga com esse formato, os sinais dos coeficientes do PIB *per capita* devem ser: positivo para  $X_{it}$ , negativo para  $X_{it}^2$  e positivo/negativo para  $X_{it}^3$ . (ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2006) Conforme observamos nos resultados da Tabela (10), tanto em MEFG, quanto em MEAT, os coeficientes tiveram esses sinais. Com isso, podemos evidenciar o modelo da CAK para essa base de dados.

Os coeficientes de População Empregada e Uso de Energia tiveram sinal positivo. Isso já era esperado, pois, ao empregar maior quantidade de pessoas, o nível de consumo tende a subir e, conseqüentemente, gera-se maior poluição por Emissão de CO<sub>2</sub>. O uso de energia é mais lógico: quanto maior o consumo de energia, maior a poluição para a produção da mesma.

Os coeficientes para os indicadores ambientais são: área de cobertura florestal (em porcentagem) e área protegida (do total territorial). No modelo por países (MEFG), o coeficiente de “floperc” foi positivo e do “prot” negativo. Já no modelo ao longo do tempo (MEAT) foi o inverso, do “floperc”, negativo, e do “prot”, positivo. Os sinais esperados eram ambos serem negativos.

Podemos notar que os valores mínimos a 5% de significância para o coeficiente do “prot” é -0,06 (MEFG) e -0,02 (MEAT). A área protegida é uma forma de manter a flora e a fauna daquela região, porém isso não explica a redução da Emissão de CO<sub>2</sub>. Quando essas áreas protegidas se referem à áreas florestais, queimada poderia ser um grande gerador de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, porém essa análise já está incorporada em “floperc”. Talvez a existência de áreas protegidas possa significar um aumento da consciência ambiental da sociedade, a ponto de pressionar o Estado para criar áreas de proteção ambiental.

Com relação ao coeficiente de “floperc”, podemos entender da seguinte maneira: a emissão de CO<sub>2</sub> pode ser gerada por queimadas. Quanto mais florestas,

maior o efeito da queimada no aumento da emissão de CO<sub>2</sub> e queimada é um fenômeno natural – que pode ser potencializado por ação antropológica, porém existe mesmo sem sua intervenção. Além disso, esse comportamento pode ter sido estabelecido em função de trocas por créditos de carbono na análise entre os países. Contudo, em termos de evolução no tempo, é bem possível que a área de cobertura florestal tenha diminuído, em termos médio no mundo, quando nesse período houve um acréscimo na emissão de CO<sub>2</sub>.

O coeficiente do Índice de Gini era esperado que fosse positivo para os países. O país com uma distribuição de renda mais igualitária, preocupação social, tende a ter uma maior preocupação ecológica, e com isso fazer com que a Emissão de CO<sub>2</sub> se reduza. Quando o Índice de Gini apresenta valor igual a zero (0), significa completa igualdade na distribuição e um (1), a completa desigualdade. Ao se reduzir o valor do índice, aproxima-se de zero, isto é, melhora a distribuição de renda. No modelo no tempo ele teve esse sinal, e o no modelo por grupo foi estatisticamente igual a zero.

Era esperado que os coeficientes das variáveis de saúde tivessem sinal positivo. Isso porque, quanto mais maior o nível de saúde, mais tempo vive a população e mais poluição ela irá gerar. O Acesso a água potável e Expectativa de vida tiveram esse comportamento esperado. Porém Acesso a saneamento básico teve apenas no modelo por tempo (MEAT). Se analisarmos detalhadamente, mesmo no modelo por países (MEFG), o valor máximo do coeficiente é 0,0005, ou seja, positivo. Na prática, portanto, esse coeficiente tem seu valor próximo a zero.

Com relação as coeficientes de variáveis educacionais, era esperado um sinal negativo. Com o aumento do nível educacional, tende a se aumentar a consciência ambiental e, conseqüentemente, reduzir a poluição gerada. E foi verificado no coeficiente do nível de Matrículas no Ensino Fundamental em ambos modelos. No nível de Alfabetização de adultos ao longo do tempo, também podemos verificar essa situação. Entre os países, porém, esse coeficiente teve sinal positivo. Isso se deve, talvez pelo motivo de o país ser subdesenvolvido e ter baixa produção de riqueza, o que torna baixa a poluição decorrente da produção.

O coeficiente do indicador “matsecbr” é um pouco mais difícil de ser analisado. O mesmo motivo que ocasiona o sinal negativo em Ensino Fundamental deveria reduzir a Emissão de CO<sub>2</sub> com aumento de matrículas no Ensino Médio. Essa condição, porém pode ser ocasionada com o padrão de vida dos países. Para dar oportu-

nidade de se fazer o Ensino Médio, o país tem que ter um nível de produção tal que faz com que o efeito indireto seja aumentar a Emissão de CO<sub>2</sub>.

Os interceptos mudam entre os países, no modelo MEFG. Podemos verificar na Tabela (11) que os coeficientes variam de aproximadamente -10 a +10 (-9,50 para a Indonésia e +7,26 para os EUA). Isso significa que algumas variáveis exógenas omitidas no modelo fazem com que um estadunidense médio emita sete toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Ao comparar-se com outros países com mesmo nível de renda, educacional, de saúde, de distribuição de renda, de áreas protegidas e de área florestal, um menor intercepto significa que aquele país polui menos que outro país equivalente. Existe intercepto negativo, pois essas outras variáveis fazem o nível de poluição aumentar, tornando o resultado final positivo.

Outra análise importante a se fazer é a importância que determinada variável influencia no aumento da poluição por Emissão de CO<sub>2</sub>. Isso é expresso pelo valor da elasticidade daquela variável. Como os países selecionados são muito diferentes entre si, o cálculo da elasticidade deve ser feita para valores médios de cada país. As elasticidades para alguns países podem ser verificados na Tabela (12).

Selecionou-se seis países para a análise da elasticidade, porém a tabela completa encontra-se no Anexo 2 e está disponível para serem feitas inferências da mesma.

Os valores apresentados na tabela estão expressos em percentual. Considerando-se, por exemplo, a elasticidade renda (PIB) do Brasil de 0,25%. Isso significa que para o aumento de 1% no PIB *per capita*, gera-se um aumento de 0,25% no nível de Emissão de CO<sub>2</sub> *per capita*.

Podemos observar que quanto mais desenvolvido é o país (expresso pelo nível de renda), menores são os impactos do PIB, em termos percentuais, na poluição gerada (por exemplo, para 1% de aumento no PIB dos EUA, somente 0,02% de poluição de CO<sub>2</sub> é impactado). Contudo, nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos, o impacto do PIB sobre a emissão de CO<sub>2</sub> é bem mais alto (por exemplo, 0,26% na Zâmbia).

Podemos verificar que a China também tem um nível de poluição de CO<sub>2</sub> *per capita* que é pouco impactada, relativamente, pelo aumento do PIB *per capita*. O aumento da renda chinesa (em torno de 10% ao ano, como verificado na base de dados) é menos preocupante do que pode parecer a primeira vista, para a poluição mundial. A explicação é que, talvez, o aumento da população chinesa esteja diluindo

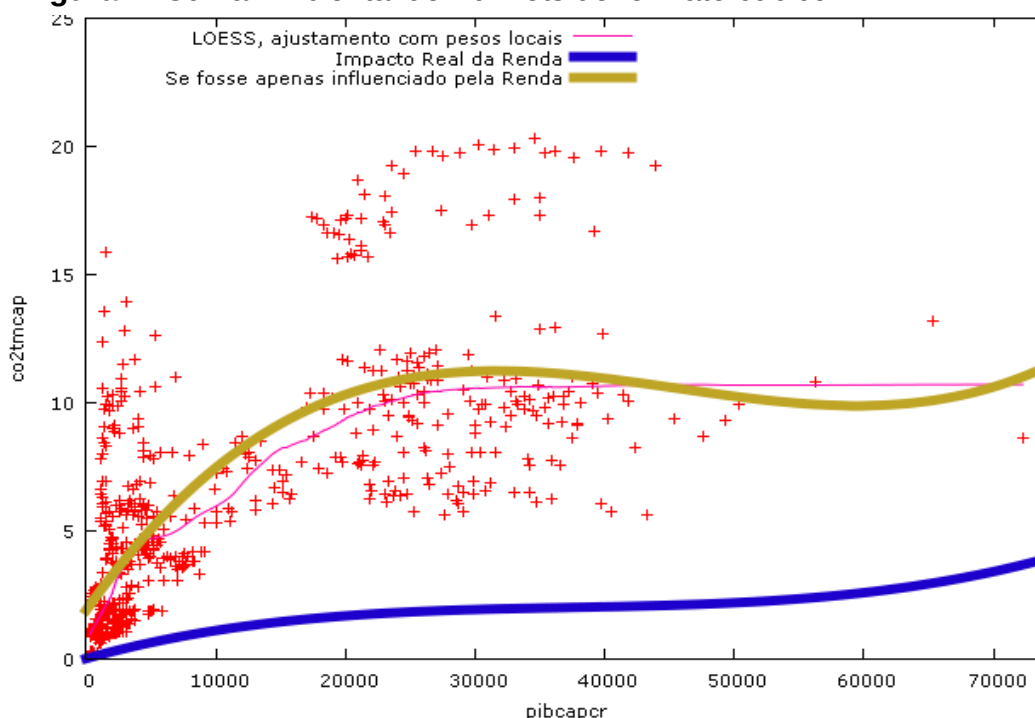
a responsabilidade de cada indivíduo chinês da poluição emitida por esse país.

Nos países desenvolvidos, portanto, quando varia alguma das variáveis explicativas, pouco se altera na emissão de CO<sub>2</sub>. Se há um aumento da renda, menos que 0,1% aumenta-se na poluição, assim como para outras variáveis, pois essas tem elasticidades menores que 0,10. Já nos países em desenvolvimento, os impactos são maiores. Ao considerar, por exemplo, apenas o Brasil, a China e a Zâmbia, em algumas variáveis já é possível encontrar elasticidades maiores que 0,50.

Essa situação chega a um extremo tal que, no país mais subdesenvolvido da amostra, Zâmbia (país da África Subsaariana), tem as seguintes elasticidades: se aumentar 1% a população alfabetizada, aumenta-se mais que 10% a poluição produzida. Ou se aumentar 1% o percentual de áreas protegidas, reduzir-se-á quase 10% o nível de poluição gerada. Portanto, o comportamento das elasticidades é extremamente influenciada pelo nível de desenvolvimento de cada país.

Outra análise que podemos fazer é que as variáveis de Alfabetização, Acesso à Água Potável e Emprego da população são os maiores impactantes negativos para a Emissão de CO<sub>2</sub>. Em contrapartida, as variáveis de Matrículas no Ensino Fundamental, Acesso a Saneamento Básico e Áreas com Proteção Ambiental são as variáveis que mais impactam positivamente no nível de poluição.

**Figura 2:** Curva Ambiental de Kuznets de formato cúbico



Fonte: Elaboração própria com dados do STATA 10.



## 5 CONCLUSÃO

Podemos concluir que a relação entre crescimento econômico e poluição ambiental (Emissão de CO<sub>2</sub>) se comporta segundo a previsão da Curva Ambiental de Kuznets, ou seja, ela tem validade para o período e países analisados. Contudo o modelo usado, torna a CAK uma função cúbica e isso explica o aumento do nível de poluição independente do nível do PIB *per capita*.

Analisando os fatores que podem aumentar a Emissão de CO<sub>2</sub>, notamos que os maiores responsáveis são Alfabetização, Acesso à Água Potável e Emprego da população, e não o nível de renda. Por exemplo, a elasticidade média da Alfabetização é de 1,40 e da Renda *per capita* é de 0,10. Isto é, o impacto da Alfabetização para o aumento da poluição é 14x (catorze vezes) maior que o impacto gerado pela Renda.

Apesar de a variação da Renda pouco impactar no aumento de Emissão de CO<sub>2</sub> – na média, o que menos impacta –, o nível de renda em que se encontra os países influencia enormemente o grau de impacto das variáveis. Para países com nível de renda alto, o aumento da renda pouco impacta no aumento da Emissão de CO<sub>2</sub>. A medida que vai aumentando o nível de renda, a situação se inverte. Em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, o aumento da renda impacta bem mais no aumento da poluição. A ponto que na Zâmbia aumentos de 1% Alfabetização aumenta mais que 10% a poluição gerada.

O modelo encontrado da Curva Ambiental de Kuznets, no formato cúbico (em forma de “N”), mostra que com o aumento do crescimento a poluição aumenta – com exceção de uma faixa de renda onde se reduz sensivelmente a poluição gerada para depois voltar a subir.

Como sugestão, os próximos trabalhos poderiam utilizar o Índice de Desenvolvimento Humano como variável de controle, com vistas a reduzir-se o número de indicadores utilizados. Além disso, pode ser feito estudos dos valores de inflexão da curva “N”.

A teoria da Economia Ambiental sustenta a ideia da CAK representar o sucesso de políticas econômicas que visam unicamente o aumento da renda, em detrimento de políticas ambientais. O comportamento cúbico da CAK refuta essa análise e chega a ficar mais próxima da análise da Economia Ecológica.

Segundo essa teoria, é necessário estudar novas formas de medição, de análise dos modelos, de políticas ambientais, de forma a incorporar a finitude do planeta e dos seus recursos naturais.

É impossível, com a análise da CAK estimada, verificar se alterações de políticas ambientais e sociais, conforme o sugerido pela escola da Economia Ecológica, poderiam gerar realmente resultados sustentáveis.

É impossível, também, verificar a validade dos argumentos do Ecosocialismo de que este é um problema intrínseco do capitalismo, pois não se pode comparar com outros modos de produção, devido a sua inexistência no período analisado.

Além disso, a análise das contradições intrínsecas do capitalismo é obtida por meio de uma metodologia materialista-histórica-dialética (que não usa inferências por gráficos e dados, mas pela dinâmica das relações sociais através do tempo) e não foi essa metodologia utilizada para a validação da CAK.

Portanto, apesar de ser um instrumental muito utilizado na Economia Ambiental, a CAK com formato cúbico – para essa amostra e esse período analisado – refuta a análise da sua escola de origem (neoclássica ambiental), porém não é instrumental suficiente para aceitar as hipóteses das outras duas escolas.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, André Luiz C. de. Introdução à Economia do Meio Ambiente. In: **Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFSC**. Florianópolis: UFSC, 2009.

ANDREONI, James; LEVINSON, Arik. The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve. **NBER Working Paper**, Cambridge, n.6739, 1998.

ARRAES, Ronaldo A.; DINIZ, Marcelo B.; DINIZ, Márcia J. T.. Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.44, n.3, p.525-547, jul./set. 2006 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032006000300008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032006000300008&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em: 16 nov. 2009.

ARROW, K. et al. Economic growth, carrying capacity and the environment. **Science**, v. 268, n.5217, p.520-521,16 jun. 1995.

BALTAGI, B. H.; RAJ, B. A survey of recent theoretical developments in the econometrics of Panel Data. **Empirical Economics**, v.17, p. 85-109, 1992.

\_\_\_\_\_. **Econometric Analysis of Panel Data**. 3th ed. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons, 2005.

BANCO MUNDIAL. **Data The World Bank**. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/>>. Acessado em: 21 nov. 2010. Banco de dados do Banco Mundial.

BARCE, Mariana Sanches. Poluição em Rondônia. **Revista Eletrônica de Ciências**, São Carlos, n.32, abr. 2006 . Disponível em: [http://cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_32/aprendendo4.html](http://cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_32/aprendendo4.html). Acessado em: 3 nov. 2010.

BIAGE, Milton. **Modelo dinâmico para o metabolismo industrial e a obtenção da EKC empírica, utilizando modelos econométricos de painéis** . [Florianópolis: UFSC], 2008.

BRUM, Eron; FORTALEZA, Camila Hildebrand Gazal. Comunicação e Desenvolvimento Sustentável: influência da mídia no comportamento do consumidor. **Revista IMES Comunicação**, São Caetano do Sul, v. 5, n. 10, p. 05-13, jan./jun. 2005. Disponível em: <[http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista\\_comunicacao\\_inovacao/article/view/607/457](http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_comunicacao_inovacao/article/view/607/457)>. Acessado em 30 mai. 2010.

BURKETT, Paul. Capitalization versus socialization of nature. **Capitalism, nature, socialism**, v.6, n.4, p. 92-100, dez. 1995.

CAVALCANTI, Clóvis. Uma tentativa de caracterização da economia ecológica. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v.7, n.1, p.149-158, jun. 2004. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2004000100009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2004000100009&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em: 28 Nov. 2009.

CECHIN, Andrei; VEIGA, José Eli da. O fundamento central da Economia Ecológica. In: May, Peter H. (org.) **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 33-48, 2010.

COLE, M. A. Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. **Ecological Economics**, New York, v. 48, p. 71-81., 2004.

COSTA, Simone S. T. Introdução à economia do meio ambiente. **Análise**, Porto Alegre, v.16, n.2, p. 301-323, ago./dez. 2005. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/2364675/Introducao-a-Economia-do-Meio-Ambiente-COSTA-2005>> . Acessado em: 20 nov. 2010.

COUTO, Maria Socorro Duarte da Silva; TEIXEIRA, Renato Araújo. Uma Análise de Diferentes Questões Relacionadas ao Desenvolvimento Sustentável na Contemporaneidade. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 4, n. 10, p. 215-232, abr. 2010. Disponível em: <<http://200.137.221.132/index.php/atelie/article/view/9916/6776>>. Acessado em 30 mai. 2010.

CUNHA, Cleyzer Adrian. Curva de Kuznets ambiental estimativa econométrica usando CO2 e PIB per capita. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural - SOBER, 2008, Rio Branco. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural - SOBER. Rio Branco : Sober, 2008.

DIEGUES, Antonio Carlos. **Sociedades e comunidades sustentáveis**. São Paulo: USP/NUPAUB, 2003. 7f. Disponível em: <[www.usp.br/nupaub/comsust1.pdf](http://www.usp.br/nupaub/comsust1.pdf)>. Acessado em: 28 Nov. 2009.

DINDA, S. Environmental Kuznets Curve Hypothesis: a survey, **Ecological Economics**, v. 49, p. 431-455, 2004.

DOWBOR, Ladislau. **O debate sobre o PIB: estamos fazendo a conta errada**. 16 abr. 2009. 4f. Disponível em: <<http://dowbor.org/09o%20pib%20que%20v%C3%A1%20para%20fib.doc>>. Acessado em: 28 Nov. 2009.

DUARTE, P. C. ; LAMOUNIER, W. M. ; TAKAMATSU, R. T. . **Modelos econométricos para dados em painel: aspectos teóricos e exemplos de aplicação à pesquisa em contabilidade e finanças**. In: 7o Congresso USP de Controladoria e Contabilidade e 4o Congresso USP de Iniciação Científica em Contabilidade, 2007, São Paulo. Anais do 7o Congresso USP de Controladoria e Contabilidade e 4o Congresso USP de Iniciação Científica em Contabilidade, 2007.

FIGUEIREDO, Ana Maria; LIXA, Ricardo Maia. **Hidroeletricidade: um panorama das questões ambientais, sociais e econômicas que envolvem a geração de energia**. 2009. 122 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental e Negócios do Setor Energético) – Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São

Paulo, 2009.

FOLHA DE SÃO PAULO. Preocupação ambiental cresce devagar, diz estudo. **Folha Online**. São Paulo, 23 maio 2006. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u14656.shtml>>. Acessado em: 16 nov. 2009.

FRANÇA, Ronaldo. Babel em Copenhague. **Revista Veja**, n. 2144, p. 128, 23 dez. 2009. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/231209/babel-copenhague-p-128.shtml>>. Acessado em: 30 mai. 2010.

FURTADO, Celso. **O mito do desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996. Coleção Leitura.

GIANSANTI, Roberto. **O Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. 4. ed. São Paulo: Atual, 1998.

GOLDEMBERG, J. et al. Estudos Avançados. **Dossiê Energia**, São Paulo, v.21, n.59, jan./abr. 2007.

GOMES, Filipe Anselmo. **Base de dados**. Disponível em: <[http://www.4shared.com/file/GuWkOg2J/Data\\_Gomes\\_2010.html](http://www.4shared.com/file/GuWkOg2J/Data_Gomes_2010.html)>. Acessado em: 22 nov. 2010.

GREENPEACE. **Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas - 4º Relatório de Avaliação**. [S. l.: s.n.], 2007. Disponível em: <[http://www.greenpeace.org/brasil/documentos/clima/greenpeacebr\\_070403\\_clima\\_relatorio\\_IPCC\\_avaliacao\\_mudancas\\_climaticas\\_port\\_v1](http://www.greenpeace.org/brasil/documentos/clima/greenpeacebr_070403_clima_relatorio_IPCC_avaliacao_mudancas_climaticas_port_v1)>. Acessado em: 28 nov. 2009.

GRIFFITHS, W. E., HILL, R. C. e JUDGE, G. G. **Learning and Practicing Econometrics**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1993.

GROSSMAN, Gene M.; KRUEGER, Alan B. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. **National Bureau of Economic Research Working Papers**, Cambridge, n.3914, nov. 1991.

\_\_\_\_\_. Economic growth and the environment. **Quarterly Journal of Economics**, Cambridge, v.110, n.2, p. 353-377, maio 1995. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2118443>>. Acessado em: 07 nov. 2010.

GUJARATI, Damodar N. **Econometria Básica**. trad. 4th. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. Tradução de: Maria José Cyhlar Monteiro.

HSIAO, Cheng. **Analysis of Panel Data**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Países @**. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/paisesat/>>. Acessado em: 21 nov. 2010.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Genebra: IPCC, 2007. Disponível em: <[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_synthesis\\_report.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm)>. Acessado em: 30 nov. 2009.

LATOUCHE, Serge. O decrescimento como condição de uma sociedade convivial. **Cadernos IHU Ideias**, São Leopoldo/RS, v.4, n.56, p.1-14, 2006. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/uploads/publicacoes/edicoes/1165422469.05pdf.pdf>> Acessado em: 24 nov. 2009.

LEFF, Enrique. Decréscimo ou desconstrução da economia. **Terramérica**, 18 ago. 2008. Disponível em: <<http://www.tierramerica.info/nota.php?lang=port&idnews=2901>>. Acessado em 30 mai. 2010.

LENIN, Vladimir Ilitch. **O imperialismo: fase superior do capitalismo**. São Paulo: Global, 1985.

LI, Hui; GRIJALVA, Therese; BERRENS, Robert P. Economic growth and environmental quality: a meta-analysis of environmental Kuznets curve studies. **Economic Bulletin**, v.17, n.5, p. 1-11, 2007. Disponível em: <<http://economicsbulletin.vanderbilt.edu/2007/volume17/EB-06Q20005A.pdf> >. Acessado em 27 out. 2010.

LISBOA, Armando de Melo. **Transformando Escassez em Abundância. Socioeconomia solidária, uma ciência das riquezas**. Disponível em: <[http://www.4shared.com/file/141750070/7b079812/LISBOA\\_Transformando\\_Escaszez\\_em\\_Abundncia.html](http://www.4shared.com/file/141750070/7b079812/LISBOA_Transformando_Escaszez_em_Abundncia.html)> Acessado em: 18 out 2009.

LÖWY, Michael. **Ecologia e Socialismo**. São Paulo: Cortez, 2005. (Coleção questões da nossa época; v.125)

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

MADDALA, G.S. **Introdução à Econometria**. 3a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001

MARQUES, Gilberto. **Meio ambiente: socialismo ou catástrofe ambiental**. Disponível em: <[http://www.pstu.org.br/nacional\\_materia.asp?id=9623&ida=33](http://www.pstu.org.br/nacional_materia.asp?id=9623&ida=33)> Acessado em 30 nov. 2009.

MARQUES, Luís David. **Modelos dinâmicos com dados de painel: revisão de literatura**. Working Paper, Porto, Portugal: Faculdade de Economia do Porto, 2000.

MARTÍNEZ ALIER, Joan. **Da economia ecológica ao ecologismo popular**. Blumenau: FURB, 1998.

MARX, Karl. **O Capital: crítica da economia política**. 25ª ed. São Paulo: Civilização Brasileira, 2008. Livro 1, Volume 1. Tradutor: Reginaldo Sant'Anna.

MONTIBELLER-FILHO, Gilberto. **O mito do desenvolvimento sustentável: Meio**

ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias. 3. ed. rev. e atual. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2008.

NOGUEIRA, Alexandre Studart. **Padrão de concorrência e estrutura competitiva da indústria suinícola catarinense**. 1998. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Unstats Millennium Indicators**. Disponível em: <<http://unstats.un.org/unsd/mdg/>>. Acessado em: 21 nov. 2010 (a).

\_\_\_\_\_. **Millennium Development Goals Report 2010**. Nova Iorque, EUA: ONU, 2010 (b). Disponível em: <[http://unstats.un.org/unsd/mdg/Resources/Static/Products/Progress2010/MDG\\_Report\\_2010\\_En.pdf](http://unstats.un.org/unsd/mdg/Resources/Static/Products/Progress2010/MDG_Report_2010_En.pdf)>. Acessado em: 21 nov. 2010.

PENIDO, J. **O Relatório Stiglitz-Sarkozy**. Disponível em: <<http://amarnatureza.org.br/site/o-relatorio-stiglitz-sarkozy,15626/>>. Acessado em: 28 nov. 2009.

PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. **Microeconomia**. 6a. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

PRADO, T. **Comissão Stiglitz-Sen-Fitoussi**: como medir desempenho econômico e social. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/comissao-stiglitz-sen-fitoussi-pib-489751.shtml>>. Acessado em: 29 nov. 2009.

RATIER, Rodrigo. Quais foram os maiores desastres ecológicos do mundo? **Mundo Estranho**. Disponível em: <[http://mundoestranho.abril.com.br/ambiente/pergunta\\_286767.shtml](http://mundoestranho.abril.com.br/ambiente/pergunta_286767.shtml)>. Acessado em 30 mai. 2010.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: May, Peter H. (org.) **Economia do Meio Ambiente**: teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 03-31, 2010.

SALVATO, Márcio Antônio *et al.* Crescimento e desigualdade: evidências da Curva de Kuznets para os Municípios de Minas Gerais – 1991/2000. **Revista Economia & Gestão**, Belo Horizonte, v.6, n.13, 2006. Disponível em: <[www.ceae.ibmecmg.br/wp/wp33.pdf](http://www.ceae.ibmecmg.br/wp/wp33.pdf)>. Acessado em: 07 nov. 2010.

SELDEN, Thomas M.; SONG, Daqing. Environmental Quality and Development: is there a Kuznets Curve for air Pollution Emission?. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 27, p.147-162, 1994.

SILVA, Christian Luiz da. **Economia Ambiental**. 2008. Disponível em: <<http://www.corecon-pr.org.br/pdf/EconomiaAmbiental.pdf>> Acessado em: 29 nov. 2009.

SOARES, João Ricardo. Quando o Estado de direito é a propriedade privada. In: FELIPPE, William (org.). **O Estado burguês e a revolução socialista**. 2. ed. São Paulo: Instituto José Luís e Rosa Sundermann, 2008, p. 64-71.

STERN, David I.. The Environmental Kuznets Curve. **Online Encyclopedia of Ecological Economics**, jun. 2003. Disponível em: <<http://www.ecoeco.org/pdf/stern.pdf>>. Acessado em: 20 nov. 2010.

\_\_\_\_\_. The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. **World Development**, v. 32, n. 8, p. 1419-1439, 2004

STERN, Nicholas. **The Economics of Climate Changes**: The Stern Review. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: <[http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_report.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm)>. Acessado em: 28 nov. 2009.

STIGLITZ, J. E.; SEN, A.; FITOUSSI, J. P. **Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress**. Disponível em: <[http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport\\_anglais.pdf](http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport_anglais.pdf)>. Acessado em: 29 nov. 2009.

SURI, V; CHAPMAN, D. Economic growth, trade and the energy: Implications for the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, New York, v.25, p. 195-208, 1998.

TORRES-REYNA, Oscar. **Panel data analysis: fixed & random effects**. Ver. 3.0. [Princeton (NJ), EUA: Princeton University], 2010. Disponível em: <<http://dss.princeton.edu/training/Panel101.pdf>>. Acessado em 21 nov. 2010.

WEESIE, Jeroen. Regression analysis with multiplicative heteroscedascity. In: NEWTON, H. J. (editor). **Stata Technical Bulletin**, n.42, p. 28-32, mar. 1998. Disponível em: <<http://www.stata.com/products/stb/journals/stb42.pdf>>. Acessado em: 20 nov. 2010.

WILLIAMS, Richard. **Heteroskedacity**. [Notre Dame (IN), EUA: UN], 2009. Material didático para o curso de Sociologia, do semestre de primavera/2009. Disponível em: <<http://www.nd.edu/~rwilliam/stats2/l25.pdf>>. Acessado em 20 nov. 2010.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. Cambridge (MA), EUA: MIT Press, 2002.



## ANEXOS

### Anexo 1: Modelos Ejecutados

#### Modelo MQO restringido (pooled)

```
. xtgls co2tmcap pibcapcr pibcapcr2 pibcapcr3 floperc prot empleo energia gini
agua sanea vida afbadt matpribr matsecb r, i(PAIS) panels(heteroskedastic)
force
```

Cross-sectional time-series FGLS regression

Coefficients: generalized least squares  
Panels: heteroskedastic  
Correlation: no autocorrelation

Estimated covariances	=	38	Number of obs	=	551
Estimated autocorrelations	=	0	Number of groups	=	38
Estimated coefficients	=	15	Obs per group: min	=	3
			avg	=	14.5
			max	=	16
			Wald chi2(12)	=	1935.34
			Prob > chi2	=	0.0000

co2tmcap	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
pibcapcr	.0006204	.0000376	16.48	0.000	.0005466	.0006941
pibcapcr2	-1.63e-08	1.62e-09	-10.04	0.000	-1.95e-08	-1.31e-08
pibcapcr3	1.30e-13	2.10e-14	6.20	0.000	8.90e-14	1.71e-13
floperc	-.0135058	.0027407	-4.93	0.000	-.0188775	-.0081341
prot	.006904	.0045304	1.52	0.128	-.0019753	.0157834
empleo	.0629782	.0123861	5.08	0.000	.0387019	.0872544
energia	.0143514	.0009075	15.81	0.000	.0125727	.0161301
gini	-.002705	.0116759	-0.23	0.817	-.0255892	.0201793
agua	.089754	.0146487	6.13	0.000	.061043	.1184649
sanea	.0172604	.0065953	2.62	0.009	.0043338	.030187
vida	.001393	.0216809	0.06	0.949	-.0411008	.0438868
afbadt	.0143081	.0095484	1.50	0.134	-.0044064	.0330227
matpribr	-.0255929	.0084572	-3.03	0.002	-.0421688	-.0090171
matsecbr	.008183	.0052232	1.57	0.117	-.0020543	.0184204
_cons	-12.72317	1.840637	-6.91	0.000	-16.33075	-9.115588

## Modelo de Efeitos Fixos por Grupo

```
. xtgls co2tmcap d2-d40 pibcapcr pibcapcr2 pibcapcr3 floperc prot emprego
energia gini agua sanea vida afdadt matpibr matsecbr, i(PAIS)
panels(heteroskedastic) force
```

Cross-sectional time-series FGLS regression

Coefficients: generalized least squares  
Panels: heteroskedastic  
Correlation: no autocorrelation

Estimated covariances	=	38	Number of obs	=	551
Estimated autocorrelations	=	0	Number of groups	=	38
Estimated coefficients	=	52	Obs per group: min	=	3
			avg	=	14.5
			max	=	16
			Wald chi2(49)	=	48792.68
			Prob > chi2	=	0.0000

co2tmcap	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
d2	11.4172	.2670246	42.76	0.000	10.89384 11.94056
d3	-2.493934	.4515992	-5.52	0.000	-3.379053 -1.608816
d4	-1.660404	.3570558	-4.65	0.000	-2.36022 - .9605875
d5	1.360038	.3018583	4.51	0.000	.7684063 1.951669
d6	9.619444	.3570068	26.94	0.000	8.919723 10.31916
d7	-1.431483	.3360447	-4.26	0.000	-2.090118 - .772847
d8	-1.436326	.3565694	-4.03	0.000	-2.135189 - .7374627
d9	.1722965	.3210313	0.54	0.591	-.4569132 .8015062
d10	4.330836	.4101674	10.56	0.000	3.526923 5.134749
d11	-.8700709	.2426536	-3.59	0.000	-1.345663 - .3944785
d12	.1323316	.3700147	0.36	0.721	-.5928838 .8575471
d13	-1.136233	.2031345	-5.59	0.000	-1.53437 - .7380969
d14	3.546376	.6129275	5.79	0.000	2.34506 4.747692
d15	1.305786	.2886721	4.52	0.000	.7399996 1.871573
d16	6.772524	.3892747	17.40	0.000	6.009559 7.535488
d17	3.264707	.259893	12.56	0.000	2.755326 3.774087
d18	1.561739	.2416635	6.46	0.000	1.088087 2.035391
d19	-1.62181	.4344724	-3.73	0.000	-2.47336 - .7702595
d20	-3.117708	.3473495	-8.98	0.000	-3.7985 -2.436915
d21	2.7388	.2954432	9.27	0.000	2.159742 3.317858
d22	2.654232	.5050803	5.26	0.000	1.664292 3.644171
d23	4.806151	.5834902	8.24	0.000	3.662531 5.949771
d24	-1.260709	.2013276	-6.26	0.000	-1.655304 - .8661143
d26	.1560887	.2185744	0.71	0.475	-.2723092 .5844866
d27	5.875433	.2547796	23.06	0.000	5.376074 6.374792
d28	1.692475	.4544409	3.72	0.000	.8017872 2.583163
d29	-2.520651	.3205868	-7.86	0.000	-3.14899 -1.892312
d30	-3.106259	.1986389	-15.64	0.000	-3.495584 -2.716934
d32	.4676655	.2390587	1.96	0.050	-.0008808 .9362119
d33	4.278651	.4834075	8.85	0.000	3.33119 5.226113
d34	2.166956	.291617	7.43	0.000	1.595397 2.738515
d35	-1.608609	.5180917	-3.10	0.002	-2.62405 - .5931676
d36	.9380276	.3018598	3.11	0.002	.3463933 1.529662
d37	4.617425	.2355503	19.60	0.000	4.155755 5.079095
d38	13.64048	.2854958	47.78	0.000	13.08092 14.20004
d39	4.400097	.5661981	7.77	0.000	3.290369 5.509825
d40	-2.226921	.5411169	-4.12	0.000	-3.28749 -1.166351
pibcapcr	.0001412	.0000231	6.11	0.000	.0000959 .0001865
pibcapcr2	-3.53e-09	7.98e-10	-4.42	0.000	-5.09e-09 -1.96e-09

pibcapcr3		3.15e-14	9.64e-15	3.26	0.001	1.26e-14	5.04e-14
floperc		.028885	.0071316	4.05	0.000	.0149073	.0428627
prot		-.0498897	.0067641	-7.38	0.000	-.0631471	-.0366324
emprego		.0438529	.0077826	5.63	0.000	.0285993	.0591066
energia		.0054293	.0008147	6.66	0.000	.0038326	.007026
gini		-.0096675	.0065862	-1.47	0.142	-.0225762	.0032413
agua		.039426	.0101539	3.88	0.000	.0195247	.0593274
sanea		-.0133151	.0070586	-1.89	0.059	-.0271498	.0005195
vida		.0098676	.0057643	1.71	0.087	-.0014302	.0211654
afbadt		.0399231	.0070521	5.66	0.000	.0261012	.053745
matpibr		-.0110558	.0037319	-2.96	0.003	-.0183702	-.0037415
matsecbr		.0072254	.0019701	3.67	0.000	.0033641	.0110867
_cons		-6.381878	.9439088	-6.76	0.000	-8.231905	-4.53185

---

## Modelo de Efeitos Fixos no Tempo

```
. xtgls co2tmcap dt2-dt16 pibcapcr pibcapcr2 pibcapcr3 floperc prot emprego
energia gini agua sanea vida afbadt matprib r matsecbr, i(PAIS)
panels(heteroskedastic) force
```

Cross-sectional time-series FGLS regression

Coefficients: generalized least squares  
Panels: heteroskedastic  
Correlation: no autocorrelation

Estimated covariances	=	38	Number of obs	=	551
Estimated autocorrelations	=	0	Number of groups	=	38
Estimated coefficients	=	30	Obs per group: min	=	3
			avg	=	14.5
			max	=	16
			Wald chi2(27)	=	2159.89
			Prob > chi2	=	0.0000

co2tmcap	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
dt2	-.2952814	.2315539	-1.28	0.202	-.7491187 .1585559
dt3	-.213116	.231753	-0.92	0.358	-.6673435 .2411115
dt4	-.3765709	.2332331	-1.61	0.106	-.8336993 .0805575
dt5	-.5938514	.2368274	-2.51	0.012	-1.058025 -.1296782
dt6	-.4655251	.2323018	-2.00	0.045	-.9208283 -.010222
dt7	-.5855507	.230621	-2.54	0.011	-1.03756 -.1335418
dt8	-.7124529	.2306439	-3.09	0.002	-1.164507 -.260399
dt9	-1.1017	.2316688	-4.76	0.000	-1.555763 -.6476377
dt10	-.9688636	.232168	-4.17	0.000	-1.423905 -.5138227
dt11	-.9807088	.2329889	-4.21	0.000	-1.437359 -.5240591
dt12	-1.101266	.2338457	-4.71	0.000	-1.559595 -.6429367
dt13	-1.235437	.2382498	-5.19	0.000	-1.702398 -.7684758
dt14	-1.310111	.2459976	-5.33	0.000	-1.792258 -.827965
dt15	-1.542786	.2580788	-5.98	0.000	-2.048611 -1.036961
dt16	-1.681105	.2699647	-6.23	0.000	-2.210226 -1.151984
pibcapcr	.0004883	.0000409	11.93	0.000	.0004081 .0005685
pibcapcr2	-1.10e-08	1.74e-09	-6.35	0.000	-1.44e-08 -7.63e-09
pibcapcr3	7.80e-14	2.23e-14	3.50	0.000	3.43e-14 1.22e-13
floperc	-.0185661	.0028227	-6.58	0.000	-.0240985 -.0130336
prot	.0126695	.0039416	3.21	0.001	.0049441 .0203949
emprego	.0559194	.0122161	4.58	0.000	.0319763 .0798626
energia	.0138094	.000902	15.31	0.000	.0120414 .0155773
gini	.013766	.0116378	1.18	0.237	-.0090437 .0365757
agua	.0908803	.0133045	6.83	0.000	.064804 .1169566
sanea	.0060153	.0062592	0.96	0.337	-.0062525 .0182831
vida	.0455744	.0210297	2.17	0.030	.0043568 .0867919
afbadt	.0338358	.0096745	3.50	0.000	.0148741 .0527974
matprib	-.0309669	.0080801	-3.83	0.000	-.0468036 -.0151303
matsecbr	.0119827	.0046865	2.56	0.011	.0027973 .0211682
_cons	-15.35172	1.752058	-8.76	0.000	-18.78569 -11.91775

## Modelo de Efeitos Aleatórios por Grupo

```
. xtreg co2tmcap pibcapcr pibcapcr2 pibcapcr3 floperc prot emprego energia gini
agua sanea vida afbadt matpribr matsecb r, re i(PAIS)
```

```
Random-effects GLS regression           Number of obs   =       551
Group variable: PAIS                   Number of groups =        38
```

```
R-sq:  within = 0.2435                   Obs per group:  min =         3
      between = 0.5866                      avg =       14.5
      overall = 0.6061                      max =        16
```

```
Random effects u_i ~ Gaussian           Wald chi2(14)   =      188.49
corr(u_i, X) = 0 (assumed)              Prob > chi2     =       0.0000
```

co2tmcap	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
pibcapcr	.0002667	.0000419	6.37	0.000	.0001847 .0003487	
pibcapcr2	-6.48e-09	1.20e-09	-5.41	0.000	-8.83e-09 -4.13e-09	
pibcapcr3	5.60e-14	1.08e-14	5.18	0.000	3.48e-14 7.72e-14	
floperc	.0326049	.0159996	2.04	0.042	.0012463 .0639636	
prot	-.0765174	.0140572	-5.44	0.000	-.1040691 -.0489657	
emprego	.0407079	.0144224	2.82	0.005	.0124405 .0689754	
energia	.0077922	.000897	8.69	0.000	.0060341 .0095503	
gini	-.0144199	.0156072	-0.92	0.356	-.0450094 .0161696	
agua	.0488026	.0214084	2.28	0.023	.006843 .0907623	
sanea	.0011389	.0162676	0.07	0.944	-.0307449 .0330227	
vida	.0081004	.0093366	0.87	0.386	-.0101991 .0263999	
afbadt	.0485021	.0179205	2.71	0.007	.0133787 .0836256	
matpribr	-.0229969	.0081646	-2.82	0.005	-.0389992 -.0069945	
matsecbr	.0085331	.0038952	2.19	0.028	.0008986 .0161675	
_cons	-6.96949	2.113621	-3.30	0.001	-11.11211 -2.826869	
sigma_u	2.6538574					
sigma_e	.60267123					
rho	.95095812	(fraction of variance due to u_i)				

## Modelo de Efeitos Aleatórios no Tempo

```
. xtreg co2tmcap pibcapcr pibcapcr2 pibcapcr3 floperc prot emprego energia gini
agua sanea vida afbadt matpribr matsecb r, re i(ANO)
```

```
Random-effects GLS regression           Number of obs   =       551
Group variable: ANO                    Number of groups =        16

R-sq:  within = 0.7833                  Obs per group:  min =        30
      between = 0.4424                      avg =       34.4
      overall  = 0.7788                      max =        36

Random effects u_i ~ Gaussian           Wald chi2(14)    =    1542.14
corr(u_i, X) = 0 (assumed)              Prob > chi2      =      0.0000
```

co2tmcap	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
pibcapcr	.000617	.0000701	8.81	0.000	.0004797	.0007543
pibcapcr2	-1.54e-08	2.76e-09	-5.57	0.000	-2.08e-08	-9.96e-09
pibcapcr3	1.14e-13	2.95e-14	3.85	0.000	5.58e-14	1.71e-13
floperc	-.0185704	.0063942	-2.90	0.004	-.0311027	-.006038
prot	.0017906	.0109366	0.16	0.870	-.0196447	.023226
emprego	.1210748	.0243567	4.97	0.000	.0733365	.1688131
energia	.0154616	.0012812	12.07	0.000	.0129505	.0179726
gini	.0965672	.0188636	5.12	0.000	.0595952	.1335393
agua	.1672042	.0231455	7.22	0.000	.1218398	.2125686
sanea	.0290551	.0135665	2.14	0.032	.0024653	.0556448
vida	.016087	.0279701	0.58	0.565	-.0387335	.0709074
afbadt	-.0096904	.01969	-0.49	0.623	-.0482822	.0289014
matpribr	-.0763754	.0159129	-4.80	0.000	-.1075641	-.0451867
matsecbr	.0063983	.0084184	0.76	0.447	-.0101014	.0228981
_cons	-21.1896	2.527885	-8.38	0.000	-26.14416	-16.23503
sigma_u	0					
sigma_e	2.4227241					
rho	0	(fraction of variance due to u_i)				

## Anexo 2: Elasticidade da Emissão de CO2 em das Variáveis Explanatórias

PAÍS	FLOPERC	PROT	EMPREGO	ENERGIA	PIBCAPCR	GINI
1 Argentina	0,09	-0,08	0,64	0,23	0,17	-0,13
2 Austrália	0,04	-0,03	0,15	0,06	0,04	-0,02
3 Bolívia	1,47	-0,81	2,63	0,76	0,12	-0,49
4 Brasil	0,96	-0,50	1,52	0,42	0,25	-0,32
5 Bulgária	0,15	-0,07	0,31	0,31	0,04	-0,05
6 Canada	0,06	-0,02	0,16	0,09	0,04	-0,02
7 China	0,18	-0,22	1,11	0,74	0,04	-0,14
8 Colômbia	1,02	-0,81	1,59	0,38	0,19	-0,35
9 Croácia	0,24	-0,06	0,45	0,20	0,13	-0,06
10 Dinamarca	0,03	-0,02	0,26	0,07	0,03	-0,02
11 Equador	0,65	-0,31	1,27	0,32	0,12	-0,27
12 Egito	0,00	-0,14	1,06	0,53	0,08	-0,18
13 El Salvador	0,51	-0,05	2,76	0,79	0,28	-0,54
14 Finlândia	0,19	-0,04	0,21	0,12	0,05	-0,02
15 França	0,12	-0,09	0,32	0,13	0,08	-0,05
16 Alemanha	0,09	-0,22	0,22	0,07	0,05	-0,03
17 Grécia	0,10	-0,02	0,26	0,08	0,11	-0,04
18 Hungria	0,11	-0,05	0,35	0,19	0,11	-0,05
19 Índia	0,59	-0,21	2,30	1,33	0,06	-0,32
20 Indonésia	1,28	-0,22	2,17	1,11	0,10	-0,30
21 Itália	0,12	-0,03	0,25	0,08	0,09	-0,04
22 Japão	0,20	-0,04	0,27	0,08	0,04	-0,02
23 Cazaquistão	0,00	-0,01	0,25	0,29	0,02	-0,03
24 Letônia	0,25	-0,16	0,68	0,38	0,12	-0,09
25 Lituânia	0,22	-0,07	0,54	0,34	0,10	-0,07
26 México	0,24	-0,07	0,61	0,18	0,14	-0,12
27 Holanda	0,03	-0,07	0,23	0,08	0,05	-0,03
28 Noruega	0,10	-0,02	0,32	0,09	0,05	-0,03
29 Peru	1,44	-0,35	2,55	0,43	0,25	-0,44
30 Filipinas	0,92	-0,16	2,92	1,18	0,15	-0,48
31 Polônia	0,10	-0,13	0,25	0,16	0,06	-0,04
32 Romênia	0,17	-0,09	0,52	0,29	0,06	-0,06
33 Rússia	0,13	-0,04	0,23	0,25	0,03	-0,04
34 Espanha	0,13	-0,06	0,28	0,09	0,12	-0,05
35 Suécia	0,32	-0,06	0,43	0,19	0,07	-0,04
36 Tunísia	0,08	-0,03	0,90	0,40	0,14	-0,20
37 Reino Unido	0,03	-0,08	0,27	0,08	0,06	-0,04
38 EUA	0,05	-0,04	0,14	0,06	0,02	-0,02
39 Venezuela	0,27	-0,53	0,39	0,21	0,07	-0,07
40 Zâmbia	7,89	-9,18	11,66	13,82	0,26	-2,20

PAÍS	AGUA	SANEA	VIDA	AFBADT	MATPRIBR	MATSECBR
1 Argentina	0,99	-0,31	0,19	1,02	-0,33	0,16
2 Austrália	0,23	-0,08	0,04	0,23	-0,06	0,06
3 Bolívia	2,89	-0,46	0,56	3,09	-1,13	0,47
4 Brasil	1,97	-0,56	0,39	1,94	-0,89	0,36
5 Bulgária	0,63	-0,21	0,11	0,63	-0,18	0,11
6 Canada	0,24	-0,08	0,05	0,24	-0,07	0,05
7 China	1,04	-0,26	0,24	1,18	-0,43	0,14
8 Colômbia	2,29	-0,62	0,45	2,31	-0,81	0,32
9 Croácia	0,85	-0,29	0,14	0,85	-0,22	0,14
10 Dinamarca	0,38	-0,13	0,07	0,39	-0,11	0,08
11 Equador	1,74	-0,54	0,37	1,84	-0,67	0,21
12 Egito	2,19	-0,45	0,38	1,38	-0,60	0,31
13 El Salvador	3,35	-1,17	0,75	3,46	-1,30	0,43
14 Finlândia	0,35	-0,12	0,07	0,35	-0,10	0,08
15 França	0,59	-0,20	0,12	0,60	-0,18	0,12
16 Alemanha	0,37	-0,13	0,07	0,38	-0,11	0,07
17 Grécia	0,49	-0,16	0,10	0,47	-0,13	0,08
18 Hungria	0,67	-0,23	0,12	0,69	-0,19	0,12
19 Índia	2,89	-0,26	0,54	2,07	-1,01	0,30
20 Indonésia	2,39	-0,55	0,52	2,76	-1,01	0,32
21 Itália	0,51	-0,17	0,10	0,51	-0,15	0,09
22 Japão	0,40	-0,13	0,08	0,40	-0,11	0,07
23 Cazaquistão	0,35	-0,12	0,06	0,37	-0,10	0,06
24 Letônia	1,14	-0,30	0,20	1,16	-0,31	0,19
25 Lituânia			0,16	0,93	-0,26	0,16
26 México	0,87	-0,23	0,17	0,86	-0,30	0,12
27 Holanda	0,36	-0,12	0,07	0,36	-0,11	0,08
28 Noruega	0,46	-0,16	0,09	0,47	-0,13	0,10
29 Peru	2,92	-0,78	0,63	3,22	-1,22	0,54
30 Filipinas	3,90	-1,03	0,76	4,14	-1,34	0,62
31 Polónia			0,09	0,47	-0,13	0,08
32 Romênia	0,69	-0,20	0,15	0,81	-0,23	0,13
33 Rússia	0,35	-0,11	0,06	0,37	-0,11	0,06
34 Espanha	0,56	-0,19	0,11	0,55	-0,17	0,12
35 Suécia	0,65	-0,22	0,13	0,65	-0,19	0,15
36 Tunísia	1,75	-0,53	0,36	1,34	-0,63	0,25
37 Reino Unido	0,41	-0,14	0,08	0,42	-0,12	0,08
38 EUA	0,20	-0,07	0,04	0,20	-0,06	0,03
39 Venezuela	0,58	-0,19	0,11	0,60	-0,19	0,07
40 Zâmbia	9,54	-2,83	1,97	12,12	-4,56	0,83



### **Anexo 3: Informações Detalhadas dos Indicadores Utilizados Durante o Trabalho**

Os dados de Emissão de dióxido de carbono são aqueles originados da queima de combustíveis fósseis e da fabricação de cimento. Ainda inclui a produção emitida durante o consumo de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos ou em explosões gasosas. São pesquisados pelo Centro de Análises e Informações sobre Dióxido de Carbono (CDIAC), da Divisão de Ciências Ambientais, do Laboratório Nacional Oak Ridge (Tennessee – EUA), ligado ao Departamento de Energia dos EUA. (BANCO MUNDIAL, 2010)

Os dados de área florestal consideram “área florestal”: o terreno coberto por árvores nativas ou plantadas com no mínimo cinco metros, produtivas ou não, e excluídas árvores para produção agrícola (por exemplo, pomares e sistemas agroflorestais), além de árvores em parques urbanos ou jardins. São pesquisados pela Organização da ONU para a Alimentação e Agricultura (FAO). (BANCO MUNDIAL, 2010)

O indicador de Consumo de Todas as Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio monitora a redução de Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio (ODSs) estabelecidas no Protocolo de Montreal. As unidades são mensuradas em toneladas de ODS ponderadas pela Capacidade de Destruição da Camada de Ozônio (ODP), referenciadas em toneladas de ODP. É pesquisado pelo Programa ambiental da ONU (UNEP). (ONU, 2010a)

O problema de concentração de partículas refere-se à fina partícula suspensa de menos de 10 micrômetros de diâmetro (PM10). Ela é capaz de penetrar profundamente no sistema respiratório e causar danos significativos na saúde. Dados por países e agregados por regiões e grupos de renda são os níveis de PM10 em áreas residenciais da área urbana de cidades com mais de 100.000 habitantes. As estimativas representam ao nível médio anual de exposição à essas partículas ao ar livre das áreas residenciais urbanas. O estado da tecnologia e controle de poluição de cada país é determinante na medição do PM10. É pesquisado com base no Modelo Global de Partículas Ambientais (GMAPS) pelo Grupo de Pesquisa para Desenvolvimento e Departamento Ambiental do Banco Mundial. (BANCO MUNDIAL, 2010)

O indicador Áreas Protegidas contra o Total Territorial (%) considera as áreas protegidas terrestres e marinhas (mais de 12 milhas náuticas da costa). A União In-

ternacional para Conservação da Natureza (UICN) define uma área protegida como um espaço geográfico definido claramente, reconhecido, dedicado e administrado legalmente, com vistas a conservação no longo prazo da Natureza em associação com serviços ecossistêmicos e valores culturais. É pesquisado pelo Programa ambiental da ONU e o Centro de Monitoramento e Conservação Mundial (UNEP-WCMC), como compilação do Instituto de Recursos Mundiais, baseado em dados das autoridades nacionais, legislações nacionais e acordos internacionais. (ONU, 2010a)

A Taxa de população empregada é uma proporção da população economicamente ativa que está empregada. Empregado é definido como uma pessoa de idade adequada que realiza algum trabalho, no período observado, por um salário ou lucro (ou pagamento em espécie), ou temporariamente ausente do trabalho por motivo de doença, maternidade (ou paternidade), feriado, treinamento ou disputa industrial. Trabalhadores familiares não-pagos que trabalham pelo menos uma hora são incluídos na contagem de empregados, embora muitos países ampliam para mais de uma hora para esta definição. É pesquisado pelo grupo de Indicadores-chave do Mercado de Trabalho (KILM) da Organização Internacional do Trabalho (OIT). (ONU, 2010a)

Uso de Energia pelo PIB (PPP) é o quilograma de óleo equivalente de energia usada pelo PIB constante (PPP). Uso de energia refere-se ao uso de energia primária antes da transformação para outros combustíveis pronto para uso, que é igual a produção interna mais importações e variações de estoque, menos exportações e combustíveis utilizados em navios e aeronaves usados no transporte internacional. É pesquisado pela Agência de Energia Internacional da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (IEA – OECD). (BANCO MUNDIAL, 2010)

PIB a preços ao consumidor é a soma do valor bruto adicionado por todos os produtores locais na economia mais quaisquer taxas de produto e menos quaisquer subsídios não incluídos no valor dos produtos. É calculado sem fazer deduções das depreciações de capital ou redução e degradação dos recursos naturais. Todos os indicadores de PIB e PNB são pesquisados usando os dados das Contas Nacionais do Banco Mundial e dados da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD). Já a PPP, utiliza a Base de Dados do Programa de Comparação Internacional do Banco Mundial. (BANCO MUNDIAL, 2010)

Os dados que são constantes a dólares estadunidenses, foram convertido das contas domésticas usando a taxa de transações oficial do ano de referência. Para alguns poucos países, onde essa taxa não reflete a taxa realmente aplicada às transa-

ções externas, um fator alternativo foi usado para conversão. (BANCO MUNDIAL, 2010)

PIB PPP é o produto interno bruto convertido ao dólar internacional usando as taxas de paridade de poder de compra. O dólar internacional tem o mesmo poder de compra sobre o PIB quanto um dólar estadunidense nos EUA. PIB per capita é o produto interno bruto dividido pela população da metade do ano. (BANCO MUNDIAL, 2010)

PNB per capita é a renda nacional bruta, convertida a dólares estadunidense, usando o método Atlas do Banco Mundial, dividido pela população da metade do ano. PNB é a soma do valor adicionado por todos os produtores locais na economia mais quaisquer taxas de produto (menos subsídios) não incluídos no valor dos produtos mais os recebimentos líquidos de renda primária (compensação de empregados e renda de propriedades) do exterior. Os dados estão em dólares estadunidense corrente. PNB, calculado em moeda local, é normalmente convertido para dólar estadunidense a taxa de transação oficial para comparações entre as economias, embora uma taxa alternativa é usada quando a taxa de transação oficial é julgada divergente, em grande medida, da taxa aplicada na realidade em transações internacionais. Para amortizar flutuações nos preços e taxas transacionais, o método Atlas é usado pelo Banco Mundial. Ele aplica um fator de conversão que faz a média das taxas transacionais do ano corrente mais os dois anteriores, ajustado pela diferença nas taxas de inflação entre os países e, após 2000, entre os países do G5 (França, Alemanha, Japão, Reino Unido e EUA). Desde 2001, esses países incluem a zona do Euro, Japão, Reino Unido e EUA. (BANCO MUNDIAL, 2010)

O índice de Gini mede a extensão da distribuição de renda (ou, em alguns casos, o dispêndio para consumo) entre indivíduos ou famílias real comparado a um economia com a distribuição perfeitamente igual. Uma curva de Lorenz analisa as porcentagens acumuladas do total de renda recebido contra os números de indivíduos ou famílias acumulados, começando dos mais pobres. O índice de Gini mede a área entre a curva de Lorenz e uma linha ideal de distribuição; é expressado como uma porcentagem da área máxima abaixo da linha. Portanto, um índice de Gini igual a 0 representa perfeita igualdade, enquanto igual a 100 é a perfeita desigualdade. É pesquisado pelo Grupo de Pesquisa para o Desenvolvimento, do Banco Mundial. Os dados são baseados não pesquisas com famílias de agências estatísticas dos governos ou dos departamentos nacionais do Banco Mundial. Dados para economias

de alta renda são provenientes da base de dados do Estudo de Renda de Luxemburgo. (BANCO MUNDIAL, 2010)

Porcentagem de distribuição da renda ou consumo é a distribuição que agrega em subgrupos da população em decis ou quintis, no caso do indicador analisado, são os 20% mais pobres. Pode não somar 100 devido aos arredondamentos. Diferença de pobreza é a déficit médio para a linha da pobreza (contando o não-pobre como tendo zero de déficit), expresso como uma porcentagem da linha de pobreza. Esta medição reflete a gravidade da pobreza bem como suas incidências. Um valor de 0,5 significa uma diferença de pobreza de menos de 0,5%. População abaixo de \$1 por dia é a porcentagem da população vivendo com menos de um dólar por dia, a preços internacionais de 2005. Como um resultado de revisões nas taxas transacionais de PPP, taxas de pobreza para países individuais não podem entre edições deste índice. Um valor de 2 significa uma taxa de pobreza de menos de 2%. Estes índices de Desigualdade de Renda são pesquisados da mesma forma que o Índice de Gini. (BANCO MUNDIAL, 2010)

A proporção da população usando uma fonte de água apropriada para consumo, total (urbano e rural), é a porcentagem da população que usa qualquer dos seguintes meios de se ter água: água encanada em casa, terreno ou jardim; bica ou hidrante público; poços protegidos; nascentes de água protegidas; coletor de água da chuva e água engarrafada (se uma segunda fonte também esteja disponível). Não é incluído poços desprotegidos, nascentes desprotegidos, água fornecida por transportes com tanques ou tambores, caminhão-pipa ou água engarrafada (se não houver outra fonte) ou água à vista extraída diretamente de rios, tanques, riachos, lagos, represas ou canais de irrigação. É pesquisado pelo Programa de Monitoramento Conjunto (JMP) da Organização Mundial da Saúde, da ONU (WHO-ONU), com o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF-ONU). (ONU, 2010a)

A proporção da população com acesso a saneamento básico, total (urbano e rural), é a porcentagem da população com acesso a serviços higiênicos que separa os excrementos humanos do contato humano. Esses acessos incluem banheiros ou latrinas com descargas conectadas a um encanamento, tanques sépticos ou fossa; latrinas com ventilação ou com uma plataforma que cubra-a do acesso à fossa. Não é incluído acessos públicos ou compartilhados, além de banheiros ou latrinas que despejem a cé aberto ou riacho, fossas destampadas, vasos portáteis, buracos no chão ou defecar em arbustos, campos ou riachos. É pesquisado da mesma forma

que o anterior. (ONU, 2010a)

A taxa de mortalidade para menores de cinco é a probabilidade (expressa como uma taxa por 1.000 nascidos vivos) de uma criança nascida morrer antes de chegar aos cinco anos de idade. Um nascimento vivo é a completa expulsão ou extração da mãe como produto da concepção, independente da duração da gravidez que, depois da separação, respire ou mostre outro sinal de vida - como batimento cardíaco, pulsação do cordão umbilical ou movimentação voluntária de músculos - se cortado ou não o cordão umbilical ou a placenta retirada. Cada produto desse nascimento é considerado um nascimento vivo. (ONU, 2010a) A taxa de mortalidade infantil (0-1 anos) é o número de crianças nascidas que morrem antes de completar um ano de idade, por 1.000 nascidas vivas de um determinado ano. São pesquisados com base em estimativas desenvolvidas pelo Grupo entre agências da ONU para Estimação da Mortalidade Infantil (Fundo das Nações Unidas para a Infância [UNICEF], Organização Mundial de Saúde [WHO], Banco Mundial, Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais [UN DESA] e Programa para o Desenvolvimento da ONU [UNDP]). (BANCO MUNDIAL, 2010)

Proporção de crianças com um ano de idade imunizadas contra sarampo é a porcentagem de crianças menores de um ano de idade que receberam pelo menos uma dose de vacina contra sarampo. É geralmente recomendado para crianças serem imunizadas contra sarampo com nove meses. Em alguns países da América Latina e Caribe é recomendado para crianças entre 12 e 15 meses. É pesquisado pelo Programa de Monitoramento Conjunto (JMP) da Organização Mundial da Saúde, da ONU (WHO-ONU), com o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF-ONU). (ONU, 2010a)

Expectativa de vida ao nascer indica o número de anos que uma criança recém-nascida viveria se permanecesse o padrão de mortalidade da época de seu nascimento durante toda a sua vida. É pesquisado pela Divisão Populacional das Nações Unidas [DESA UN], e relatórios e publicações estatísticas dos órgãos nacionais de estatística. (BANCO MUNDIAL, 2010)

Taxa de alfabetização de jovens é a porcentagem de pessoas entre quinze e vinte e quatro anos que podem entender, ler e escrever uma pequena declaração na sua vida diária. Já a Taxa de alfabetização adulta considera pessoas com quinze anos ou mais. (BANCO MUNDIAL, 2010)

Porcentagem permanência no ensino fundamental é a proporção de ingres-

santes do primeiro ano que chegam ao último ano. É calculado pelo número total de estudantes no último ano do primário, menos o número de repetentes naquele ano, dividido pelo total de crianças com idade para se formar. (ONU, 2010a)

Taxa de conclusão do ensino fundamental é a porcentagem de estudantes que completam o último ano do ensino fundamental. Calcula-se pelo número total de estudantes no último ano do primário, menos o número de repetentes naquele ano, dividido pelo total de crianças com idade para se formar. (BANCO MUNDIAL, 2010)

Matrículas na escola em ensino fundamental (bruto) é a proporção do total de matriculados, independente da idade, perante o total da população com idade para estar matriculado naquele ano. Já o cálculo líquido é a proporção do total de matriculados que deveria estar naquele ano (baseado no Padrão de Classificação Internacional de Educação 1997) perante o total da população com idade para estar matriculado naquele ano. A diferença entre bruto e líquido nesses indicadores valem também para o ensino médio. (BANCO MUNDIAL, 2010)

Ensino primário (fundamental) fornece à criança habilidades básicas de leitura, escrita e matemática, além de um entendimento elementar de matérias como história, geografia, ciências naturais, ciências sociais, artes e música. Ensino secundário (médio) fornece um aprofundamento do ensino iniciado no ensino fundamental, dando suporte ao conhecimento e desenvolvimento humano, por oferecer mais matérias - ou habilidades - e orientados por professores melhor qualificados. E ensino terciário (superior), fornecendo ou não qualificação para pesquisas avançadas, normalmente precisa, como um mínimo de condições para admissão, a finalização do ensino médio. (BANCO MUNDIAL, 2010)

Persistência ao último ano do ensino fundamental é a porcentagem de crianças matriculadas no primeiro ano do ensino fundamental que eventualmente chegaram ao último ano do ensino fundamental. A estimativa é baseada no método de reconstrução dos ingressantes. (BANCO MUNDIAL, 2010)

Todos os índices para medição do nível educacional são pesquisados pelo Instituto para Estatísticas da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO). (BANCO MUNDIAL, 2010)