

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

AQUECIMENTO GLOBAL:
UMA AVALIAÇÃO ECONÔMICA A RESPEITO DAS EMISSÕES DE DIÓXIDO
DE CARBONO

André Corsini Leão
Nº de matrícula: 0311246-8

Orientador: Sérgio Besserman Vianna

Novembro de 2006

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

AQUECIMENTO GLOBAL:
UMA AVALIAÇÃO ECONÔMICA A RESPEITO DAS EMISSÕES DE DIÓXIDO
DE CARBONO

Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor.

André Corsini Leão
Nº de matrícula: 0311246-8

Orientador: Sérgio Besserman Vianna

Novembro de 2006

As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor.

“Hope in the face of our human distress
Helps us to understand the turbulence deep inside
That takes hold of our lives
Shame and disgrace over mental unrest
Keeps us from saving those we love
The grace within our hearts
And the sorrow in our souls
Deception of fame
Vengeance of war
Lives torn apart
Losing oneself
Spiraling down
Feeling the walls closing in
A journey to find
The answers inside
Our illusive mind”
PETRUCCI, John. **Losing Time**. 2002

Dentro desse mundo confuso em que vivemos, algumas pessoas representam a inspiração que acende a minha vontade de viver, de perguntar, de questionar, de seguir em frente. Outras, a quem eu igualmente agradeço, me deram as ferramentas, abriram seu imenso guarda-chuva para me proteger e me socorreram quando tudo parecia perdido.

Minha mãe e meu pai, separados, cumpriram esses papéis, muitas vezes atrapalhando um ao outro, porém alcançando a mais perfeita harmonia em algumas situações, sem nem se darem conta e talvez de uma forma tão completa que nenhum casal unido poderia alcançar.

Agradeço também aos meus avós paternos, que hoje me acolhem em sua casa e me dão as maiores mordomias e mimos que poderia sonhar. Minha avó materna, que apesar de mais distante, me é motivo de inspiração e orgulho por ter levado uma vida tão dura e ainda assim ser mãe de oito e avó de vinte e dois, sendo alvo constante de “tentativas de seqüestro” comandadas por cada um destes trinta. Seu projeto de educação para crianças com necessidades especiais e carentes, em Tiradentes, MG, foi referência por anos.

Concluindo, gostaria de agradecer finalmente ao corpo docente do departamento de economia da PUC, por ter desenhado o caminho da minha formação e me fornecido os meios para que me torne um dia alguém competente e apto a determinar meus próximos passos.

Resumo

Nesta monografia é abordado o atual tema do aquecimento global, de maneira a se apresentar uma breve discussão sobre o atual “estado da arte” das negociações que envolvem o Protocolo de Kyoto e seus mecanismos de flexibilização e uma extensiva análise empírica que compara os mais diversos indicadores relativos ao desenvolvimento sustentável e humano, desde emissões de dióxido de carbono ao IDH. Quando comparados o direcionamento que as discussões no meio político estão tomando, aos resultados empíricos do presente trabalho, chega-se à conclusão de há muito a ser feito para que os riscos inerentes ao aquecimento global sejam reduzidos e que em alguns aspectos a iniciativa para redução das emissões de gases de efeito estufa poderia ser aprimorada, adotando novos paradigmas.

Palavras-chave: Mudança Climática, Aquecimento Global, Protocolo de Quioto, Desenvolvimento Sustentável, Economia Ambiental e Emissões de CO2 evitadas.

Sumário

1. Introdução	6
2. Protocolo de Kyoto - a iniciativa pela redução das emissões	8
2.1. O MDL e o mercado de carbono	10
2.2. Avaliação dos meios implementados pelo Protocolo de Kyoto para atingir as suas metas	12
2.3. Como avaliar no presente a possibilidade do fim do mundo?	13
3. Análise empírica	15
3.1. Quantificação dos níveis de emissão de dióxido de carbono	17
3.2. A correlação entre atividade econômica e emissões de dióxido de carbono . 20	
3.2.1. Emissões de dióxido de carbono e o Índice de Desenvolvimento Humano	23
3.2.2. Emissões de dióxido de carbono e a participação dos diferentes setores produtivos no PIB	26
3.2.3. Emissões de dióxido de carbono e a matriz energética	28
4. Resultados	36
5. Conclusão	41
6. Bibliografia	45
Principais fontes de dados	46
Apêndice estatístico	47

1. Introdução

O aquecimento global já é uma realidade e seus impactos começam a ser sentidos ao redor do mundo. Furacões como a que devastou a cidade de New Orleans e os verões cada vez mais quentes na Europa são exemplos de eventos que possivelmente estão relacionados ao crescente acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera¹.

Segundo o economista da *Yale University*, William D. Nordhaus, os estragos provocados por tormentas nos Estados Unidos em 2005 aparentemente são *outliers*, de maneira que continuarão com uma probabilidade muito pequena de ocorrer². Em todo caso, Nordhaus acredita que o aquecimento global leva a uma maior intensidade de eventos climáticos extremos, sem que a frequência dos mesmos aumente.

Outra conclusão a que seu estudo chegou, foi a de que os danos causados por furacões nos Estados Unidos aumentarão em média US\$ 10 bilhões por ano (em valores de 2005), devido à intensificação dos mesmos provocada pelo aquecimento global.

Por outro lado, almejam-se maiores taxas de crescimento e desenvolvimento. Dentro do horizonte temporal dos tomadores de decisão, o céu é o limite, enquanto a maior integração entre os diferentes mercados financeiros – que vivem um bom momento, com muita liquidez e apetite por investimentos – permite que economias em desenvolvimento alcancem virtuosas taxas de crescimento.

Portanto, quando o *iceberg* dos problemas ambientais começar a ser avistado por estes agentes econômicos, poderá ocorrer uma forte “virada” da economia (se não a colisão), que poderia frustrar não só os objetivos do desenvolvimento, como ameaçar a sociedade contemporânea e seu modo de vida. Se quiséssemos ser mais radicais, poderíamos tentar trazer o “fim do mundo” a valor presente, para que nos forçássemos a escolher uma alternativa ecologicamente equilibrada para o rumo da sociedade.

Já antecipando a concretização desta rota de colisão, organismos internacionais iniciaram uma empreitada no sentido de promover uma mudança gradual. Desde a institucionalização inicial para se tratar das questões do aquecimento global - como, por exemplo, a criação em março de 1994 da UNFCCC (*United Nations Framework*

¹ A afirmação de que a ocorrência de eventos meteorológicos extremos ligados ao aquecimento global está relacionada ao acúmulo crescente de gases de efeito estufa na atmosfera é passível de críticas. Este trabalho presume que esta causalidade existe, portanto adotando o Protocolo de Kyoto como referência. Para mais informações sobre a “controvérsia do aquecimento global”, vide: http://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming_controversy

Convention on Climate Change) - até a colocação em prática de mecanismos que visam promover o desenvolvimento sustentável, ou seja, consistente com o respeito ao meio ambiente e com a escassez de recursos naturais, como o MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, ou CDM - *Clean Development Mechanism*), caminha-se neste sentido.

Esta monografia concentrar-se-á principalmente no tratamento das estimativas de emissões de gases de efeito estufa, considerando a proximidade da data limite para que as metas definidas no Protocolo de Kyoto sejam cumpridas, fazendo uma averiguação crítica a respeito das iniciativas tomadas, comparando os dados de emissões com os indicadores sócio-econômicos relevantes.

² Mais sobre o assunto em: NORDHAUS, William D., **The Economics of Hurricanes in the United States**, Set. 2006. Disponível em: www.econ.yale.edu/~norshaus/homepage/recent_stuff (acessado em 20 Nov. 2006).

2. Protocolo de Kyoto - a iniciativa pela redução das emissões

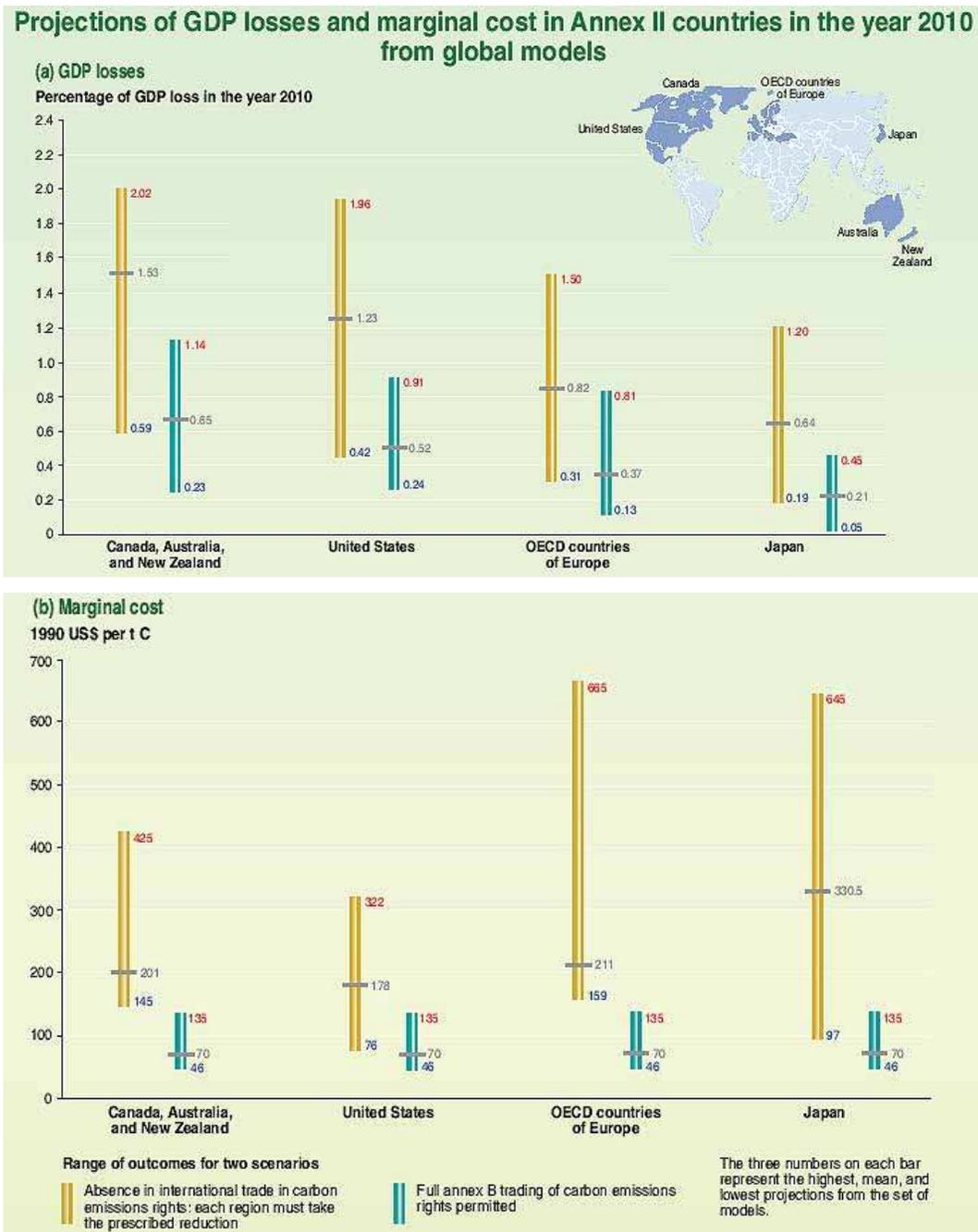
Em uma reportagem da revista *The Economist*, foi exposta a polêmica a respeito da imposição de metas de redução de emissões antrópicas de gases de efeito estufa na Califórnia, Estados Unidos. Pressionados pelo Partido Democrata, o governo do Sr. Arnold Schwarzenegger instituiu a “*Assembly Bill 32*”, que tornaria a Califórnia o primeiro estado nos americano a impor a colocação de filtros redutores de emissões nas indústrias poluentes.

Tal iniciativa faria bastante sentido eleitoral, dado que, segundo a revista, 80% da população daquele estado afirmam que o aquecimento global é uma ameaça séria à qualidade de vida. O plano, porém, está ameaçado de fracassar. Alguns dos maiores patrocinadores do Partido Republicano de Schwarzenegger estão insatisfeitos com a medida, ressaltando os impactos econômicos resultantes da mesma. Finalmente, o governador acabou por tomar um posicionamento a favor destes últimos, propondo adiar a implementação da “*Assembly Bill 32*”.

Este *imbróglio* ganha certo tom irônico quando nos recordamos de um dos famosos personagens que o atual governador da Califórnia, no tempo em que era um dos mais renomados atores do cinema de Hollywood encarnava: o “Exterminador do Futuro”. Está em suas mãos zelar pela qualidade do ar no estado norte-americano onde este é o mais poluído. Uma imagem emblemática, citada no texto da reportagem é a do Vale de São Joaquim, onde a nuvem de poluição é tão espessa que os morros ao redor mal podem ser avistados.

A reportagem da *The Economist* é um bom exemplo do “*trade-off*” entre crescimento econômico e preocupação com o meio ambiente, além de chamar a atenção para os altos custos políticos e econômicos que estão em jogo nas questões ambientais.

Este é uma das principais motivações da atual discussão sobre o aquecimento global. Referindo-se aos custos supracitados, serão apresentados a seguir, gráficos com as estimativas dos custos em termos de PIB da redução das emissões de dióxido de carbono:



Fonte: IPCC Climate Change 2001: Synthesis Report

Essas estimativas são baseadas nos resultados de nove grupos de modelagem diferentes que participaram em um estudo do Fórum de Modelagem Energética (*Energy Modeling Forum*). Os dois diferentes cenários para cada país ilustram quais seriam os custos da redução de emissões sem e com os mecanismos de flexibilização que

permitem que os países com metas de redução negociem créditos de carbono com outros países³.

Como podemos ver, os modelos mostram que os mecanismos de flexibilização podem reduzir significativamente os custos econômicos da redução de emissões. Isto pode representar uma diferença muito grande na aceitação das imposições do Protocolo de Kyoto, pois o que antes poderia ser considerado como um custo mais elevado do que os benefícios (que são incertos e disseminados entre diversos países), poderá passar a ser economicamente viável.

Desta forma, os mecanismos de flexibilização do acabam por revelar a verdadeira natureza deste último: é uma iniciativa ainda incipiente para se promover a redução das emissões de dióxido de carbono. Enquanto ainda não há uma institucionalização consolidada para punir países que emitem em excesso, uma regulamentação que promova redução de emissões, dentre diversos outros passos necessários para se alcançar os objetivos almejados, caminha-se para se formar pelo menos os mecanismos econômicos que tornariam mais viável a redução das emissões, dada a atual restrição tecnológica, para depois se seguir em frente na institucionalização e na regulamentação.

Posteriormente nesta monografia, serão abordados diferentes posicionamentos quanto a relevância econômica dos mecanismos de flexibilização, dado o atual debate no assunto, envolvendo economistas de todo o mundo. Ou seja, se avaliará se de fato não estamos ainda na “estaca zero”.

2.1. O MDL e o mercado de carbono

Como colocado na introdução, existe uma iniciativa global para se tentar suavizar os custos políticos, econômicos e sociais da redução das emissões de gases de efeito estufa, proporcionando uma mudança gradual que visa não comprometer o *status quo* atual. A partir disto, acredita-se que a análise do atual status das emissões antrópicas de gases de efeito estufa permitirá que cheguemos a uma conclusão se afinal o advento do Protocolo de Kyoto está tendo algum efeito.

Além de poder promover a mudança de forma gradual, o Protocolo ainda cria oportunidades de investimento nos países em desenvolvimento, caracterizando um viés de equalização das desigualdades no mundo atual. Agentes econômicos nos países

³ Mais detalhes a respeito das incertezas e hipóteses intrínsecas estão disponíveis na Tabela 7-3 e no Quadro 7-1 do IPCC Climate Change 2001: Synthesis Report.

desenvolvidos poderiam conseguir, através do MDL, cumprir suas metas de redução de emissões comprometendo menos a sua atividade econômica. Teríamos uma situação de melhoria da eficiência produtiva ao transferir a redução das emissões de países desenvolvidos para países em desenvolvimento (suposição de que os custos marginais de implantação de projetos de redução de emissões sejam mais baixos nos países em desenvolvimento).

Quadro 1: A Lógica do Mercado de Carbono

- § O mercado de carbono é baseado em:
 - Os gases de efeito estufa se dispersam por toda a atmosfera, portanto têm impacto global => sendo assim o local onde se diminui as emissões é irrelevante para a meta de se reduzir as concentrações atmosféricas dos gases em questão; e
 - Diferença no custo de se reduzir emissões entre países da OCDE e países em desenvolvimento – custo marginal de curto prazo de redução de emissão em um país da OCDE está entre US\$25 e US\$50 por tonelada de dióxido de carbono, enquanto nos países em desenvolvimento este custo seria de menos de US\$5 por tonelada => a troca internacional de certificados de redução de emissões provê uma oportunidade para reduções com baixos custos e ganhos mútuos com o comércio.
- § O Mercado de carbono criou essencialmente uma nova *commodity* para ser negociada internacionalmente:
 - A *commodity* é a “redução de emissões de gases de efeito estufa por tonelada equivalente de dióxido de carbono”
 - Essa *commodity* tem um valor de mercado, e assim como o trigo e o petróleo, podendo ser comercializada entre diferentes países.
 - Essa *commodity* é produzida por quem tem vantagens comparativas e consumida pelas entidades que necessitam de créditos de redução de emissões para cumprir suas metas.
- § Um ator qualquer do setor privado ou público de um país da OCDE
 - Investe em projetos ou tecnologias menos emissoras de gases de efeito estufa, menos “carbono-intensivas” em um país em desenvolvimento, e
 - Recebe créditos pela redução de emissões proporcionada.
- § O país em desenvolvimento recebe mais investimento e mais tecnologia “limpa”.

Fonte: WORLD BANK (Jan. 2006). **The Role of the World Bank in Carbon Finance: An Approach for Further Engagement.** Disponível em: <www.carbonfinance.org>. Acesso em 8 set. 2006. (Traduzido e editado pelo autor)

Por outro lado, agentes econômicos nos países em desenvolvimento poderão auferir lucros barganhando seu potencial de redução a mais baixo custo contra o gasto que o agente do país desenvolvido teria para fazer a mesma redução de emissão. Acreditando que a competição perfeita entre os ofertantes de créditos de carbono, é uma situação que está longe de acontecer, o que teríamos é um mercado com oferta e demandas incipientes e com muito potencial para crescer, dado que ainda precisamos ter reduções de emissões muito maiores.

2.2. Avaliação dos meios implementados pelo Protocolo de Kyoto para atingir as suas metas

Como visto no quadro da seção anterior, um agente que reduz suas emissões de gases de efeito estufa pode receber créditos de carbono para serem negociados em mercado, permitindo que um outro agente possa comprá-los, descontando-o do total que teria que reduzir para atingir suas metas. Porém, fica sujeita a uma certa subjetividade inferir que a redução inicial nas emissões não iria ocorrer naturalmente, sem a necessidade do incentivo financeiro. Neste caso, a validade desta redução de emissões passa a ser questionável.

Os projetos de MDL têm este ponto frágil, que diminui suas possibilidades de serem colocados em prática. É justamente o da adicionalidade. A UNFCCC pretende que o MDL seja efetivamente um mecanismo que possa contribuir para a redução das emissões no mundo como um todo.

Esta discussão aponta mais um ambiente de discórdia entre os estudiosos do assunto. O fato do MDL se sustentar em níveis teóricos de emissões que ocorreriam caso nada houvesse sido feito, para a partir disto poder concluir se o projeto proposto tem adicionalidade ou não, é segundo alguns críticos uma possível fonte de corrupção e ineficiências frente aos objetivos almejados. Em uma carta à revista *The Economist*⁴, um leitor invoca a teoria econômica básica para mostrar que se as fontes poluidoras fossem obrigadas a pagar pelo custo social da poluição gerada por ela própria, níveis eficientes de produção seriam gerados, assim como novos investimentos em tecnologias redutoras do nível de poluição.

Joseph E. Stiglitz, renomado economista ganhador de um prêmio Nobel é mais uma voz que se pronuncia neste assunto. Em seu artigo “*A New Agenda For Global Warming*”, ele também advoga a criação de taxas sobre os poluidores, sugerindo que se entre com representações na OMC (Organização Mundial do Comércio) contra os Estados Unidos, alegando que estes ao manterem altos níveis de poluição em de seu sistema produtivo estão subsidiando suas empresas, pois assim como estas não estão pagando os custos sociais do dano ao meio ambiente (que é comum a todas as nações neste caso), outros países poderiam adotar práticas de escravidão para não pagar pelos custos com mão de obra.

⁴ “Standard Procedure” (Dez. 2006). **THE ECONOMIST**, v.380, n.8490, p.16 (Cartas dos leitores)

Em resposta a Stiglitz, Harry D. Saunders em “*What Will Stiglitz’s Global Warming Remedy Really Cost?*” lembra que a imposição de impostos para a poluição poderia implicar em custos econômicos muito grandes, algo que o primeiro não considera em seu posicionamento.

Fica claro, portanto, que não há um consenso nesse assunto. Sendo a regulação sobre a poluição algo que exige contribuições e cooperação em escala global, ainda estamos longe de conseguir consolidar uma legislação que possa atuar efetivamente. O Protocolo de Kyoto em seu estado atual ainda é muito pouco.

Apesar disto, os elevados preços do petróleo têm contribuído para o aumento do investimento em “energia limpa”⁵. Os investimentos em tecnologia nesta área aumentaram de pouco mais que 4% do *venture capital* total dos EUA para aproximadamente 8,2% em 2006. As expectativas são de que logo se formará uma bolha de investimentos das mesmas proporções da que ocorreu no início do milênio, com as empresas “.com”. Porém os riscos são diferentes, de forma que o comportamento político cíclico, no que tange a implementação de subsídios e outros incentivos, assim como os preços do petróleo e sua alta variância, podem afastar potenciais investidores.

Talvez, apesar de pouco ter sido feito em termos de negociações políticas internacionais, a economia mundial seja capaz de ajustar seu curso de maneira “autônoma”. Como podemos ver, a escassez de petróleo e sua crescente demanda têm aumentado o seu preço, o que incentiva o aumento dos investimentos em fontes de energia renovável e no aumento do aproveitamento de energia.

2.3. Como avaliar no presente a possibilidade do fim do mundo?

Inspirados pela famosa frase de John Maynard Keynes: “No longo prazo, estaremos todos mortos”, poderíamos ser levados a nos questionar: Quão “longo prazistas” precisamos ser para “trazer a valor presente” as ameaças ambientais que comprometem nossos empreendimentos no futuro e temer as incertezas geradas, de maneira que a escolha pela redução de emissões se torne de fato a opção racional a ser feita pelos agentes econômicos?

⁵ Informações originárias de “SPECIAL REPORT – Investing in clean energy”. (Nov 2006) **THE ECONOMIST** v.381, n.8504, p.71-73.

Farber e Hemmersbaugh (1993) mostram que segundo a taxa de desconto da *Office of Management and Business* dos Estados Unidos, não valeria a pena gastar hoje US\$ 20 bilhões para conter o mal do aquecimento global, avaliado a custo de US\$ 100 bilhões daqui a 20 anos. Mas se consideramos, por exemplo, a possibilidade de eventos extremos como a interrupção da Corrente do Golfo, que levaria ao resfriamento da maior parte da Europa, como previsto em alguns trabalhos científicos⁶, os custos daqui a 20 anos seriam incalculáveis, evidenciando que a taxa de desconto acima é curto prazista e inconsistente com os riscos do aquecimento global (ou seja, é muito alta, dando muito peso ao presente).

Um dos estudos mais atuais que tratam das questões econômicas referentes ao aquecimento global, o “*Stern Review: The Economics of Climate Change*”⁷, faz uma revisão para cima das previsões dos impactos do aquecimento global, colocando que se o mundo não agir, os custos médios e os riscos da mudança climática serão equivalentes a uma queda de pelo menos 5% do PIB mundial por ano, podendo alcançar 20% ou mais. Poderíamos ter um impacto na economia comparável ao das guerras mundiais e da Grande Depressão da primeira metade do século XX.

Porém críticas foram direcionadas a este relatório, sendo uma delas do economista já citado nesta monografia, William Nordhaus⁸. Em uma nota a respeito do *Stern Review*, se ressalta que o documento tem caráter político, estando em linha com a posição do atual governo inglês no que se refere às questões climáticas.

Completando o presente capítulo desta monografia com um trabalho mais recente do que o de Farber e Hemmersbaugh em 1993, acrescenta-se que Nordhaus baseia sua crítica em torno da taxa de desconto social (*social discount rate*) praticamente nula utilizada pelos ingleses em seu relatório. Isto invalidaria em grande parte a magnitude das conclusões encontradas, apesar de não contradizer o sentido das mesmas.

Concluimos que para que se infira a respeito da magnitude, de quão rápidas e custosas devem ser as políticas para se enfrentar as ameaças do aquecimento global, é primordial que se faça um estudo bem detalhado de qual taxa de desconto utilizar-se-á.

⁶ A discussão a respeito do atual status da Corrente do Golfo assim como as possíveis conseqüências de seu enfraquecimento é controversa. Para um apanhado geral sobre o assunto, consultar: http://en.wikipedia.org/wiki/Shutdown_of_thermohaline_circulation

⁷ O relatório *Stern Review* está disponível em: http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_climate_change/sternreview_index.cfm

⁸ A crítica de Nordhaus leva o mesmo nome do relatório original, *The Stern Review on The Economics of Climate Change* e está disponível em: [/www.econ.yale.edu/~norshaus/homepage/recent_stuff](http://www.econ.yale.edu/~norshaus/homepage/recent_stuff) (acessado em 20 nov. 2006).

3. Análise empírica

Poder-se-ia concluir em uma primeira análise que nada ou muito pouco foi feito, já que as emissões de CO₂ no mundo como um todo estão aumentando, como podemos ver na tabela abaixo:

Origem ¹	Em milhões de toneladas		Per capita	
	1990	2003	1990	2003
	Mundo	21.209	25.168	4
Regiões desenvolvidas ^{2,3,4}	11.518	12.106	12,6	12,9
Regiões em desenvolvimento ⁵	6.689	10.845	1,6	2,2
Norte da África ⁵	228	413	1,9	2,8
África Sub-saariana ⁵	416	530	0,8	0,7
América Latina e Caribe ⁵	1.069	1.331	2,4	2,4
Leste asiático ⁵	2.927	4.733	2,4	3,4
Sul asiático ⁵	988	1.822	0,8	1,2
Sudeste asiático ⁵	422	916	1	1,7
Oeste asiático ⁵	630	1.089	4,7	5,8
Oceania ⁵	9	12	1,4	1,4
CIS ⁵	3.712	2.254	13,2	8,1
CIS, Ásia ⁶	492	373	7,2	5,1
CIS, Europa ⁶	2.704	1.881	12,6	9,1

CIS = Commonwealth of Independent States - Comunidade dos Estados Independentes

¹ Total de emissões de CO₂ advindas de combustíveis fósseis. Inclui emissões originárias no consumo de combustível sólido, líquido, gasoso, produção de cimento e "gas flaring" (Fonte: CDIAC - United States Carbon Dioxide Information Analysis Center)

² Baseado no inventário anual nacional de emissões dos países do Anexo 1 (com exceção da Bielorrússia, Rússia e Ucrânia, que estão incluídas na CIS) que "reportam" à UNFCCC; países não-anexo I que não têm obrigações de relatórios anuais.

³ Em ordem para avaliar as tendências dos países do Anexo 1 como um grupo, os dados agregados para 2003 incluem dados referentes a um ano anterior quando os resultados de 2003 não estiveram disponíveis. Os dados se referem a 2002 no caso da Polónia.

⁴ Excluindo emissões/reduções derivadas da mudança do uso da terra e reflorestamento.

⁵ Baseado em dados provenientes do CDIAC.

⁶ Baseado em dados provenientes do CDIAC. A coluna de 1990 representa dados de 1992 para os países da Comunidade de Estados Independentes.

Fonte: UNstats Millenium indicators <<http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Host.aspx?Content=Data/Trends.htm>> - indicador 28, editado e traduzido pelo autor.

Considerando-se que a meta média de redução estabelecida no Protocolo de Kyoto é de -6,30%⁹ (sem contar Rússia e Ucrânia), segundo a tabela isto significaria emissões de no máximo 10.792,677 milhões de toneladas nos países desenvolvidos (sem contar Rússia e Ucrânia) até a data limite. Percebe-se, portanto, que é pouco provável que se consiga cumpri-las.

⁹ Média aritmética calculada pelo autor a partir do texto original do Protocolo de Kyoto, 1998, excluindo a Rússia e a Ucrânia.

Esta análise, portanto, teria de utilizar uma sintonia mais fina, para detectar se de fato houve algum progresso, por mais marginal que seja. Talvez seja possível afirmar que a estabilização das emissões per capita no mundo em quatro milhões de toneladas é indicativa de que as coisas vão bem. Porém, após uma análise mais atenta, percebe-se que os principais responsáveis pela estabilização desta estatística são os países da Comunidade de Estados Independentes, que entraram em uma grave crise econômica na década de 90 (e que presentemente estão voltando a crescer e, portanto, emitindo mais). Portanto, não podemos considerar este dado como uma prova de que as medidas em prol da diminuição de emissões estejam surtindo efeito.

Em todo caso, um indicador que talvez possa demonstrar melhor o que está sendo feito atualmente em prol de um desenvolvimento sustentável seja o indicador de PIB por emissões de CO₂.

Ranking	Países	PIB (Em milhões de USD)	Emissões de CO2 (em milhares de toneladas)	PIB/Emissões (M USD/M Ton.)
1	Suíça	384.642	40.854	9,415
2	Suécia	383.816	51.901	7,395
3	Islândia	15.388	2.215	6,947
4	França	2.216.273	378.267	5,859
5	Dinamarca	265.934	47.620	5,585
6	Bélgica	387.840	70.592	5,494
7	Noruega	285.604	55.461	5,150
8	Áustria	318.343	63.701	4,997
9	Hong Kong	172.932	35.438	4,880
10	Irlanda	206.467	43.187	4,781
12	Itália	1.836.407	433.018	4,241
13	Reino Unido	2.295.039	543.633	4,222
14	Japão	4.799.061	1.203.535	3,987
15	Holanda	629.391	162.739	3,867
	União Européia	13.926.873	3.682.755	3,782
34	Brasil	732.078	313.757	2,333
39	Estados Unidos	12.438.873	5.872.278	2,118
	Mundo	44.168.157	24.126.416	1,831
89	Rússia	755.437	1.432.513	0,527
90	China ¹	1.843.117	3.513.103	0,525

1 – Exclui Hong Kong e Macau

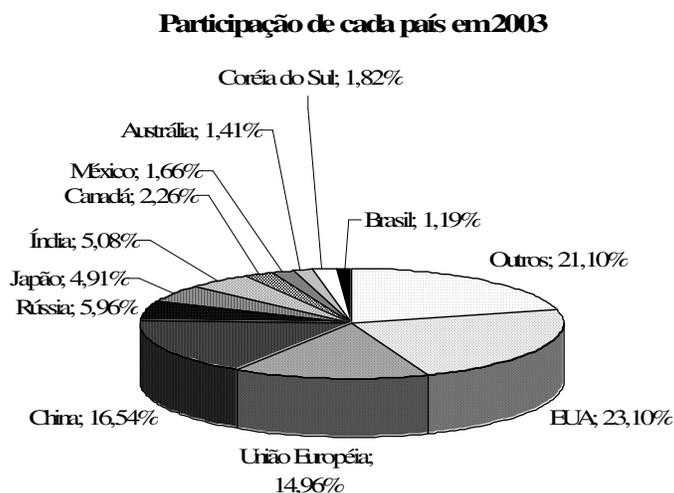
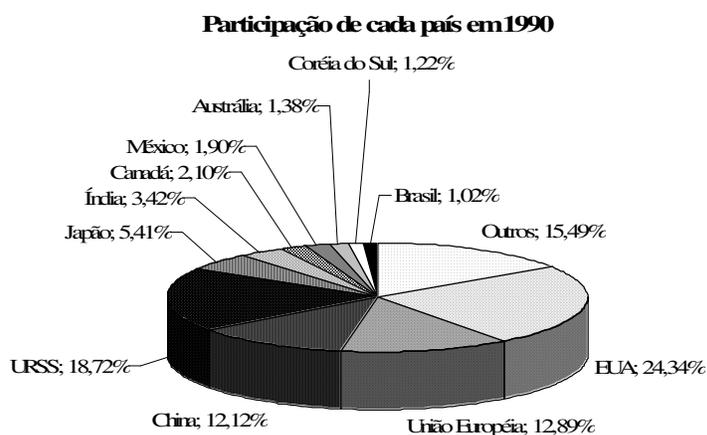
Fonte: Wikipedia <http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_ratio_of_GDP_to_carbon_dioxide_emissions>, a partir de dados extraídos do FMI (Fundo Monetário Internacional) e da UNFCCC.

Mais adiante incrementar-se-á a tabela acima com dados relativos a outros anos, tornando possível a identificação das tendências ao longo do tempo, a partir de 1990. Por enquanto, o que podemos apreender desta tabela é que a Suíça lidera o ranking de países que tem maior aproveitamento produtivo de cada unidade marginal de dióxido de carbono emitida. Com base nestes dados passa a ser possível entender o posicionamento

dos Estados Unidos *vis-à-vis* a China, já que apesar de ambos estarem no topo da lista de maiores emissores, os Estados Unidos poluem muito menos em termos de PIB do que a China (basta inverter a razão calculada para perceber isso).

3.1. Quantificação dos níveis de emissão de dióxido de carbono

A seguir são apresentados dois gráficos, mostrando a participação percentual dos países selecionados dentro do total de emissões de dióxido de carbono em 1990 e em 2003 (cálculos do autor, utilizando dados fornecidos pela Unstats, a divisão estatística da Organização das Nações Unidas - unstats.un.org - e pelo UNFCCC).

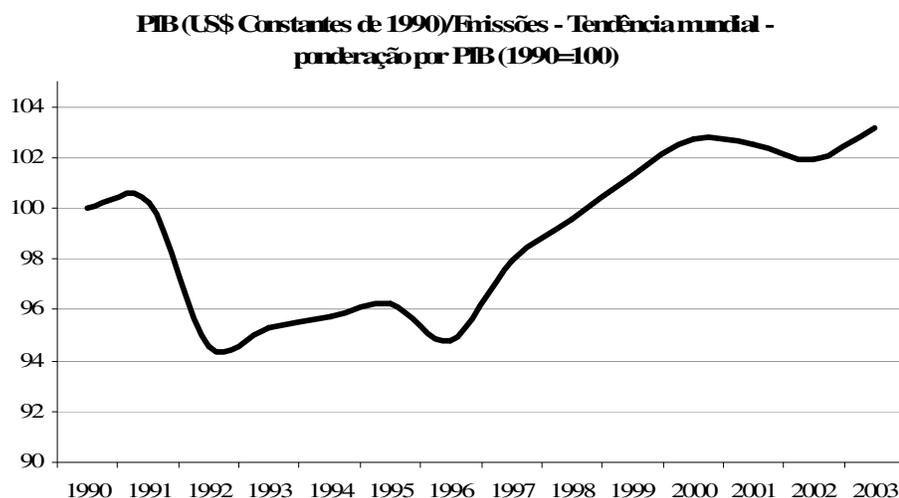


Duas observações importantes podem ser feitas. Primeiramente, se verifica o visível o aumento na participação da China e da Índia. Isto identifica a fase de crescimento acelerado vivida atualmente por alguns países emergentes. Em segundo

lugar, nota-se que com a dissolução da URSS, um grande número de países deixou de compor a lista em análise, possivelmente explicando o crescimento do grupo “Outros”.

No intervalo de tempo em análise, um indicador que poderia explicar o aumento das emissões destes países é o PIB. O desempenho econômico de cada país logicamente está correlacionado às emissões de dióxido de carbono, dado que este é um subproduto da combustão, a principal motriz energética que o mundo utiliza. Ao considerar que uma economia em expansão geralmente tem que consumir mais energia, fica caracterizada a correlação que deve existir entre emissões de dióxido de carbono e atividade econômica.

A seguir, serão exibidos dois gráficos: um mostrando a tendência mundial do indicador PIB/emissões, ponderado para PIB e outro por população, de maneira a tentar identificar se o mundo está passando a produzir poluindo menos.



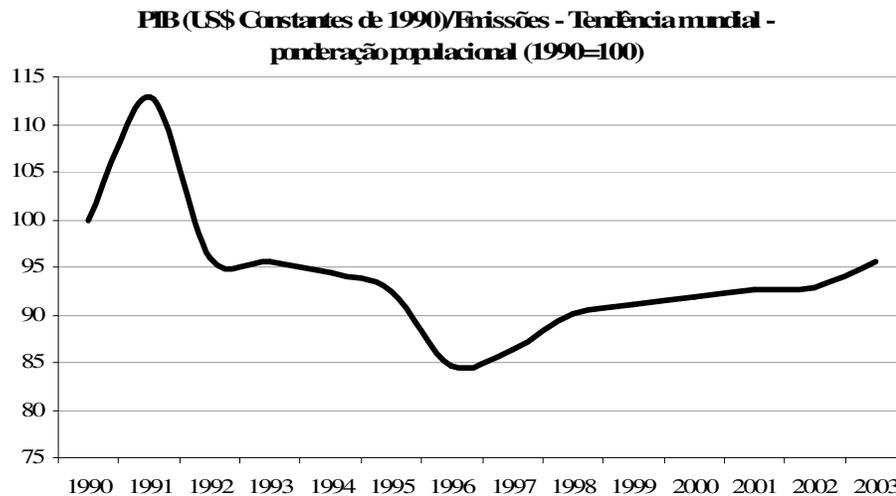
A série temporal acima foi montada pelo autor, da seguinte forma:

$$Y = \frac{PIBi}{Emissões_i} \times \frac{PIBi}{\sum_{i=1}^{195} PIBi}$$

Sendo:

PIBi – O PIB em US\$ constantes de 1990 de cada país

Emissões i – A estimativa de emissões de dióxido de carbono de cada país



A série temporal acima foi montada pelo autor, da seguinte forma:

$$Y = \frac{PIBi}{Emissões_i} \times \frac{Pop_i}{\sum_{i=1}^{195} Pop_i}$$

Sendo:

PIBi – O PIB em US\$ constantes de 1990 de cada país

Emissões i – A estimativa de emissões de dióxido de carbono de cada país

Popi – A população de cada país

Os dados utilizados para a criação de ambas as séries acima são originários do Unstats (PIB e população), do CDIAC e da UNFCCC (Emissões). A população foi calculada pelo autor dividindo o PIB em US\$ correntes pelo PIB per capita em US\$ correntes.

A partir da análise do primeiro gráfico, fica claro que na média, o crescimento da atividade econômica mundial que está em curso ocorre com uma menor emissão de dióxido de carbono por unidade marginal de produto gerado. Também é evidente a forte queda da razão durante o biênio 91-92, algo explicado pela crise da União Soviética, o que resultou em um grande número de países altamente poluidores em proporção ao PIB.

O segundo gráfico mostra como ambas as séries estão respondendo aos mesmos estímulos, porém estes tendo impactos de diferentes magnitudes, apesar do mesmo sentido. Portanto, sustenta as mesmas hipóteses do primeiro, mostrando apenas que os efeitos não são tão fortes como se poderia imaginar.

Se ainda não temos a redução dos níveis de emissão *per se*, isto mostra que há pelo menos condições de ser poluir menos proporcionalmente à atividade econômica. Portanto, teoricamente, se garantiria a redução das emissões quanto mais estivéssemos dispostos a sacrificar o PIB (supondo o “congelamento” do PIB mundial, obteríamos uma redução contínua das emissões). O que não se sabe é se isso levado a prática continuaria sendo verdade, dado que a evidência histórica nunca mostrou um momento significativo de estagnação ou queda da atividade econômica concomitantemente a um aumento da razão PIB/emissões, ou seja, com uma maior e crescente queda das emissões de dióxido de carbono.

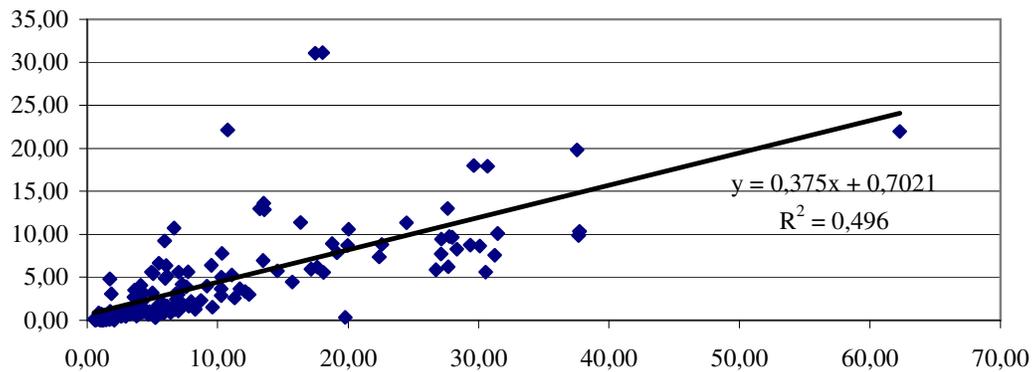
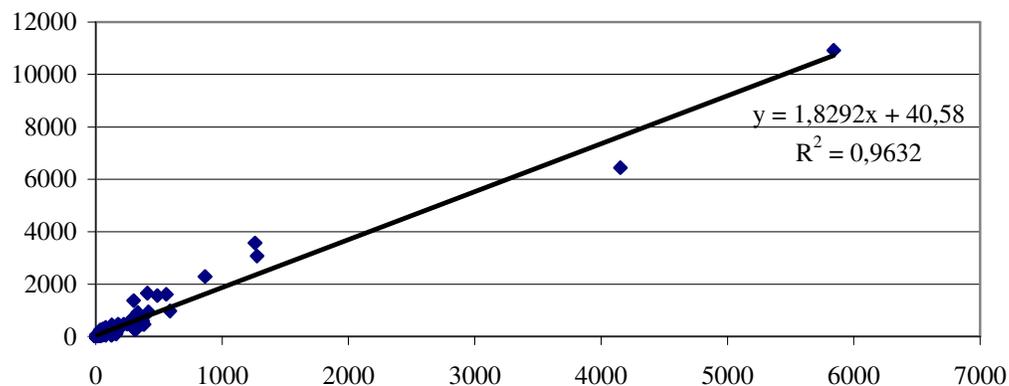
Ainda assim, poderíamos estudar a hipótese de que mesmo sem haver uma “pisada no freio” propositada na economia mundial, a razão ponderada PIB por emissões voltasse a cair. Isto poderia acontecer se os países emergentes continuarem crescendo às atuais taxas. Portanto, passa a ser necessária uma análise separada dos diferentes grupos de países para se inferir se de fato os emergentes vem emitindo mais em proporção ao PIB, o que será feito em outro capítulo.

3.2. A correlação entre atividade econômica e emissões de dióxido de carbono

Como citado anteriormente, a atividade produtiva pode gerar como subproduto o dióxido de carbono. É lógica, portanto, a conclusão de que países que produzem mais tenham maiores níveis de emissões de dióxido de carbono.

Sendo assim, testamos a base de dados disponível para verificar se a teoria se aplicava:

Ano	2003
Número de países	152
Correlação entre CO2 e PIBppp (per capita)	0,98143 0,70427

Emissões per capita vs. PIBppp per capita US\$ (2003)**PIBppp bilhões US\$ vs. Emissões milhares de toneladas (2003)**

Foram utilizados os dados para o indicador de emissões de milhares de toneladas de dióxido de carbono fornecidos pelo CDIAC (*Carbon Dioxide Information Analysis Center*) para os países onde este era disponível, enquanto que para os outros a fonte é a UNFCCC, enquanto que as emissões per capita estão medidas em toneladas, sendo originárias do CDIAC. O PIB utilizado foi contabilizado em bilhões de dólares americanos, respeitando a Paridade do Poder de Compra entre os países e fornecido pela Unstats (no caso per capita, o indicador está em unidades).

Em ambos os casos percebe-se a correlação positiva entre os indicadores, como era esperado.

Uma conseqüência possível do Protocolo de Kyoto seria a diminuição da correlação entre PIB e emissões de dióxido de carbono ao longo do tempo, pois por

mais que as emissões continuem crescendo, poderia estar pelo menos havendo um melhor aproveitamento dos recursos energéticos disponíveis. A seguir estudaremos o comportamento da correlação entre PIB e emissões ao longo do tempo.

Número de países	193													
Ano	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Correlação	0,79182543	0,78688	0,83731	0,84175	0,84745	0,84178	0,84425	0,85352	0,8671	0,88576	0,8932	0,88542	0,87073	0,84861
(percapita)	0,62893829	0,62547	0,55116	0,53703	0,54338	0,5293	0,54642	0,52555	0,54162	0,54245	0,53341	0,52607	0,53126	0,52971

Para este experimento, utilizamos dados de PIB com preços constantes desde 1990 em dólares americanos, sendo os cálculos de ambos indicadores (emissões totais e per capita) feitos pelo autor, a partir de dados de emissões da CDIAC quando disponíveis e em segundo caso da UNFCCC. Para a população utilizaram-se as estimativas do Unstats.

Os resultados nos mostram que de 1990 até 2003, a correlação entre emissões per capita e PIB per capita teve uma leve queda, percebendo-se que o principal responsável por esta foi a crise da URSS, de maneira que após a mesma, a queda se tornou mais suave e irregular (com um comportamento praticamente errático). Temos então um indício de que se está produzindo com menos emissões, apesar deste não ser muito confiável.

Contradizendo esse comportamento, observa-se que a correlação entre PIB e emissões cresceu fortemente quando da dissolução da URSS. Portanto, fica claro que houve uma forte influência das dinâmicas populacionais neste momento. Uma hipótese que poderia explicar isso seria que enquanto atividade econômica e emissões caíram simultaneamente nesta região como um todo, aumentando a correlação entre PIB e emissões, a reorganização política da região alocou as populações de maneira a fazer com que o surgimento de novos países diminuísse a correlação per capita.

Do ano 2000 em diante, se pode observar uma significativa queda da correlação entre PIB e emissões. Uma hipótese para explicar esta observação poderia ser a crescente preocupação com as questões ambientais e uma possível influência do Protocolo de Kyoto. Mas ainda é necessário um maior aprofundamento na questão, para se poder afirmar com mais certeza.

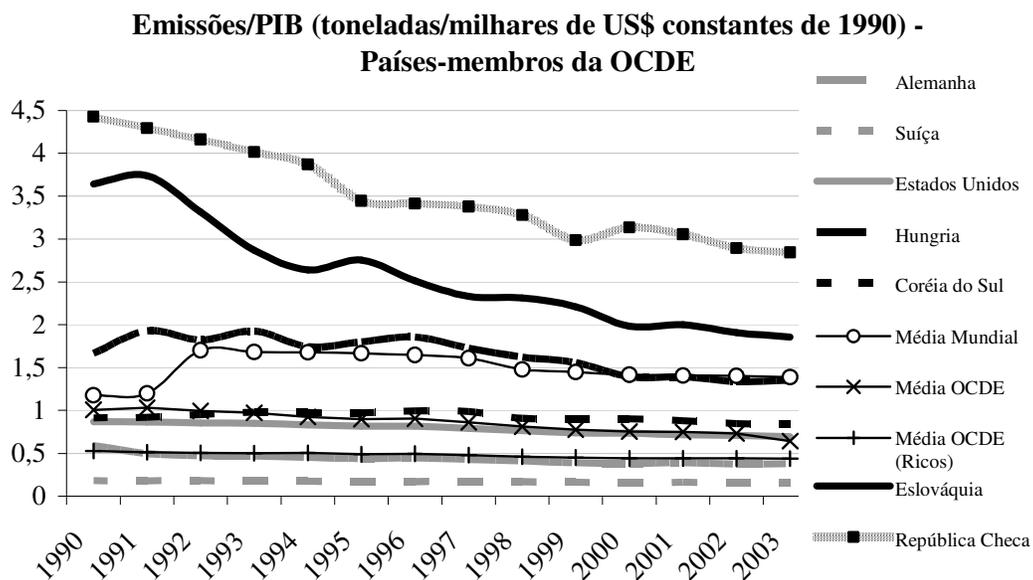
Uma análise completa terá que levar em consideração não só o tamanho da população dos países, e do PIB, mas também de fatores como disponibilidade e utilização de combustíveis fósseis, nível de participação de cada atividade no PIB e

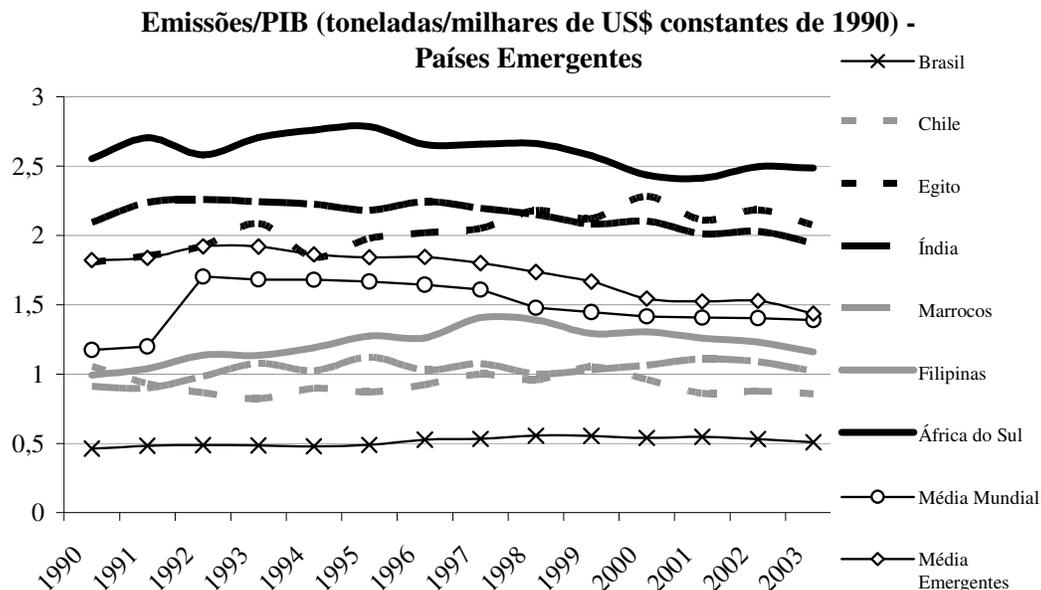
desenvolvimento humano. A seguir, serão analisados os seguintes grupos: países da OCDE, emergentes e da OPEP, enquanto paralelamente se analisarão as correlações entre as emissões de dióxido de carbono e o IDH, o PIB desagregado em várias atividades diferentes e indicadores referentes à matriz energética de cada país.

3.2.1. Emissões de dióxido de carbono e o Índice de Desenvolvimento Humano

A análise das estatísticas de emissões de dióxido de carbono em comparação ao IDH de cada país é motivada pelo fato de se acreditar que apesar dos mais ricos e desenvolvidos serem os maiores poluidores, talvez estes emitam menos em proporção ao PIB por terem acesso a tecnologias mais modernas e maiores investimentos em ciência e tecnologia.

A seguir serão apresentados dois gráficos com as séries de emissões/PIB de membros da OCDE e de países emergentes.





Ambos os gráficos são resultados de séries criadas pelo autor, que utilizou dados do CDIAC e da UNFCCC para emissões e do Unstats para PIB. Vale acrescentar que as médias acima não são ponderadas, tendo a variação marginal da razão emissões/PIB dos EUA contribuído da mesma forma que a da Suíça para a média dos países ricos da OCDE.

Podemos observar claramente que os países mais desenvolvidos emitem na média menos em proporção ao PIB do que os emergentes. Vale ainda ressaltar que apesar disso, a média de emissões/PIB dos emergentes se aproximou consideravelmente da média mundial, algo explicado em grande parte pelo crescimento acelerado de economias como a chinesa e a indiana. O que se percebe é que mesmo com o aumento das emissões da China e da Índia, elevando significativamente sua participação no total de emissões mundiais, como visto anteriormente, seus PIBs cresceram tanto que, principalmente no caso chinês, houve uma queda vertiginosa da razão emissões/PIB (algo que não pode ser colocado no gráfico acima, pois distorcia as outras séries, mas que será visto em separado mais adiante).

Agora, será feita uma análise mais detalhada para verificar se independentemente da razão emissões/PIB, os países mais desenvolvidos tendem a emitir menos ou mais dióxido de carbono para a atmosfera.

Correlação de CO2 com:				
	IDH	Expec Vida	Educação	PIBppp
	0,185271665	0,158651429	0,106994697	0,974690507
países	173	179	158	161
ano	2003			

Correlação de CO2pc com:				
	IDH	Expec Vida	Educação	PIBppp pc
	0,506801572	0,437238441	0,280790877	0,703744491
países	173	179	158	161
ano	2003			

IDH: Índice de Desenvolvimento Humano

Expec. Vida: Expectativa de vida ao nascimento, em anos

Educação: Taxa de alfabetização de pessoas com mais de 15 anos

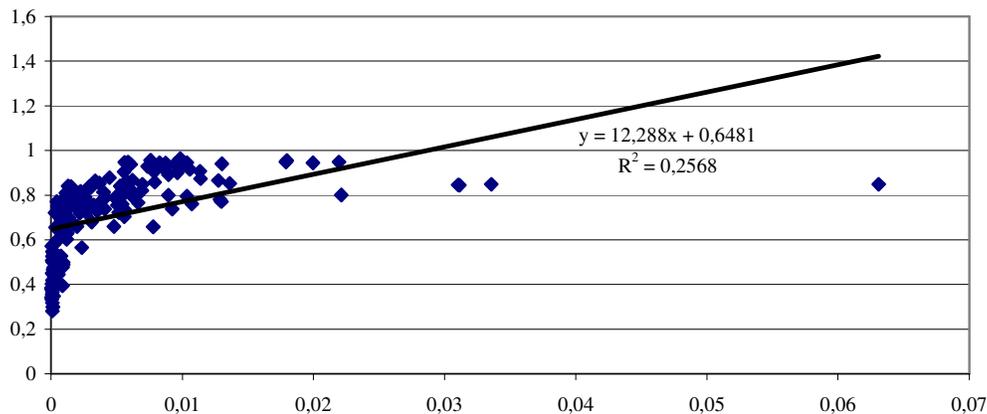
PIBppp: PIB segundo a paridade do poder de compra, em US\$

PIBppp pc: PIB segundo a paridade do poder de compra, em US\$, per capita

Todos os dados acima são originários do *Human Development Report 2005*, com exceção das emissões de dióxido de carbono (CO₂), e das emissões per capita (CO₂ pc), calculadas da mesma forma que nas tabelas e gráficos anteriores.

Os resultados nos mostraram que a correlação entre IDH e emissões era positiva e pequena, enquanto que ao analisar dados per capita, ela aumentava significativamente. Aparentemente isso se dá devido ao fato de que o PIBppp pc é um dos componentes do IDH, o que contribuiria para a correlação entre IDH e emissões per capita pois PIBppp pc e CO₂pc são altamente correlacionados. Isto tornaria menos confiáveis quaisquer relações que se quisesse estabelecer entre IDH e emissões per capita, pois mostra que os dados estão viesados. Todo caso, a significativa correlação entre expectativa de vida e emissões per capita mostra que apesar do viés, a análise talvez ainda tenha alguma validade.

IDH vs. Emissões Per Capita (2003)



A despeito dos problemas de viés ressaltados, quando se analisam os gráficos e os quadros com as correlações conjuntamente, observa-se um fato curioso: enquanto os países mais desenvolvidos têm na média uma razão emissões/PIB menor, são estes os que emitem mais em termos per capita. Isto, diminui a validade do indicador emissões/PIB de identificar os países que deveriam fazer algo para conter o crescente nível de emissões de dióxido de carbono no mundo, dado que enquanto um país poderia reduzir suas emissões se aumentasse a sua produtividade em termos de emissões, outros poderiam fazer o mesmo se cada habitante passasse a adotar na média um comportamento menos poluidor.

O que as correlações acima mostram é que os habitantes de países mais desenvolvidos adotam um estilo de vida mais confortável, o que pode significar também mais emissões. Disto, podemos empreender que não há “espaço” para que todos os habitantes do planeta comprem o carro mais potente e tenham seus aquecedores e condicionadores de ar ligados o dia inteiro. O sonho de uma sociedade igualitária onde todos poderiam desfrutar do estilo de vida dos mais ricos, talvez seja inviável em termos ambientais.

3.2.2. Emissões de dióxido de carbono e a participação dos diferentes setores produtivos no PIB

A seguir, temos uma tabela com as correlações entre o PIB de cada setor da economia, e as emissões de dióxido de carbono e outra com a separação entre

agricultura e indústria, controlada para diferentes níveis de participação de cada um destes setores sobre o total:

Correlação de CO2 com:

	PIB	Agricultura	Mineração	Indústria	Construção	Comércio	Transportes	Outros
2003	0,8486227	0,8442572	0,8887587	0,8729021	0,8269151	0,8182346	0,83166497	0,8054826
1990	0,8790843	0,825221	0,8603053	0,8824515	0,7252912	0,8915667	0,87549558	0,8760778

192 países

Correlação entre PIB desagregado e emissões:

Participação do setor no PIB:	Agricultura	Indústria
	1990	
Alta (50 maiores)	0,99408777	0,44918776
Média (70 intermediários)	0,96249691	0,98476385
Baixa (69 menores)	0,85807276	0,96244285
	2003	
Alta (50 maiores)	0,57670592	0,30029076
Média (70 intermediários)	0,91617336	0,97607939
Baixa (69 menores)	0,87881736	0,70280655

A fonte da base de dados utilizada é o Unstats, de acordo com a seguinte correspondência com o original em inglês¹⁰:

- Agricultura: *Agriculture, hunting, forestry, fishing*
- Mineração: *Mining, Manufacturing, Utilities*
- Indústria: *Manufacturing*
- Construção: *Construction*
- Comércio: *Wholesale, retail trade, restaurants and hotels*
- Transportes: *Transport, storage and communication*
- Outros: *Other Activities*

O objetivo destes testes era identificar se as nações que tem maior parte do PIB gerada pela indústria emitem mais do que as que têm maior PIB agrícola – o exemplo do Brasil é uma prova de que talvez essa análise não seja muito boa pois temos maior parte do PIB gerada pela indústria mas ainda assim quem mais emite CO2 é a

¹⁰ Para maiores informações a respeito da metodologia da desagregação do PIB vista acima, acessar unstats.un.org.

agricultura, onde há muita dificuldade de controle¹¹ (queimadas, uso da terra para pastagens e etc.), mas ainda assim não elimina a validade da mesma.

Como pudemos observar empiricamente, países com alta participação da agricultura, uso da terra, caça e pesca no PIB estão mais correlacionados às emissões do que países que têm alta participação industrial. Não é possível, contudo, dizer que países com maior participação do PIB rural emitem mais do que países com maior participação do PIB industrial, mas podemos notar que a alta correlação entre agricultura e emissões de carbono evidencia a influência que queimadas e criação de gado, por exemplo, podem ter sobre a quantidade de gases de efeito estufa emitidos.

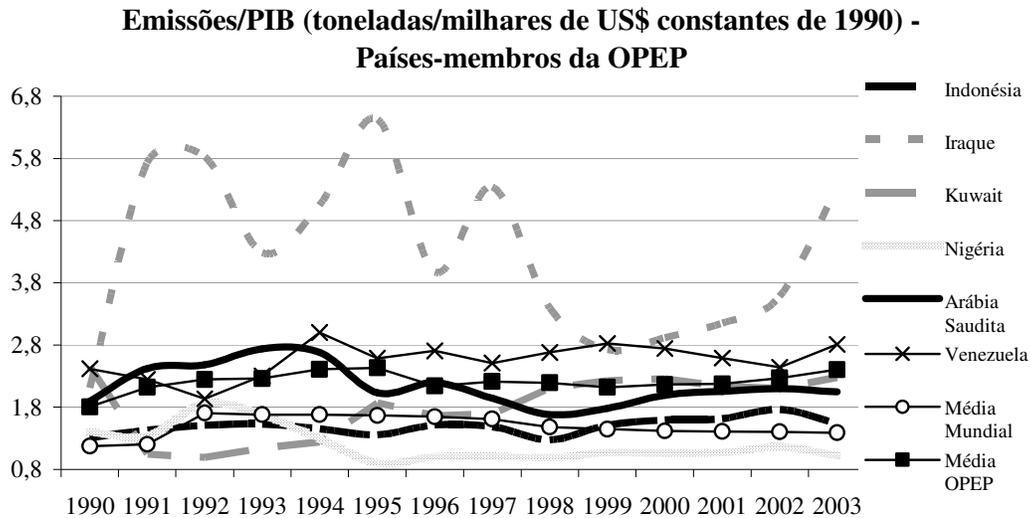
Mais adiante nesta monografia, serão analisadas as possíveis ligações hipotéticas entre comércio internacional e emissões de dióxido de carbono e como isto pode influenciar as discussões a respeito das responsabilidades de cada país dentro do atual quadro de emissões de gases de efeito estufa no mundo.

3.2.3. Emissões de dióxido de carbono e a matriz energética

Enfim, nesta seção, analisaremos as correlações entre as estimativas de emissões de dióxido de carbono e diversos indicadores referentes ao processo de produção de energia. Esta é a atividade que se acredita ser uma das principais responsáveis pelo atual nível de emissões mundiais e ao mesmo tempo essencial para a vida das sociedades atuais. É neste meio também onde cientistas buscam há mais tempo métodos alternativos de geração, utilizando recursos renováveis e menos poluentes, mostrando que já se tem ciência de que mudanças seriam necessárias para que um modo de vida sustentável fosse alcançado.

Logo abaixo, um gráfico ilustra a taxa de emissões/PIB dos países membros da OPEP, que evidentemente têm alta disponibilidade de petróleo, uma das mais tradicionais e poluidoras fontes de energia.

¹¹ Mais informações no Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal, p.17.



Para a confecção deste gráfico, foram utilizadas as mesmas fontes do que para os anteriores, onde foram exibidas as séries temporais de países da OCDE, por exemplo.

Primeiramente, se destaca o comportamento com alta variabilidade do Iraque. O mesmo parece ter sido bastante influenciado pelo ciclo de conflitos e guerras por que passou, mostrando a influência das sanções econômicas sobre o indicador analisado.

Enquanto o único país-membro da OPEP que está abaixo da média de emissões/PIB é a Nigéria, não surpreende o fato de que a média da OPEP é significativamente mais alta do que a mundial, com uma diferença crescente entre ambas desde o início do milênio. Esta análise acaba por dar sustentação à hipótese bastante intuitiva de que devido à alta disponibilidade de petróleo para estes países e conseqüentemente o elevado custo de oportunidade de se produzir através de métodos de geração de energia menos poluentes, estes países acabem por poluir muito em proporção ao produto gerado.

A seguir, apresentar-se-á uma tabela com o *ranking* dos países com maior PIB por unidade de energia utilizada (em US\$ PPP de 2000, por kilograma de petróleo equivalente; dado referente a 2002).

Ranking dos países com maior PIB por unidade de energia utilizada:		
posição		
1	Peru	10,7
2	Hong Kong	10,6
3	Bangladesh	10,5
13	Suíça	7,8
19	Argentina	6,9
20	Portugal	6,9
21	Brasil	6,8
26	Reino Unido	6,6
29	Japão	6,4
32	Alemanha	6,2
37	França	5,8
50	Índia	5
61	China	4,6
67	Estados Unidos	4,4
107	Rússia	1,9
108	Cazaquistão	1,8
109	Tajiquistão	1,8
110	Ucrânia	1,8
111	Bahrain	1,7
112	Kuwait	1,7
113	Turcomenistão	1,4
114	Tanzânia	1,4
115	Nigéria	1,3
116	Trinidad e Tobago	1,3
117	Zambia	1,3
118	Uzbequistão	0,8

Os dados utilizados para a confecção desta tabela são do *Human Development Report 2005*.

A partir desta tabela, se podem fazer várias observações. Primeiro, que os líderes do *ranking* são de maneira geral países com pouca atividade no setor industrial, ou com uma estrutura mais moderna no mesmo, ou ainda de pequena extensão e com redes de distribuição de energia menores, o que permite menor desperdício de energia.

Já os últimos da lista são em vários casos países com alta disponibilidade de petróleo e (ou) com uma estrutura industrial ultrapassada.

Para se comparar com esta análise, serão exibidos abaixo os resultados dos testes para se analisar a correlação entre emissões de dióxido de carbono e os indicadores

consumo de combustíveis tradicionais¹² em proporção dos requerimentos totais de energia, de consumo de eletricidade per capita (em kilowatt-hora) e de PIB por unidade de energia utilizada (em US\$ PPP de 2000, por quilograma de petróleo equivalente).

Todos os dados utilizados neste capítulo, até a sua conclusão, foram retirados do *Human Development Report 2005*, sendo os de emissões do CDIAC e da UNFCCC.

Correlação de CO2 com:			
	Comb. Tradic.%	Eletricidade pc	PIBenergia
	-0,221713552	0,19744021	-0,025271912
países	125	179	117
ano	2002		

Correlação de CO2pc com:			
	Comb. Tradic.%	Eletricidade pc	PIBenergia
	-0,636241961	0,692666798	-0,183129556
países	125	179	117
ano	2002		

Primeiramente, observaram-se as correlações entre os níveis de emissões de dióxido de carbono e os indicadores selecionados. Como se pode ver acima, os resultados obtidos foram de pequena magnitude, estando o sinal da correlação com o consumo de combustíveis tradicionais em proporção dos requerimentos totais de energia indicando algo aparentemente contra intuitivo.

Por este motivo, a seguir se realizou a comparação com o nível per capita de emissões de dióxido de carbono. Todos os resultados tiveram sua magnitude amplificada, sendo este efeito particularmente curioso no caso do consumo de combustíveis tradicionais, dado que se esperava o uma correlação positiva neste caso.

Por último, havendo ainda o estímulo dos resultados curiosos que foram encontrados, se comparou o indicador de emissões/PIB com o consumo de combustíveis tradicionais e com o PIB por unidade de energia utilizada, dado que este indicador ainda tinha uma correlação negativa muito fraca.

¹² A definição de combustíveis tradicionais é de autoria do *Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division, UN*. A mesma não está descrita nas notas das tabelas do *Human Development Report 2005*, fonte dos dados utilizados nesta monografia.

Correlação de CO2/PIB com:		
	Comb. Tradic.%	PIBenergia
	-0,450035973	-0,419724817
países	125	117
ano	2002	

Como se pode observar, os resultados aparentemente continuaram insatisfatórios. A correlação do indicador PIB por unidade de energia utilizada aumentara, mas isto ocorreu evidentemente porque o mesmo foi comparado a algo que é inversamente proporcional ao PIB.

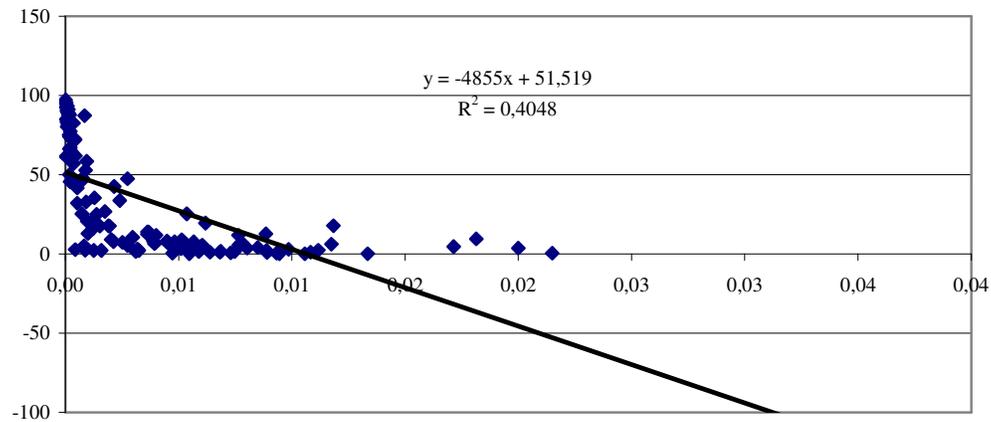
Paralelamente, compararam-se ambos os indicadores que estavam sendo analisados separadamente, para que se pudesse observar se os resultados contra intuitivos permaneceriam.

Correlação Comb. Tradic.% e PIBenergia:		
		-0,171017358
países	125	117
ano	2002	

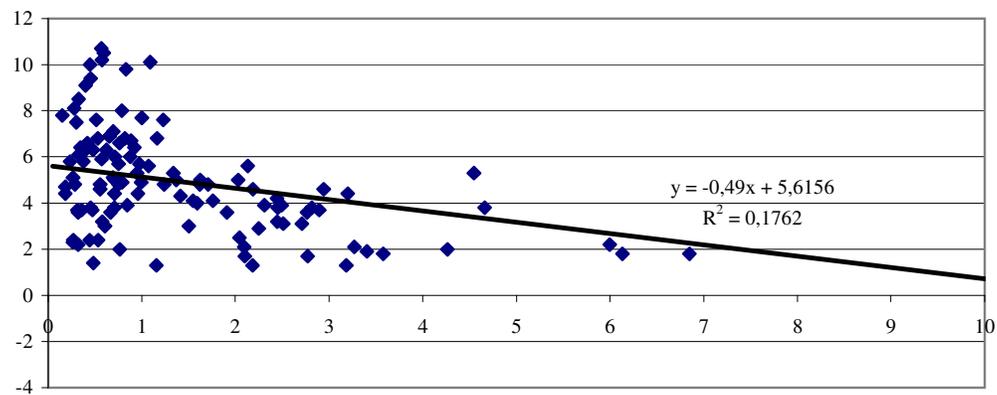
Surpreendentemente, a correlação apresentara o sinal esperado. Já a baixa magnitude é aceitável. Uma hipótese que comportaria estes resultados é a de que ao passo que países com alto consumo de combustíveis tradicionais terem em geral estruturas mais antiquadas e com menor aproveitamento energético, não necessariamente o processo gerador que se utiliza destes é menos produtivo.

A seguir serão apresentados os gráficos de dispersão com os indicadores selecionados.

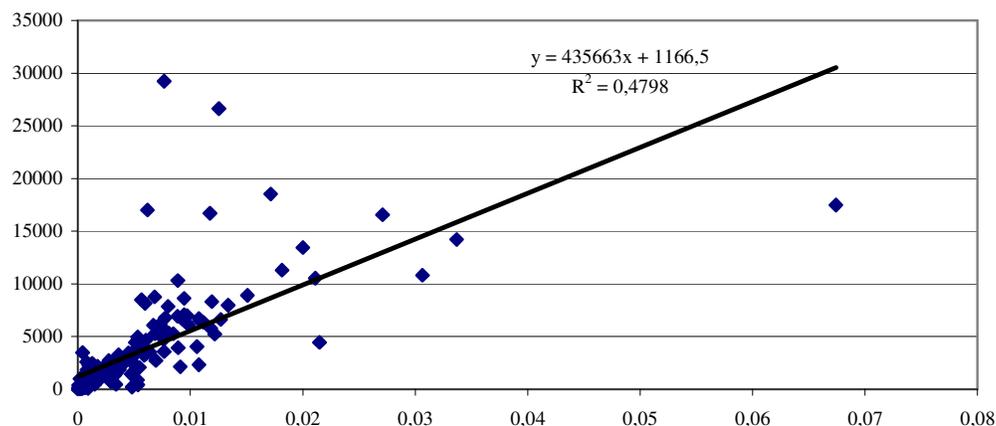
Participação de Combustíveis Tradicionais na Matriz Energética vs. Emissões Per Capita (2002)



PIB/Energia consumida vs. Emissões/PIB (2002)



Eletricidade Per Capita vs. Emissões Per Capita (2002)



Depois de todos os problemas descritos acima, restou analisar as correlações dos indicadores selecionados controlando para diferentes níveis de IDH.

Correlação entre CO2pc e PIBenergia:		
	1980	2002
Alto IDH	-0,507629625	-0,53723
Médio IDH	-0,078439849	-0,51192
Baixo IDH	-0,411497617	0,22475
Total	-0,253224269	-0,19642

Correlação entre CO2pc e Comb.Tradic. %:	
	2002
Alto IDH	-0,39292
Médio IDH	-0,59669
Baixo IDH	-0,84047
Total	-0,48188

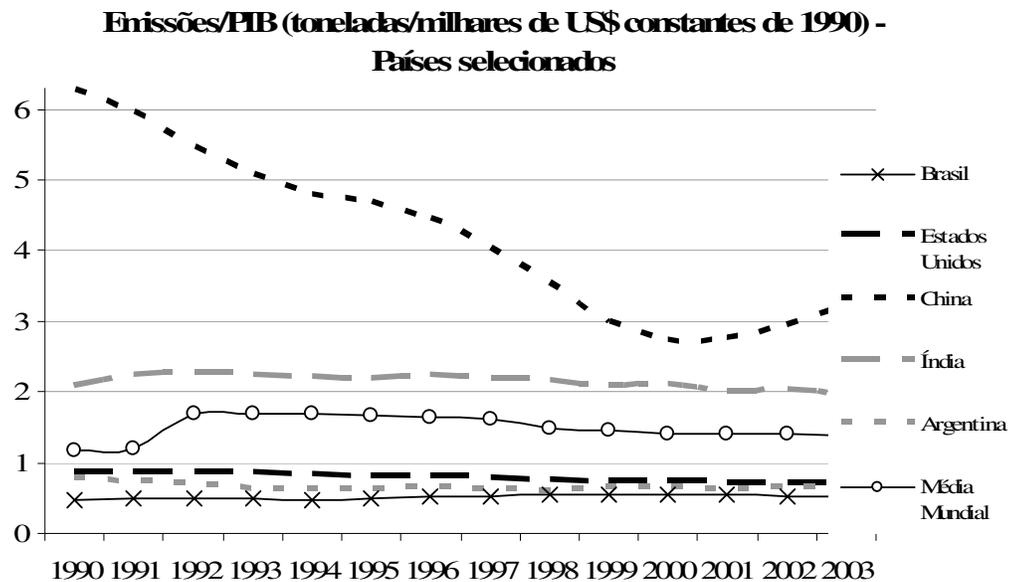
É necessário ressaltar que os resultados diferentes entre as correlações de emissões per capita e ambos indicadores selecionados quando não se controlam os resultados para diferentes níveis de IDH (linha “Total” do ano 2002 em comparação aos resultados anteriores para o mesmo teste), ocorreram pois uma lista menos extensa de países foi utilizada para o indicador emissões de dióxido de carbono per capita (os dados de CO2pc foram retirados do *Human Development Report 2005*, ainda que a fonte da estimativa seja o CDIAC).

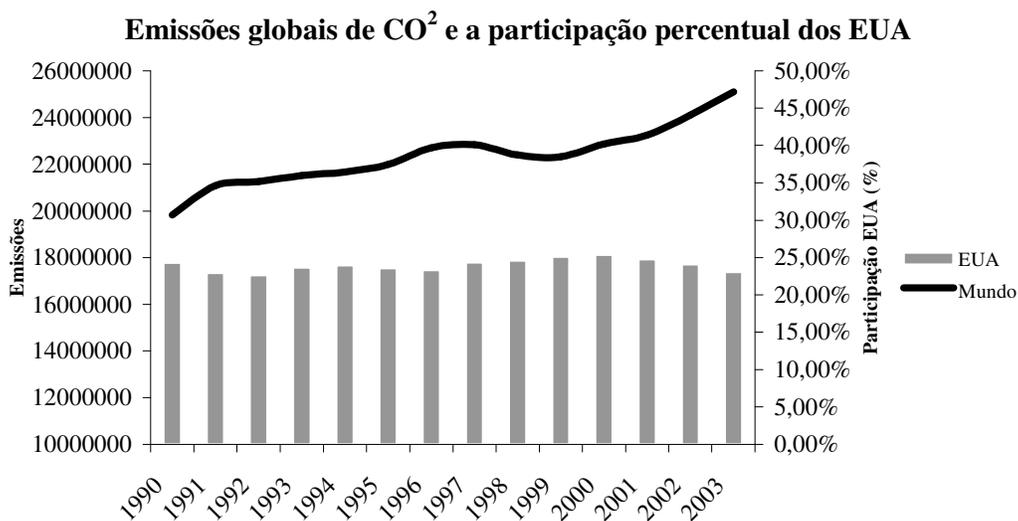
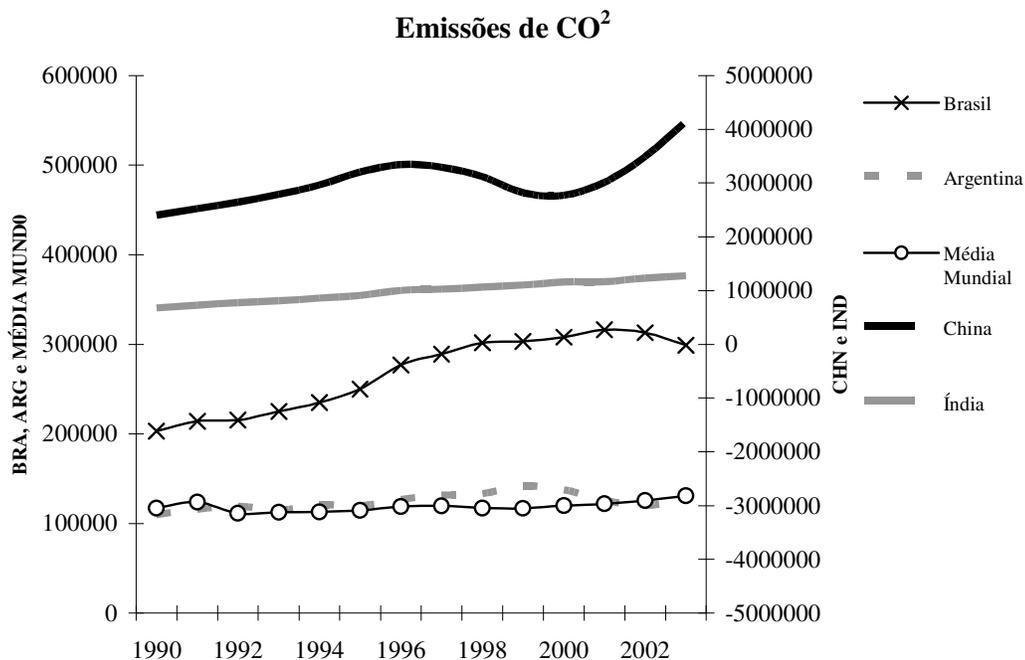
Agora os resultados esperados para a comparação entre níveis de emissões per capita e PIB por energia foram encontrados. Em países de alto e médio IDH, quanto maior o aproveitamento produtivo da energia despendida, menor a quantidade de emissões per capita. Em países de baixo IDH, que muitas vezes têm atividade econômica menos correlacionada às emissões (por serem menos industrializados) e que também possuem maior consumo de combustíveis tradicionais em proporção dos requerimentos totais de energia, por estes motivos devem apresentar correlação positiva entre o aproveitamento produtivo da energia despendida e as emissões.

Concluindo este capítulo, poder-se-ia ressaltar a correlação entre consumo de eletricidade per capita e emissões de dióxido de carbono per capita, que apresentou o sinal e a magnitude esperados desde o início, ou seja, países que consomem mais energia, emitem mais, dado que o processo mais difundido de se produzir energia, a combustão, tem o dióxido de carbono como subproduto. Isto sugere que a redução do desperdício de energia, problema significativo em países pobres e (ou) com uma rede de distribuição muito extensa, poderia ser uma medida eficiente para se reduzir as emissões de dióxido de carbono.

4. Resultados

Finda a análise empírica das emissões de dióxido de carbono e suas relações com alguns indicadores específicos, neste capítulo realizar-se-á uma breve comparação entre as hipóteses sustentadas anteriormente e os resultados que se seguem para um grupo selecionado de países.





China, Brasil, Índia e EUA, são quatro dos maiores emissores de gases de efeito estufa no mundo. Os EUA, além de deterem o título de maiores emissores, adotam o polêmico posicionamento de não ratificarem o Protocolo de Kyoto. Uma das justificativas para tal, é de que os países emergentes estão cada vez poluindo mais, de maneira que juntos ultrapassariam os EUA em emissões de gases de efeito estufa, mas ainda assim não teriam metas determinadas de redução das mesmas, enquanto os norte-americanos o teriam.

Em sua defesa, os países emergentes se pautam no critério de responsabilidade histórica, advogando que o mal do aquecimento global seria causado pelo volume acumulado de gases de efeito estufa e não do fluxo corrente de emissões. Segundo este critério, estes países ainda teriam o “direito” de emitir muito. A China ainda acrescenta em sua defesa que seu indicador de emissões per capita é mais baixo do que a média.

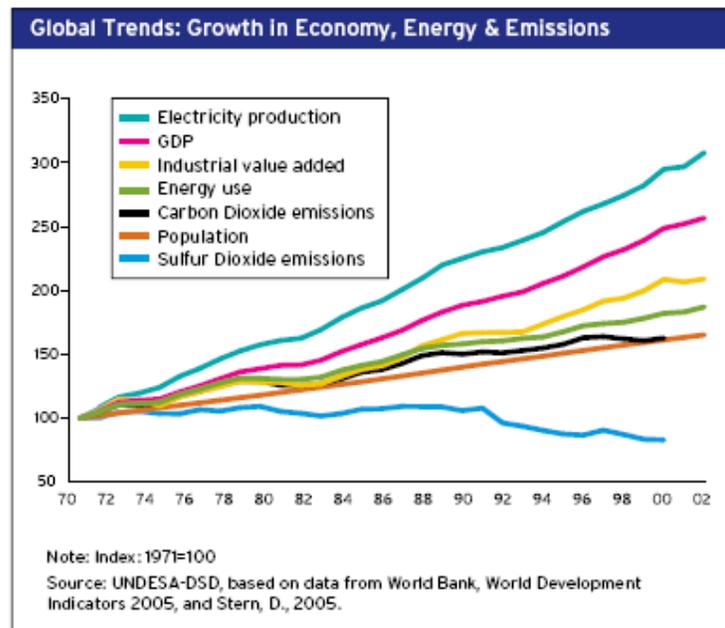
Apesar de o argumento chinês ser facilmente desconstruído pois suas baixas emissões per capita são sustentadas pelo fato de sua população ser de proporções gigantescas, pode se argumentar que a baixa eficiência energética do país (apesar da mesma ter dobrado de 1980 a 2002¹³) indica que seria possível que suas emissões de dióxido de carbono fossem reduzidas sem custos tão altos ou no mínimo que sua produção é subsidiada com poluição (nos moldes argumento de Joseph Stiglitz, citado anteriormente).

Já a China, em sua defesa, poderia argumentar que os produtos de sua economia são essenciais para o atual *status quo* mundial, de maneira que se passasse a produzir menos (ou aumentasse os preços retirando os subsídios teóricos) para emitir menos gases de efeito estufa, por exemplo, outros países tomariam o seu mercado e compensariam o que ela deixou de poluir. Na verdade, a responsabilidade é em parte dos países que demandam seus produtos “intensivos” em emissões.

Passando agora para uma breve análise da posição brasileira, poderíamos caracterizar o Brasil como um dos principais pivôs nas questões ambientais e com bastante poder de barganha por ter uma rede de produção de energia pouco poluente, baseada principalmente em hidroelétricas e uma alta razão de PIB por unidade de energia utilizada. Apesar disso, na última Conferência das Partes da UNFCCC, a COP 12, realizada em Nairóbi, o Brasil apresentou a “Proposta de São Paulo”, onde já começa a advogar a implementação de regulações específicas que garantam que tão logo o país passe a ter metas definidas de redução de emissões, não sofra economicamente com isso. Pode-se dizer, que na verdade o Brasil sente que sua posição de país sem metas passa a se tornar insustentável, visto que suas emissões vêm crescendo e o quadro de desmatamento excessivo que perdura no país é inaceitável. Temos mais um bom exemplo de onde se deveriam reduzir emissões.

¹³ *United Nations Commission on Sustainable Development, Energy for Sustainable Development*, p.2, abril de 2006.

Concluindo este capítulo, a seguir será feita uma breve apresentação do *press release* do relatório *Energy for Sustainable Development*, da *United Nations Commission on Sustainable Development*, datado de abril de 2006.

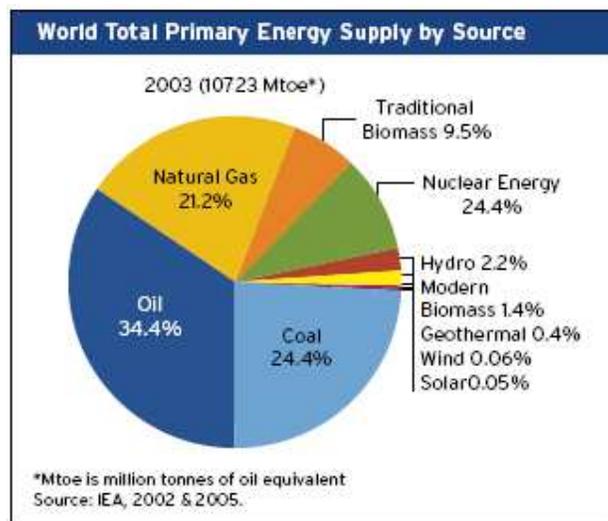
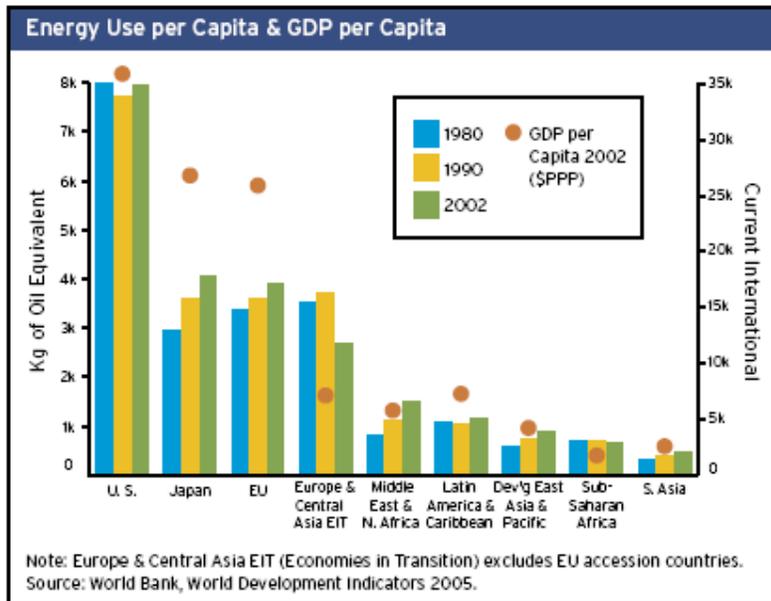


O crescimento da demanda energética é um grande problema¹⁴ a ser enfrentado, pois a esta as emissões estão altamente correlacionadas. O IEA (*International Energy Agency*) estima que a demanda por energia crescerá aproximadamente 50% até 2030, sendo os países emergentes responsáveis por dois terços deste aumento, enquanto se espera que as emissões de dióxido de carbono cresçam 62%.

Apesar disto, o relatório ressalta o sucesso de empreitadas globais para reduzir as emissões de gases redutores da camada de ozônio e de dióxido de enxofre (como se observa no gráfico acima). Sendo assim, é de se esperar que com o devido tempo, se consiga reduzir também a emissão de gases de efeito estufa.

A seguir, são exibidos dois gráficos que ilustram alguns dos indicadores referentes a matriz energética que foram tratados anteriormente.

¹⁴ Segundo a COP12, o setor de energia é o que tem apresentado maiores dificuldades para redução de emissões, sendo também o maior responsável pelas mesmas, tendo apresentado uma queda de apenas 0,4% de 1990 à 2004, enquanto o de processos industriais alcançou -13,1% e sendo responsável por 14,8 bilhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente, enquanto processos industriais responde por 1,2 bilhões. Dentro do setor de energia, se destaca a atividade de transporte, tendo o aéreo aumentado suas emissões em 52% de 1990 à 2004.



5. Conclusão

O aquecimento global é um desafio certo que a humanidade terá que enfrentar. Para tentar vencê-lo, o trabalho de profissionais das mais diferentes áreas, incluindo cientistas e economistas, é feito para que se descubra quanto e o quê o homem precisa e deve fazer.

No meio científico, são poucos os que negariam a tese de que as emissões antrópicas de dióxido de carbono seriam as principais responsáveis pelo atual fenômeno do aquecimento global, enquanto paralelamente se desenvolvem métodos de geração de energia por fontes alternativas não poluidoras e renováveis e se estudam possíveis métodos para se “seqüestrar” gases de efeito estufa da atmosfera para o solo.

Já no âmbito econômico da questão, que abrange desde a proposição de maneiras para se tornar viável a redução das emissões através dos canais de investimento internacionais, como o mercado financeiro, sendo um exemplo a criação do MDL e das bolsas que negociam créditos de carbono, à institucionalização e regulamentação do que poderia ser considerado um bem público comum a todos os países, a atmosfera, se está ainda mais distante de um consenso.

O Protocolo de Kyoto e o MDL, citado acima, representam um marco inicial para se chegar, respectivamente, à institucionalização eficiente e para tornar um mundo que emita menos dióxido de carbono mais viável economicamente.

Contudo, o que se percebe até agora é que a contribuição do Protocolo de Kyoto ainda é muito pequena, tendo o indicador emissões/PIB comportamentos diferentes em grupos distintos de países e que talvez só com uma regulação com sanções mais críveis e severas se consiga de fato reduzir as emissões.

Com este trabalho, vimos também que países com contexto político turbulento, como Iraque, tendo seus PIBs altamente afetados por sanções econômicas impostas aos mesmos, não necessariamente apresentam uma resposta imediata com uma redução das emissões de dióxido de carbono. Desta forma, pudemos perceber que pelo fato de parte do PIB de um país advir do comércio internacional, ela não estaria relacionada às emissões do mesmo.

De uma maneira geral, já estaria havendo algo como um comércio de emissões não regulamentado, onde países que mostram indicadores de emissões/PIB mais baixos, na verdade poderiam ser muito mais responsáveis pela quantidade de emissões no mundo (como exemplo, podemos citar países europeus como a Bélgica, com baixa

atividade industrial e que importam grande parte do que consomem, sem terem emitido gases de efeito estufa para fabricá-lo). Isso prova quão relativos os indicadores de emissões de dióxido de carbono são quando comparamos países e tentamos encontrar quais os maiores culpados – o que se mostrou inútil. O que importa no final das contas é quanto o mundo está emitindo, exigindo alta cooperação internacional para que se possa reduzir a poluição que jogamos excessivamente no ar que respiramos.

Portanto, o mais razoável seria que ao invés de as representações nacionais ficarem negociando durante as Conferências das Partes da UNFCCC quanto cada país deve reduzir de suas emissões, baseadas em diferentes critérios de responsabilidade dentro do atual quadro, que se buscasse como e aonde é menos custoso se reduzir emissões, de maneira que a “conta” seja paga de acordo com os propósitos de redução das desigualdades mundiais, já perseguidos pela ONU (Organização das Nações Unidas, que tem a UNFCCC como sua divisão preocupada com as questões das mudanças climáticas).

A despeito do que foi dito acima, que talvez aborde ambições tanto quanto idealistas, é inaceitável que países como os EUA fiquem "mendigando" a ausência de metas para seu país, enquanto como maior economia do mundo, financia a produção de países que produzem poluindo mais e realiza trocas com os mesmos. Considerando apenas as medidas concretas analisadas nesta monografia, teoricamente seria factível não só que se punissem através do comércio internacional os países que emitem mais do que deveriam (que estariam subsidiando sua produção, como sugerido por Joseph Stiglitz), como que se buscasse algo na direção da solução tarifária, de maneira que produtos produzidos com muitas emissões devam ser taxados proibitivamente. Os impactos que essas soluções teriam sobre países mais pobres poderia ser grande, e é nesse momento que os países mais ricos deveriam financiar a “limpeza” do sistema produtivo destes.

A observação dos resultados dos experimentos, desconsiderando-se alguns problemas de endogeneidade e viés encontrados durante a confecção do mesmo, além de comprovar algumas relações que à priori pareciam intuitivas, também revelou outras de certa forma surpreendentes. Vimos que os países ricos da OCDE têm uma média de emissões/PIB mais baixa que a média mundial enquanto o contrário acontece para os emergentes. Paralelamente, temos que os mais desenvolvidos são também os que têm maiores taxas de emissões per capita. Assim, temos sustentação para várias hipóteses possíveis. Por exemplo, a de que os países mais desenvolvidos se especializaram em

atividades produtivas menos poluentes, tendo baixa taxa de emissões/PIB, mas ao mesmo tempo, seus habitantes mais ricos têm acesso a um estilo de vida mais confortável e ao mesmo tempo mais poluente. Como já vimos anteriormente, muitas vezes esses países são os mesmos que acabam por consumir a produção intensiva em emissões de outros, sendo portanto os demandantes destas. Assim temos por hipótese que um país que entre em um ciclo de desenvolvimento mais acelerado, poderá estimular o crescimento das emissões de gases de efeito estufa de outros países, via aquecimento de demanda.

Por último, foram analisadas as correlações entre emissões de dióxido de carbono e diferentes indicadores referentes à matriz energética de cada país. É surpreendente como a grande maioria dos países membros da OPEP têm suas taxas de emissões/PIB muito mais altas do que a média mundial, enquanto o único abaixo desta é a Nigéria. Sendo assim, poderíamos esperar que países com maior disponibilidade de petróleo, que por isso têm um custo de oportunidade muito maior em se utilizar de fontes de energia alternativas e menos poluentes, tivessem maiores taxas de emissões/PIB. Desta forma, esperava-se uma correlação positiva entre esta taxa e a de participação de combustíveis tradicionais na matriz energética. Mas na prática é o contrário o que acontece.

A hipótese que poderia explicar essa conclusão contra intuitiva é a de que os países com maiores participações de combustíveis tradicionais na matriz energética são pobres e não industrializados, tendo baixa correlação entre atividade produtiva e geração de energia e portanto produzem sem emitir muito proporcionalmente (como os dados nos mostraram, países com baixo IDH são os que têm maior correlação negativa entre emissões per capita e participação de combustíveis tradicionais na matriz energética).

Os outros indicadores da matriz energética analisados, consumo de eletricidade per capita e PIB por unidade de energia utilizada, apresentaram os resultados esperados. Países que têm maior consumo de eletricidade per capita emitem mais dióxido de carbono em termos per capita assim como países que produzem mais por energia despendida emitem menos em proporção do PIB.

Ao fim de toda esta extensiva análise de indicadores, ainda assim pouco se pode inferir a respeito do que se deve fazer para que a humanidade triunfe sobre o fenômeno do aquecimento global. Na verdade, esta monografia não se propõe a tal.

O que se pode fazer é avaliar as propostas correntes e tentar verificar se de fato algo foi feito. Quanto a isto, o pessimismo surge não porque houve falta de vontade e motivação, mas porque em alguns momentos se trabalha na direção errada.

A conclusão a que se chega é de que mesmo que tentemos buscar os culpados, lutar por soluções inovadoras que resolverão a questão do aquecimento global ou tentar mobilizar as massas apelando para a intimidação ética do “se cada um fizer sua parte”, aparentemente temos um problema que na verdade exige uma conscientização e mudança de hábitos nunca antes vista.

6. Bibliografia

ADAMS, Cecil. (07 Abr. 2006). **Is global warming for real?** Disponível em: <www.straightdope.com>. Acesso em 16 out 2006.

Califórnia quer reduzir emissões. (Ago 2006) **O GLOBO**, Rio de Janeiro, O Mundo/Ciência e vida, p.36.

CAPOOR, Karan; AMBROSI, Philippe. (2006) **State and trends of the Carbon Market 2006**. World Bank, Washington DC.

“Clearing the air”. (Ago 2006). **THE ECONOMIST** v.380, n.8491, p.30

COHEN, Charles (Boston), “Standard Procedure” (Dez. 2006). **THE ECONOMIST**, v.380, n.8490, p.16 (Cartas dos leitores).

FARBER, D. A.; HEMMERSBAUGH, P. A. (1993). **The shadow of the future: Discount rates, later generations, and the environment**. *Vanderbilt Law Review* 46: p.267-304.

IPCC. Climate Change 2001: Synthesis Report.

Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal, p.17

JANSEN, Roberta. “Emissões de CO2 chegam ao nível mais alto”. (Set 2006). **O GLOBO**, Rio de Janeiro, O Mundo/Ciência e vida, p.35.

LOPEZ, IGNEZ V. (Coord.) (2002) BNDES e UNCTAD *O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – Guia de Orientação*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas Editora.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA & TECNOLOGIA. (2006). **Status atual das atividades de projeto do MDL no Brasil e no mundo.**

NORDHAUS, William D., **The Economics of Hurricanes in the United States**, set. 2006. Disponível em: <www.econ.yale.edu/~norshaus/homepage/recent_stuff> Acesso em 20 Nov. 2006.

RAM, Shrestha M.; GOVINDA, Timilsina R.. (2002) **The additionality criterion for identifying clean development mechanism projects under the Kyoto Protocol.** Elsevier. Energy Policy 30, p.73-79.

SAUNDERS, Harry. (Out 2006) **Will Stiglitz's Global Warming Remedy Really Work?** Economist's Voice <www.bepress.com/ev>. The Berkeley Electronic Press.

“SPECIAL REPORT – Investing in clean energy” (Nov 2006) **THE ECONOMIST** v.381, n.8504, p.71-73.

STERN REVIEW: The Economics of Climate Change

STIGLITZ, Joseph E. (Jul 2006) **A New Agenda For Global Warming.** Economist's Voice <www.bepress.com/ev>. The Berkeley Electronic Press.

UNITED NATIONS. (1998). **Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change.**

UNITED NATIONS. (2006). **Kyoto Protocol Status of Ratification.**

WALTER, Maria Stella B. de M. (2006). **O Mercado de Carbono.** Monografia de final de curso - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 49p.

WORLD BANK (Jan. 2006). **The Role of the World Bank in Carbon Finance: An Approach for Further Engagement.** Disponível em: <www.carbonfinance.org>. Acesso em 8 set. 2006.

UNITED NATIONS COMMISSION ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT, **Energy for Sustainable Development**, Abr. 2006 (press release).

UNITED NATIONS (2005) **Human Development Report 2005**, Human Development Office.

Principais fontes de dados

millenniumindicators.un.org/

unstats.un.org/unsd/snaama/

hdr.undp.org/

Apêndice estatístico

A base de dados completa utilizada nesta monografia está disponível em cd-rom, sendo inviável sua apresentação por escrito devido a sua extensão.