

MPRA

Munich Personal RePEc Archive

CO₂ and economic growth: An analysis for emissions from burning fossil fuels in liquid form in Brazil.

André Luiz Andrade

University Federal of Santa Catarina

13. May 2009

Online at <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/15313/>

MPRA Paper No. 15313, posted 20. May 2009 08:15 UTC

CO₂ E CRESCIMENTO ECONÔMICO: UM ANÁLISE PARA AS EMISSÕES DOS COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS DE ORIGEM FÓSSIL NO BRASIL.

André Luiz Campos de Andrade¹

Resumo: A relação entre crescimento econômico e degradação ambiental vem sendo amplamente estudada no últimos anos. Defensores da hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (CKA) defendem que a pressão ambiental oriunda do crescimento econômico é crescente num primeiro momento e, à medida que a economia avança em seus estágios econômicos, a relação torna-se decrescente. No contexto desta discussão, este trabalho pretende analisar a relação existente entre emissões de CO₂ decorrentes da queima de combustíveis fósseis na forma líquida e o crescimento econômico brasileiro, por meio do PIB per capita, em um série histórica que se inicia em 1903. Adicionalmente também será analisada a emissões de CO₂ evitadas decorrentes da política energética brasileira adotada a partir da década de 1970 para o setor de transportes. As evidências encontradas indicam que a relação entre as duas variáveis é linearmente crescente, não sendo possível concluir pela existência de uma CKA para o caso estudado.

Palavras chaves: Emissões de CO₂, PIB per capita, Transportes, Curva de Kuznets Ambiental.

Abstract: The relationship between economic growth and environmental degradation has been widely studied in recent years. Defenders of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis argue that the environmental pressure coming from economic growth is growing at first and as the economy moves on its development stages, the relationship becomes decreasing. In this discussion, this paper aims to analyze the relationship between CO₂ emissions, resulting from burning fossil fuels in liquid form, and the Brazilian economic growth, by means of per capita GDP, with a time series beginning at 1903. Additionally, it is discussed the avoided CO₂ emissions arising from the Brazilian energy policy adopted from the 1970s to the transport sector. The evidence found indicates that the relationship between the two variables is linearly increasing, not allowing to conclude that there is an EKC for the case in study.

Key words: CO₂ emissions, per capita GDP, transportation, Environmental Kuznets Curve.

¹ Especialista em Política Públicas e Gestão Governamental do Ministério do Planejamento e Mestrando em Economia pela Universidade Federal de Santa Catarina.

CO₂ E CRESCIMENTO ECONÔMICO: UM ANÁLISE PARA AS EMISSÕES DOS COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS DE ORIGEM FÓSSIL NO BRASIL.

1- Introdução

Crescimento econômico e energia são questões vinculadas entre si. Essa relação foi fortalecida com o advento da Segunda Revolução Industrial liderada pelos Estados Unidos da América e que teve nos combustíveis fósseis sua principal fonte energética, padrão que se mantém até os dias atuais.

A partir de então, a dependência relacionada aos combustíveis fósseis (combustíveis não-renováveis) aumentou, tornando a economia mundial extremamente dependente e vulnerável à sua principal fonte de energia, tendo nos dois choques de petróleo da década de 1970 os maiores exemplos de como o referido insumo energético pode impactar todo o sistema econômico mundial. Pascote(2007) aponta, em seu estudo, que cerca de 80% de toda a energia consumida no mundo é oriunda de fonte fóssil.

Segundo Calabi et al(1979) um dos principais fatores do explosivo aumento do consumo do petróleo e seus derivados no século XX foi a tendência à “fluidização” dos combustíveis. De fato, enquanto que no ano de 1901 as emissões de dióxido de carbono(CO₂) decorrentes da queima de combustíveis fósseis líquidos respondiam por apenas 7% do total das emissões das fontes não renováveis em 2005 essa relação era de 65%. O setor de transportes teve importante participação neste aumento de emissões, haja vista a consolidação do modal rodoviário, intensivo no uso de combustíveis fósseis, como principal integrante de matriz logística brasileira ao longo do século XX.

Somente o fato da extrema dependência em relação às fontes fósseis e a possibilidade, ainda que controversa, de seu esgotamento no médio prazo justificariam a disseminação de projetos e pesquisas ao redor do mundo que buscassem fontes alternativas de energia, o que de fato ocorreu após os choques da década 70. No entanto, discussões envolvendo o tema assumiram um maior espaço na agenda mundial com o advento do debate acerca das mudanças climáticas globais, que possuem na emissão de gases do efeito estufa(GEE) provenientes da queima de combustíveis fósseis, principal componente do atual desequilíbrio climático.

No caso brasileiro, embora a utilização de fontes não renováveis tenha ultrapassado o de fontes renováveis nos últimos anos, ainda é possível afirmar que o país possui uma matriz energética “limpa” quando comparada aos demais países em desenvolvimento e desenvolvidos. No entanto a forte dependência que o setor de transportes, sobretudo no

modal rodoviário, possui em relação aos combustíveis de origem fóssil é fato a se considerar em eventuais debates acerca da mitigação de gases do efeito estufa decorrentes da queima de combustíveis fósseis.

Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo analisar a relação existente entre emissões de CO₂ decorrentes da queima de combustíveis fósseis na forma líquida e o crescimento econômico brasileiro, por meio do PIB per capita, em um série histórica que se inicia em 1903. Adicionalmente também será analisada a emissões de CO₂ evitadas decorrentes da política energética brasileira adotada a partir da década de 1970 para o setor de transportes.

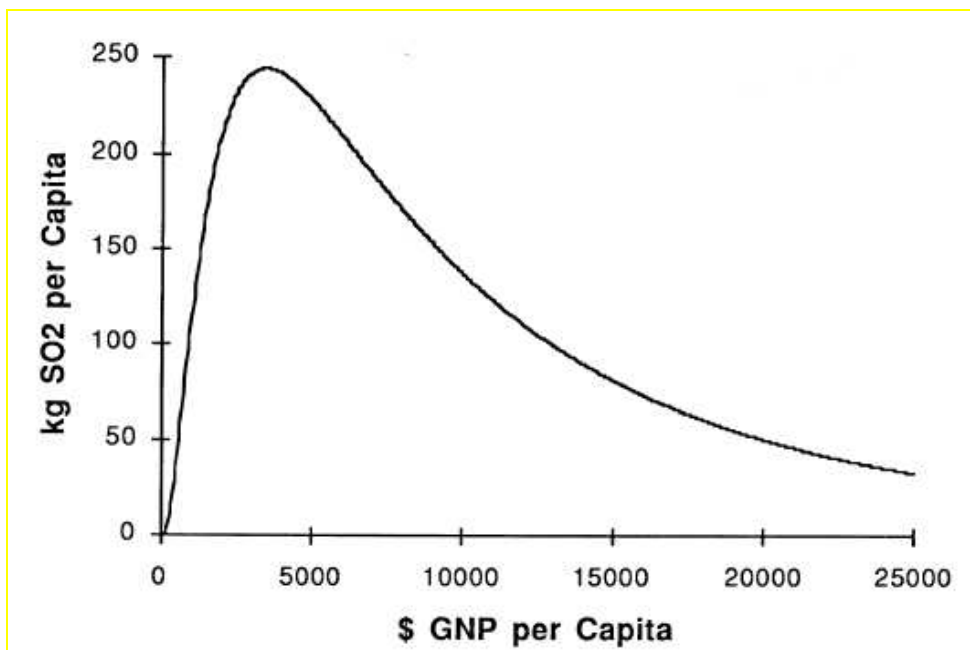
Para cumprir este objetivo, o texto está organizado, além desta introdução, como segue: a seção 2 apresenta breves aspectos teóricos da relação entre crescimento econômico e emissão de CO₂ oriundas da queima de combustíveis fósseis, na seção 3 é formulado o modelo econométrico para verificação da relação hipotética, a seção 4 trata das estimativas econométricas e da análise dos resultados, por fim a seção 5 apresenta as considerações finais.

2-Emissões de CO₂ e crescimento econômico

O referencial teórico que subsidiará a formulação do modelo econométrico da seção subsequente encontra-se sustentado no estudos relacionados à relação entre o crescimento econômico e seus impactos ambientais que alguns autores sustentam existir e a denominam de Curva de Kuznetz Ambiental.

Em trabalho seminal, Grossman e Krueger (1991), buscando evidenciar a relação entre emissão de poluentes (material particulado em suspensão (SPM) e dióxido sulfúrico (SO₂)) e o PIB per capita para os Estados Unidos, encontraram uma curva em formato de “U” invertido, que a partir de então foi denominada Curva de Kuznetz Ambiental (CKA). A Figura 1 ilustra esta relação.

Figura 1: Curva de Kuznets Ambiental para SO₂



Fonte: Panayotou (1993).

A trajetória ascendente representaria o estágio de mudança de uma economia agrícola para uma estrutura industrial, num contexto de baixa ou nenhuma regulamentação ambiental que associado às prioridades estatais no que se refere ao aumento da renda colocaria a questão ambiental num plano secundário frente ao crescimento econômico.

Com o incremento da renda e, sobretudo, com o crescente custo marginal da poluição oriundo das externalidades negativas decorrentes do processo de industrialização da economia aliado a maior conscientização ecológica da sociedade e a crescente escassez de recursos naturais, o país se encontraria obrigado a buscar um novo formato de desenvolvimento, com tecnologias mais limpas que, juntamente com o incremento da importância da economia de serviços, levaria a economia ao trecho descendente da curva.

A aceitação do segundo trecho (declinante) da curva não é tão consensual quanto o primeiro, uma vez que, como sugerem Suri e Chapman (1998), a declividade negativa poderia estar ocorrendo não apenas por uma vontade sócio-estatal, mas pela transferência de métodos produtivos intensivos em poluição dos países industrializados para os países em desenvolvimento (exportação de poluição).

A partir do seminal estudo muitos outros vêm sendo realizados na tentativa de associar a evolução da renda per capita com os índices de poluição. Variáveis como emissões automotivas, emissão de gases do efeito estufa e desmatamento são utilizadas na tentativa de se buscar evidências empíricas que comprovem a CKA. Levantamentos das diversas análises

sobre a relação podem ser encontrados em Stern(1998), Stagl (1999), Dinda (2004) e He (2007).

A maioria dos estudos chega às mesmas conclusões quanto à existência da CKA, como, por exemplo, as investigações de Cropper e Griffiths (1994) e de Hilton e Levinson (1998). A falta de consenso, no entanto, parece persistir nas explicações quanto ao trecho descendente da curva, isto é, como e porque se verifica uma melhora nos indicadores ambientais mantendo-se o incremento da renda per capita.

Para atingir os objetivos deste artigo a análise será concentrada na emissões decorrentes da queima de combustíveis fósseis líquidos, principal fonte energética para o setor de transportes, e o PIB per capita. A hipótese deste trabalho é que a relação em formato de “U” invertido não se verifica para o caso analisado, encontrando-se a relação CO₂ - PIB percapita em uma trajetória ascendente, ainda que as intervenções do governo brasileiro ocorridas até o momento tenham conseguido reduzir a emissão de carbono na atmosfera, como será visto adiante (Alvim et al,2009).

3-Formulação do modelo econométrico

Para a realização das análises necessárias ao artigo será utilizado um modelo de regressão com duas variáveis e, por contar com um tamanho amostral relativamente longo, a abordagem econométrica será a das séries temporais.

A relação entre produção e poluição tem sido tradicionalmente proposta nas formas quadrática e cúbica. Stagl (1999) cita alguns estudos que têm encontrado evidências de uma curva em forma de “N”, ao invés da forma em “U-invertido” preconizada pela CKA. O modelo possui uma equação única, na seguinte forma:

$$P_t = \alpha + \beta_1 \cdot Y_t + \beta_2 \cdot Y_t^2 + \beta_3 \cdot Y_t^3 + u_t \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde P_t representa as emissões de CO₂ decorrentes da queima de combustíveis fósseis líquidos per capita no ano t, α é um termo constante, Y_t é a renda per capita no ano t e u_t um termo de erro estocástico.

O modelo permitirá testar as várias formas da relação entre as variáveis e, conforme a significância estatística dos coeficientes, a função de regressão representará as diferentes relações entre renda per capita e emissão de CO₂.

Resumidamente temos que:

- 1) Se $\beta_1 > 0$ e $\beta_2 = \beta_3 = 0$, a relação entre emissões de CO₂ e PIB per capita será positiva e linear, com o aumento do PIB per capita levando ao aumento das emissões;
- 2) Se $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ e $\beta_3 = 0$ a relação terá o formato de “U” invertido, como prevê a CKA;
- 3) Se $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ e $\beta_3 > 0$ a curva terá um formato de “N”, indicando que a relação entre as variáveis após entrar num trecho negativo retomou a forma positiva;
- 4) Se $\beta_1 < 0$ e $\beta_2 = \beta_3 = 0$, temos uma situação onde a relação CO₂ versus PIB per capita é linearmente negativa.

4 - Estimativa do modelo e análise dos resultados

Esta seção tem o objetivo realizar a estimativa econométrica do modelo formulado na seção anterior. Para isso apresenta, primeiramente, as fontes dos dados e o seus respectivos tratamentos para em seguida reportar as estimativas, bem como os testes econométricos para validação estatística dos resultados. Após, realiza-se a análise dos resultados à luz da teoria previamente mencionada.

4.1 - Coleta e tratamento econométrico dos dados

Para a variável P_t , visando estabelecer uma relação com o setor de transportes optou-se por analisar o consumo dos combustíveis fósseis líquidos, para isso foram utilizados dados referentes às emissões de CO₂ oriundas da queima de combustíveis fósseis líquidos, per capita, obtidos em CDIAC(2009), sendo que cada unidade da série representa 1000 toneladas de Carbono. A escolha da variável CO₂ como indicador da degradação ambiental justifica-se pelo fato de que esse poluente é o principal componente do conjunto² de gases do efeito estufa (GEE), geradores do aquecimento global. Ademais, optou-se por analisar os dados em fluxo (emissões) ao invés de em estoque(concentração), uma vez que a primeira está ligada diretamente com o nível corrente da atividade econômica (ALMEIDA e CARVALHO, 2008). Para a variável explicativa Y_t foram utilizados dados referentes ao produto interno bruto(PIB) per capita obtidos em IPEA(2009), sendo que cada unidade da série representa US\$ 1000,00, a preços de 2008. Cabe destacar que o PIB per capita elevado à segunda e à terceira potência foram incluídos na regressão para testar as diferentes possibilidades de inflexão, pois, como

² Além do CO₂, os principais gases do efeito estufa são: Vapor d'água(H₂O), Ozônio(O₃), Metano(CH₄), Óxido Nitroso(N₂O), Clorofluorcarbonos(CFCs), Hidrofluorcarbonos(HFCs) e Perfluorcarbonos(PFCs). (MAY, LUSTOSA e VINHA, 2003).

explicam Suri e Chapman (1998), a forma quadrática do PIB capta aspectos da economia não constantes com o seu crescimento, como é o caso das mudanças tecnológicas e das regulações ambientais. Os dados selecionados abrangem o período de 1901 a 2005.

Antes do início das estimativas, verificou-se a estacionariedade da séries por meio do teste Dickey-Fuller Aumentado, fornecido pelo software Eviews. Os resultados obtidos indicaram que ambas as séries não são estacionárias em nível, sendo encontrada a estacionariedade apenas com as séries em primeira diferença, motivo pelo qual optou-se em estimar o modelo com as variáveis em primeira diferença, isto é, considerou-se que as séries são integradas de ordem 1, I(1). Também foi verificado, através do teste de Johansen, que as duas variáveis são cointegradas.

4.2 - Estimativas e interpretação dos resultados

O Modelo econométrico descrito na equação 1 foi estimado usando-se o software Eviews e o método utilizado foi o dos mínimos quadrados ordinários. As estimativas obtidas indicam que as emissões de CO₂ possuem uma relação linear e positivamente inclinada com o PIB per capita, não sendo estatisticamente significantes, ao nível de 5% de significância, os estimadores obtidos para o termo constante e para a segunda e terceira potências do PIB per capita.

Tabela 1- Resultados do Modelo da Equação 1

Variável	Coefficiente	Desvio Padrão	Estatística t	Prob.
Y_t	3,55E – 05	1,16E – 05	3,053775	0,0029
Y_t^2	-3,19E – 05	2,06E – 05	-1,546870	0,1251
Y_t^3	9,68E – 05	8,23E – 05	1,176186	0,2423
α	1,07E – 06	1,10E – 06	0,9744863	0,3320
R²	0,352059	SC	-20,28684	
R² Ajustado	0,332621	AIC	-20,38855	
Estatística D.W	1,543392 (Ausência de autocorrelação)			

Fonte: Elaboração do autor com dados da pesquisa

Pelos resultados obtidos, temos que um aumento na renda per capita possui um efeito positivo sobre as emissões de CO₂ relacionadas à queima de combustíveis fósseis líquidos no país.

Atenta-se, entanto, para o fato de que o coeficiente da variável da segunda potência do PIB apresenta uma estatística t com probabilidade (12,51%) muito próxima da aceitação de sua estimativa como diferente de zero se considerarmos um nível de significância de 10%, o que pode sinalizar uma proximidade ao ponto de inflexão da relação entre as duas variáveis.

Visando verificar se a evolução da relação analisada apresentou alguma alteração decorrente das políticas energéticas implementadas no país e com o intuito de fortalecer os argumentos oferecidos na conclusão final deste trabalho, foram realizadas duas estimações fundamentadas no modelo formulado pela equação 1, uma na qual a variável explicada é a utilizada anteriormente, qual seja a emissão de CO₂ oriunda da queima de combustíveis fósseis líquido e outra onde a variável explicada é a emissão de CO₂ presumida, aqui entendida como a soma entre emissões realizadas e emissões evitadas por conta do implemento das políticas energéticas da década de 1970 e calculada conforme metodologia descrita em Alvim et al(2009). Deve-se alertar para o fato que os autores calcularam as emissões evitadas apenas para o setor de transporte rodoviário, o que contribui com o enfoque que este artigo fornece ao referido setor. Outra questão de cunho metodológico e que deve ser mencionada antes da apresentação dos resultados das regressões refere-se ao fato de que o tamanho amostral é reduzido para o período compreendido entre 1970 e 2005, uma vez que este é o período analisado pelos autores.

Tabela 2 - Comparativo entre emissões realizadas e evitadas.

Variável	Y_t para emissão de CO2 realizada	Y_t para emissão de CO2 presumida
Coefficiente β_1	4,59E – 05	5,12E-05
Desvio Padrão	1,04E – 05	1,04E – 05
Estatística t	4,403872	4,944105
Prob.	0,0001	0,0000
R²	0,383004	0,438115
R² Ajustado	0,344442	0,402998
Estatística D.W	1,269654	1,493354
SC	-19,41031	-19,42372
AIC	-19,54362	-19,55703

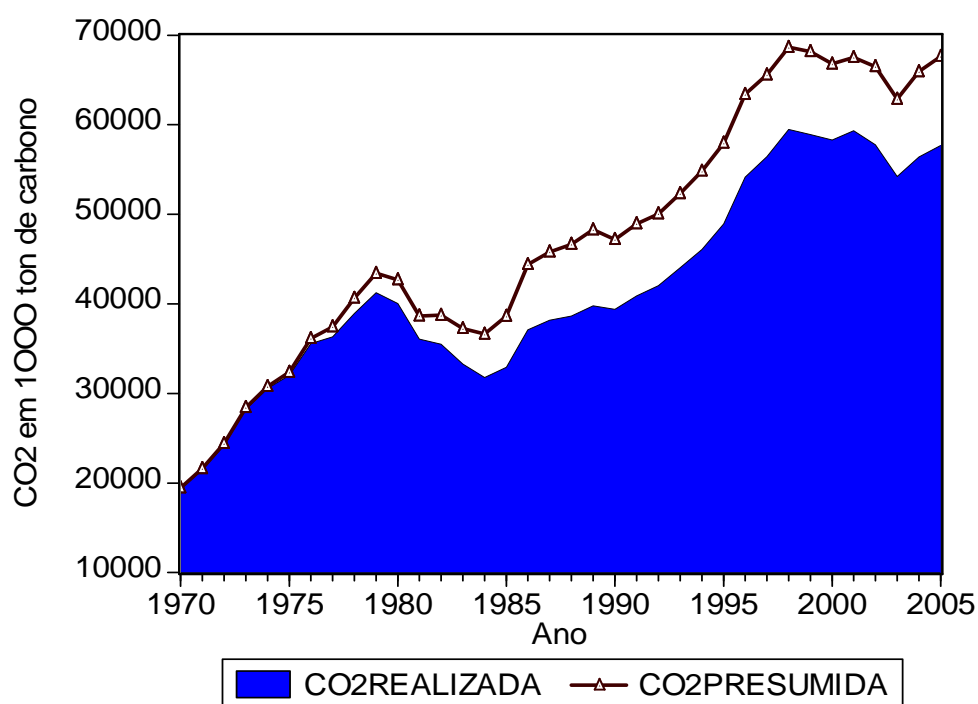
Fonte: Elaboração do autor com dados da pesquisa

Os coeficientes estimados para o termo constante e para a segunda e terceira potência do PIB per capita não foram estatisticamente significantes, motivo pelo qual optou-se por não reportá-los no comparativo. Da mesma forma que a análise anterior, as variáveis também foram utilizadas em primeira diferença, pois em ambos os casos são integradas de ordem 1, I(1).

Da análise da tabela 2 percebe-se que a implementação das políticas energéticas da década de 1970, ainda que na sua concepção não possuíssem vieses de proteção ambiental, mas sim aspectos relacionados à segurança energética e às questões relacionadas a elevação dos custos dos combustíveis, contribuíram para diminuir o impacto do crescimento da renda per capita sobre as emissões de CO₂, conforme se depreende do menor coeficiente estimado para a regressão onde a variável explicada é emissão de CO₂ realizada. Como apontam Alvin et al(2009), as políticas concebidas no período citado correspondem, principalmente, à substituição da gasolina pelo gás natural, à substituição da gasolina pelo óleo diesel no setor de transportes de cargas e passageiros e denominado por alguns autores de “dieselização da frota” e o advento do Programa Nacional do Álcool – Pro-Álcool.

Portanto, numa eventual ausência das políticas acima, o impacto do crescimento econômico nas emissões, representado na tabela 2 por β_1 , teria sido maior. Gráficamente as situação real e evitada para o caso pode ser esboçadas como apresenta a figura 2:

Figura 2 – Comparação das emissões de CO2 presumida e realizada.



Fonte: Elaboração própria com dados de CDIAC (2009) e Alvin et al(2008)

As emissões evitadas aqui analisadas totalizam 201.472,8 mil toneladas de carbono para o período analisado, número que corresponde aproximadamente à toda a quantidade emitida de carbono para as emissões de CO₂ analisadas neste artigo para o período compreendido entre os anos de 2002 e 2005, inclusive.

5 - Considerações finais

A conciliação entre crescimento econômico e a sustentabilidade ambiental é um dos principais desafios na agenda de discussão de um modelo de desenvolvimento sustentável a nível global. Nos últimos anos diversos estudos empíricos vêm encontrando resultados distintos quanto a forma clássica de análise da relação entre crescimento econômico e qualidade ambiental traduzida na hipótese da Curva de Kuznets Ambiental.

Este artigo, ao demonstrar que a relação entre emissões de CO₂ oriundas da queima de combustíveis fósseis líquido e PIB per capita é positiva e crescente, até o momento, indica que o aumento da atividade econômica não leva, necessariamente, a uma melhora dos indicadores ambientais, indo ao encontro dos estudos que consideram que a CKA deve ser relativizada, não se traduzindo em uma verdade absoluta.

No caso brasileiro, muito embora as políticas energéticas mencionadas neste trabalho tenham alterado a trajetória de emissões de carbono na atmosfera para um nível menor do que o presumido, nos setores dependentes da forma de energia analisada, sobretudo nos transportes, a relação permanece crescente, sinalizando que a reversão da relação aqui analisada requer a continuidade e expansão das ações visando a substituição de fontes energéticas não-renováveis por fontes renováveis, como as oriundas da biomassa, dentre outras iniciativas que avançam além da questão energética.

Medidas como a implementação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel - PNPB, que ao prever a mistura de óleos vegetais ao óleo diesel para consumo diminuem a quantidade de emissões de CO₂ lançadas na atmosfera são relevantes e devem ser objeto permanente de aperfeiçoamento e expansão, pois aliam desenvolvimento tecnológico, social e econômico com as potencialidades inerentes ao território brasileiro.

No entanto, apenas soluções relacionadas ao aumento da participação dos combustíveis renováveis na matriz energética brasileira talvez não sejam suficientes para alterar o sinal da relação demonstrada neste trabalho, deve-se, portanto, buscar novos paradigmas para um desenvolvimento sustentável, como no caso da matriz logística de transportes do país que

necessita ser reestrurada para modais mais eficientes energeticamente e menos agressivo ao meio ambiente que o rodoviário.

6 - Referências bibliográficas

ALMEIDA, E. e CARVALHO, T. *A hipótese da curva de kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial*. Disponível em: < www.portalfea.ufjf.br > . Acessado em: 28 abr. 2009

ALVIM, C. et al. Avaliação das emissões evitadas pela política energética brasileira no setor transporte rodoviário. *Economia & Energia*, Rio de Janeiro, ano XII, n. 70, out/nov. 2008. Disponível em < www.ecen.com > . Acesso em: 10 maio 2009.

CALABI, A et al. *A energia e a economia brasileira*. São Paulo, Pioneira/Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, 1983.

CAPRIGLIONE, P. *A energia renovável na matriz energética brasileira*. 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Finanças e Economia Empresarial) – Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2006.

CARBON DIOXIDE INFORMATION ANALYSIS CENTER (CDIAC). Washington, EUA. Disponível em: < <http://cdiac.ornl.gov/> >. Acesso em 29 abr. 2009.

CROPPER, M.; GRIFFITHS, G. The interaction of population, growth and environmental quality. *American Economic Review*, Pittsburgh , v.84, p.250-254, 1994.

DINDA, S. Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, vol. 49, p. 431-455, 2004.

ENDERS, W. *Applied econometric time series*. 2ª ed. Danvers,MA,USA. Wiley, 2004.

GOLDEMBERG, J. Energia e desenvolvimento. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.12, n.33, p. 7-15, 1998.

GROSSMAN, G.; KRUEGER, A. Environmental Impacts of A North American Free Trade Agreement. *NBER, Working Paper no. 3914*, Cambridge, MA, EUA, 1991.

GUJARATI, D. *Econometria básica*. 3ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2000.

HE, J. Is the Environmental Kuznets Curve hypothesis valid for developing countries? A survey. *Cahiers de recherche 07-03, Département d'Economique de la Faculté d'administration à l'Université de Sherbrooke*, 2007.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA(IPEA). Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: < www.ipeadata.gov.br > . Acesso em 29 abr. 2009.

KUZNETS, S. Economic Growth and Income Inequality. *American Economic Review*, Pittsburgh, n. 49, p. 1-28, 1955.

LEVINSON, A. Environmental Kuznetz Curve. *New Palgrave Dictionary of Economics*. Second Edition, 1998

LUCENA, A. Estimativa de uma curva de kuznets ambiental aplicada ao consumo de energia e às emissões de carbono do Brasil. In: VI ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, Brasília, 2005.

MAGNANI, E. The Environmental Kuznetz Curve, environmental protection policy and income distribution. *Ecological Economics*, v.32, p. 431-443, 2000.

MAY, P., LUSTOSA, M., VINHA, V. (Organizadores). *Economia do Meio Ambiente – Teoria e Prática*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

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

PASCOTE, R. *Viabilidade da introdução do biodiesel na matriz energética brasileira*. 2007. 187 f. Dissertação(Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba. 2007.

SACHS, I. A revolução energética do século XXI. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.21, n.59, p. 21-38, 2007.

SMULDERS, S., BRETSCHEGER, L., EGLI, H. Economic Growth and the Diffusion of Clean Technologies: Explaining Environmental Kuznetz Curves. *CER-ETH Economic Working Paper Series*, 05/42, Zurich: Center of Economic Research, 2005.

STAGL, S. Delinking Economic Growth from Environmental Degradation? A Literature Survey on the Environmental Kuznets Curve Hypothesis. *Working Papers geewp06, Vienna University of Economics and B.A. Research Group: Growth and Employment in Europe: Sustainability and Competitiveness*. 1999.

STERN, D. Progress on the environmental Kuznets curva? *Environment and Development Economics*, Cambridge , vol. 3, p. 173-196, 1998.

SURI, V., CHAPMAN, D., 1998, *Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve*, *Ecological Economics*, v. 35, pp. 115 – 208.

VEIGA, J. *Desenvolvimento sustentável – O desafio do século XXI*. 3ª ed.. Rio de Janeiro, Garamond, 2008.

WAGNER, M. The carbon Kuznets curve: A cloudy picture emitted by bad econometrics? *Resource and Energy Economics*, vol. 30, p. 388-408. 2008.