

**Insper Instituto de Ensino e Pesquisa  
Faculdade de Economia e Administração**

**José Luiz Pimentel Duarte**

**A relação entre o preço da gasolina e a escolha por carros mais  
eficientes nos Estados Unidos – Uma solução de mercado para a  
Sustentabilidade**

**São Paulo  
2010**

José Luiz Pimentel Duarte

**A relação entre o preço da gasolina e a escolha por carros mais eficientes nos Estados Unidos – Uma solução de mercado para a Sustentabilidade**

Projeto Final apresentada ao curso de Ciências Econômicas, como requisito para obtenção do grau de Bacharel do Insper.

Orientador:  
Prof. Eraldo Genin Fiori – Insper

**São Paulo  
2010**

Duarte, José Luiz Pimentel

A relação entre o preço da gasolina e a escolha por carros mais eficientes nos Estados Unidos – Uma solução de mercado para a Sustentabilidade / José Luiz Pimentel Duarte. – São Paulo: Insper Instituto de Ensino e Pesquisa, 2010.

37 f.

Monografia: Faculdade de Economia e Administração. Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

Orientador: Prof. Eraldo Genin Fiori

1.Preço da Gasolina 2. Eficiência 3. Aquecimento Global

José Luiz Pimentel Duarte

**A relação entre o preço da gasolina e a escolha por carros mais eficientes nos Estados Unidos – Uma solução de mercado para a Sustentabilidade**

Monografia apresentada à Faculdade de Economia do Insper, como parte dos requisitos para conclusão do curso de graduação em Economia.

Aprovado em Dezembro 2010

**EXAMINADORES**

---

Prof. Eraldo Genin Fiori  
Orientador

---

Prof. Dr. Fernando Ribeiro  
Examinador(a)

---

Prof. Ana Lucia Pinto da Silva  
Examinador(a)

## Agradecimentos

Agradeço ao meu professor orientador, Eraldo, cujas aulas me motivaram a olhar para questões ambientais e pela ajuda durante a realização desta monografia.

Agradeço também a você Carol, que esteve comigo durante todo este período.

Muito Obrigado.

## Dedicatória

Dedico essa monografia à minha família, que sempre me apoiou nas horas difíceis e comemorou comigo nos momentos felizes. Por todo este carinho cheguei aonde cheguei. Muito Obrigado.

## Resumo

DUARTE, José Luiz Pimentel. A relação entre o preço da gasolina e a escolha por carros mais eficientes nos Estados Unidos – Uma solução de mercado para a Sustentabilidade. São Paulo, 2010. 37p. Monografia – Faculdade de Economia e Administração. Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

A preocupação com os danos que o homem vem promovendo ao longo dos anos na natureza tem aumentado constantemente, e tem sido objeto de muitos estudos e grandes encontros entre países que buscam evitar prejuízos ainda maiores ao planeta.

Porém, essa monografia tem como objetivo comprovar que a preocupação com o meio ambiente não é resultado exclusivo da percepção dos danos causados, mas que tem relação direta com a oscilação de determinadas variáveis.

Para isso, buscaram-se evidências que apontem que o preço da gasolina tem efeito de causalidade sobre variáveis que podem ser consideradas como indicadoras de um arranjo mais sustentável, leia-se aqui: milhas rodadas por carro, combustível consumido por carro, eficiência dos novos carros domésticos, e utilização do Etanol como combustível alternativo.

Como resultado, pode-se evidenciar que as variáveis Etanol, Consumo de Combustível por Carro e Eficiência de Novos Carros Domésticos realmente são influenciadas pelo preço da gasolina, mas, por sua vez, sobre a variável Milhas Rodadas por Carro ele não produz o mesmo efeito.

Palavras-chave: Preço da Gasolina, Eficiência, Aquecimento Global.

## Abstract

DUARTE, José Luiz Pimentel. A relação entre o preço da gasolina e a escolha por carros mais eficientes nos Estados Unidos – Uma solução de mercado para a Sustentabilidade. São Paulo, 2010. 37p. Monograph – Faculdade de Economia e Administração. Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

The concern about the damage that man has been promoting over the years to the environment has increased steadily, and has been the subject of many studies and meetings between countries that seek to prevent further damage to the planet.

However, this thesis aims to prove that concern for the environment is not the exclusive result of the perception of damage, but has direct relation with the oscillation of certain variables.

To do so, they sought evidence is pointing to the price of gasoline has an effect on the causal variables that can be considered as indicative of a more sustainable arrangement, read here: mileage per car, fuel consumption per car, efficiency of the new domestic cars, and use of ethanol as an alternative fuel.

As a result, one can show that the variables Ethanol, Fuel Consumption and Efficiency of New Domestic Cars really are influenced by the price of gasoline, however the variable Mileage Driven by Car does not produce the same effect .

Keywords: Price of Gasoline, Efficiency, Global Warming.

## Sumário

1. Introdução .....	9
2. Revisão Literária.....	11
3. Metodologia.....	13
4. Análise das Variáveis .....	15
5. Estimação do Modelo .....	19
6. Conclusão .....	27
7. Referências .....	28

## 1. Introdução

Com as altas do preço do petróleo ocorridas nos últimos 5 anos, a busca por um produto substituto mais barato e com menores efeitos danosos ao meio ambiente tem se intensificado. Para os próximos 20 anos a expectativa é a de que a energia provinda de fontes renováveis cresça numa média de 7,2% ao ano, enquanto a participação do petróleo como fonte de energia caia 4,3% no mundo, no mesmo período (Relatório *World Development Indicators*). Esses dados mais do que apontam uma substituição de fontes de energia, mas parecem indicar que a alta do preço do petróleo parece estar induzindo o desenvolvimento de novas tecnologias não só mais baratas, mas também sustentáveis, evidenciando uma mudança no tipo de demanda. Esta agora parece levar em conta outros aspectos além do preço.

Apesar de já existirem algumas iniciativas governamentais visando à redução dessa emissão, como o tratado de Kyoto e o Mercado de Carbono, estes planos se baseiam em uma maturação de longo prazo, necessitando intervenções governamentais para terem seus objetivos alcançados. Não obstante, essas intervenções poderão causar uma nova externalidade, uma vez que ações restritivas podem levar a uma diminuição da eficiência econômica através da perda de competitividade em relação a outros países. A ascensão econômica e conseqüente desenvolvimento de países emergentes, como a China e a Índia, tem elevado a demanda por combustíveis emissores de CO<sub>2</sub> e assim dos índices de poluição de tais países (The Economist). O argumento é como impedir o crescimento dos índices de poluição, sem limitar o direito desses países crescerem.

Com este cenário em mente, esta monografia irá buscar evidências que apontem que o preço da gasolina tem efeito de causalidade sobre variáveis que podem ser consideradas como indicadores de um arranjo mais sustentável. Se esse for o caso, conseguirei mostrar que a melhor política pública para incentivo da diminuição de gases danosos para o meio ambiente deverá estar alinhada com os movimentos de mercado frente aos preços de gasolina, podendo, assim, incentivar a busca por tecnologias e energia renovável.

Quando analisado o comportamento do consumidor americano em relação ao consumo de carros, percebe-se que, mediante a um choque nos preços da gasolina há um ajuste na demanda de mercado de automóveis. Dependendo da estabilidade do preço da gasolina no período, carros que apresentem maior eficiência em relação ao consumo de combustível por quilômetro podem ser beneficiados por este movimento de preço (Goodman, 1983).

Segundo o levantamento realizado pelo *Energy Information Administration* (2008), do ano 2000 até o ano 2006, o aumento da emissão de dióxido de carbono foi de 21,59% no mundo. Além disso, o estudo realizado pelo *National Climate Data Center* (2008) aponta um aumento da temperatura média do planeta em 0,13°C por década, nos últimos 50 anos.

Um dos pilares da sustentabilidade está na redução, se não reversão, das taxas de aquecimento global. Como essas taxas apresentam relação próxima ao nível de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), e o mesmo é emitido com a queima de petróleo e seus derivados, o objetivo desta monografia será encontrar evidências que suportem, inicialmente, que choques no preço da gasolina levarão a uma redução da emissão de dióxido de carbono por carro comercial como consequência da alteração do consumo norte americano por automóveis que apresentem características mais sustentáveis.

Essas características estarão representadas por um aumento nas taxas de consumo de gasolina por quilômetro rodado, através do aumento da venda de carros mais econômicos, e pelo aumento de produção de combustíveis renováveis, como por exemplo, o Etanol. A busca por esta relação de causalidade ocorrerá apenas nos Estados Unidos devido à maior velocidade com a qual a variação do preço do petróleo é repassada ao consumidor através do preço da gasolina.

Entre as variáveis que inicialmente serão testadas estão: o preço da gasolina, milhas rodadas por carro, combustível consumido por carro, eficiência dos novos carros domésticos, e utilização do Etanol como combustível alternativo.

Uma vez aceita esta relação de causalidade como estatisticamente relevante, poderá ser encontrada alguma evidência sobre a capacidade do mercado em caminhar para um equilíbrio sustentável de longo prazo, no mercado automobilístico.

O resultado encontrado mostrou que o preço da gasolina influi no comportamento de variáveis consideradas sustentáveis e de transformação tecnológica. Um aumento do preço da gasolina diminui o consumo de combustível por carro, aumenta o consumo de etanol ao invés da gasolina e desenvolve a eficiência dos novos carros produzidos nos Estados Unidos. Porém, não causa efeitos sobre as milhas rodadas por carro.

Na seção 2 foi feita uma revisão literária, que buscou em trabalhos anteriores a base para a escolha das variáveis utilizadas nessa monografia. Logo após, na seção 3, há a descrição da metodologia utilizada nesse trabalho e, em seguida, na seção 4, encontra-se a análise das variáveis. A seção 5 apresenta a estimação do modelo e, finalmente, na seção 6 encontram-se os principais resultados obtidos por essa monografia.

## 2. Revisão Literária

Para justificar o tema desta monografia sobre a possibilidade de que o próprio mercado poderia buscar um equilíbrio de longo prazo, ou seja, que com um aumento dos preços da gasolina faz-se viável o investimento e consumo de automóveis que utilizem outros tipos de combustíveis que não fósseis, ou que apresentem maior eficiência, representado pela variação positiva da taxa galão/quilômetro de gasolina. Para a relevância das premissas levantadas faz-se alusão a Goodman (1983), Borenstein, Cameron e Gilbert (1997), Farzin (2001) e Huntington (2009).

Goodman (1983) investiga o quanto consumidores americanos estariam dispostos a pagar por um aumento de 1% de aumento da eficiência de cada automóvel, medida por MPG (*Miles Per Gallon*). O modelo proposto por Goodman se baseia na análise hedônica dos preços onde, a “diferença na milhagem de cada carro deveria diminuir seu custo operacional, com tudo mais constante”:

$$V_1 - V_2 = \sum_0^T \frac{c_{2t} - c_{1t}}{(1+r)^t}$$

Para captar a mudança de eficiência dos carros, medida em MPG, Goodman adotou um modelo onde os gastos seriam uma função decrescente de MPG ( $g$ ), em que  $S$  são os custos com gasolina para o carro,  $z$  são as milhas rodadas anualmente pelo carro, e  $p$  é o preço da gasolina, em galão.

$$\frac{\partial S}{\partial g} = \frac{-zp}{g^2}$$

De acordo com o estudo de Goodman, caso um carro tivesse um rendimento de 10 MPG um aumento de 1 MPG levaria a uma diminuição de 10% na compra de gasolina, por veículo, por ano. Já se o carro apresenta-se um rendimento de 20 MPG, esse aumento de 1 MPG representaria uma diminuição de 5% na compra de gasolina, por veículo, por ano. Foi através desta descoberta que Goodman se baseou para testar se existia mesmo uma predisposição a pagar por um carro mais eficiente.

Goodman estudou apenas o mercado de carros usados e seu foco esteve nos anos de 1977 e 1979. O primeiro, caracterizado por preços de petróleo estáveis, enquanto no segundo, os preços de petróleo haviam acabado de sofrer um aumento de 50%, devido à diminuição da oferta. Sua pesquisa descobre que, quando o preço está estável (1977), quanto mais o carro for eficiente, menos o consumidor estará disposto a pagar pela MPG adicional. De maneira geral,

para cada aumento de eficiência do automóvel, medida pela MPG, o consumidor americano estaria disposto a pagar menos 1,86% por um carro mais eficiente.

Outra evidência de que o aumento do preço do petróleo poderá causar sua substituição por outro tipo de combustível, está no estudo realizado por Farzin (2001). Neste, ele descobre que para que a dependência da importação do petróleo dos Estados Unidos parasse de crescer, seria necessário, *ceteris paribus*, que o preço do petróleo crescesse entre 1,5% e 4,5%, regularmente. Assim, um governo preocupado com o aquecimento global ou até mesmo com a dependência de outros países pela sua fonte geradora de energia, estará disposto a intervir neste sentido, incentivando o desenvolvimento de novas tecnologias para atingir tal independência.

Borenstein, Cameron e Gilbert (1997) testaram e confirmaram a hipótese de que o preço da gasolina para o consumidor final se ajusta mais rapidamente quando há um aumento positivo do preço do petróleo, do que quando há uma queda. Com isso pode-se entender que como a velocidade de ajuste é maior para aumentos do que para quedas dos preços do petróleo, então, espera-se que a tendência seja positivamente inclinada, indicando que seguem uma trajetória de aumento de preços. Esse estudo reforça a idéia levantada por Farzin e justifica a expectativa por esforços pela substituição das importações de petróleo.

Já Huntington (2009) descobre que, quando preços do petróleo “crescem acima dos níveis históricos, podem prover um aumento de incentivos para ajustes de longo prazo da demanda, substancialmente maior do que em outro caso”.

Com base nestas evidências, esta monografia testará, quase três décadas depois, com avanços tecnológicos, uma oferta mais heterogênea de automóveis e três fóruns globais sobre ecologia depois, qual o comportamento do consumidor de automóveis quanto ao preço da gasolina. Parece válido descobrir, se a substituição de carros menos eficientes por outros mais, após um choque dos preços do petróleo como o ocorrido em 2008, é estatisticamente relevante.

Os resultados obtidos pelos quatro *papers* citados servem como premissas iniciais para a busca desta monografia por resultados que estejam em concordância com as evidências coletadas até hoje, já que deles se entende que: o crescimento constante do preço do petróleo leva a uma substituição de sua importação; a preferência por carros mais eficientes sofre variações com choques nos preços do petróleo; um ajuste para cima do preço da gasolina é sempre maior do que um para baixo, dada a variação do preço do petróleo; e novos picos dos preços do petróleo apresentam respostas no consumo de longo prazo, além do de curto prazo (Huntington, 2009).

### 3. Metodologia

Para buscar evidências de que o preço da gasolina é ferramenta fundamental para provocar mudanças de comportamento dos consumidores e, assim, levar a um resultado mais sustentável, esta pesquisa buscará descobrir relações de causalidade entre: o preço da gasolina, milhas rodadas por carro, combustível consumido por carro, eficiência dos novos carros domésticos, e utilização do Etanol como combustível alternativo. O objetivo é então, entender quais oscilações nas variáveis que aparentam pertencer ao processo de decisão do consumo automobilístico, podem ser explicadas por oscilações do preço da gasolina. Os dados relativos ao setor automobilístico foram coletados nos resultados divulgados no relatório *National Transportation Statistics* (2009).

Para captar tais relações de causalidade, será utilizado o teste de Causalidade de Granger. Este teste é realizado sobre um Vetor Auto Regressivo (VAR) ou um Vetor de Correção de Erros (VECM). A definição de qual modelo usar será dada pelo resultado do teste de raiz unitária, DFA (Dickey-Fuller Aumentado). Uma vez descoberta a presença de não estacionariedade nos erros das séries, conclui-se que o modelo adequado a ser utilizado será o VECM. Isso porque na presença de raiz unitária, o VAR omitiria variáveis relevantes, já o VECM corrigirá esse problema (Bueno, 2008 p.212).

Pode-se agora realizar o teste de Cointegração de Johansen para definir o posto da matriz  $\Phi$ . Este teste buscará descobrir se há “alguma relação de equilíbrio de longo prazo unindo os componentes individuais” (Hamilton, p.572). Nele, Johansen “propõe a normalização aos vetores de cointegração, de forma a restringir as possibilidades que as matrizes possam seguir”, sua vantagem é que ele “permite a estimação do VECM simultaneamente aos vetores de cointegração”. (Bueno, p. 216) Sua relevância se dá, pois, para trabalharmos com um modelo não mais bivariado, ou seja, um VAR ou um VECM, todos os elementos precisam ser integrados de mesma ordem.

$$X_t \sim CI(d, b)$$

Onde, (d, b) representa a ordem de integração do vetor  $X_t$ ,  $n \times 1$ .

O software a ser utilizado para a realização dos testes mencionados acima será o E-views.

Uma vez ajustadas as séries e definidos os modelos adequados para a inferência, realiza-se finalmente o teste de Causalidade de Granger. (Bueno, p.189). Onde,

$$Z_t = \phi_{20} + \sum_{i=1}^p \phi_{i,21} y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \phi_{i,21} z_{t-i} + e_{2t}$$

Agora, testa-se se y não-Granger-causa z usando o teste F, sob:

$$H_0: \phi_{1,21} = \phi_{2,21} = \dots = \phi_{p,21} = 0$$

$$H_1: \phi_{1,21} \neq 0$$

onde,  $i=1, 2, \dots, p$ .

A estatística do teste é dada por:

$$S_1 = \frac{(e_r^2 - e_u^2)/p}{e_u^2/(T-2p-1)} \xrightarrow{d} F(p, T - 2p - 1),$$

em que r representa restrito e u, não restrito. Se  $S_1 > F^{5\%}$ , rejeita-se a hipótese nula de que y, não-Granger-causa z. Nesta monografia, o preço da gasolina será representado por y e as demais séries por z.

Ou seja, se rejeitamos a hipótese nula, podemos afirmar com 95% de confiança que os preços passados da gasolina, em média, tendem a influenciar nos preços atuais das variáveis testadas. Analisam-se então, as relações de causalidade entre preços e quantidades demandadas, por tais elementos.

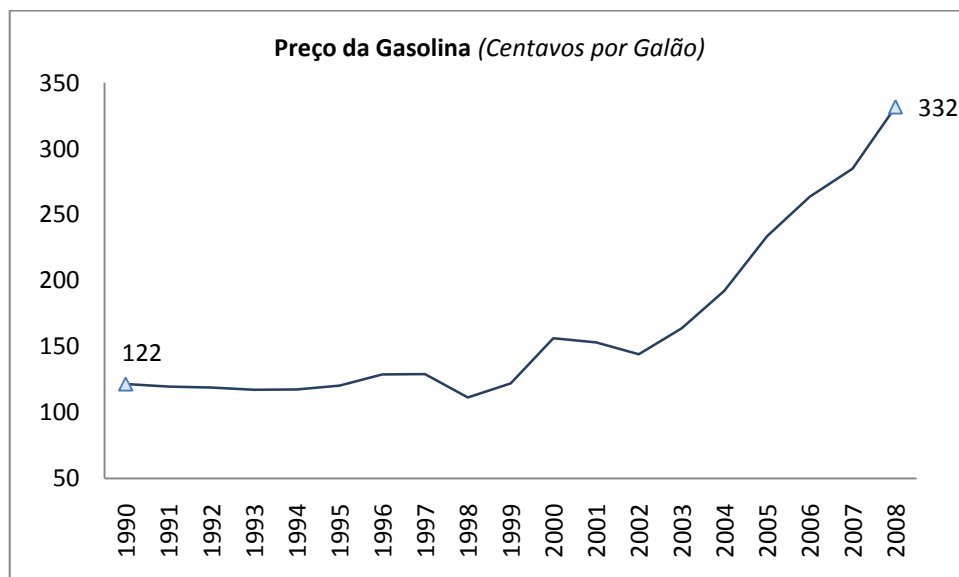
Os testes serão feitos em pares, com uma das variáveis sendo sempre a variável “Preço da Gasolina”, já que está é a única variável exógena do modelo, e é a qual se quer testar para aferir sua capacidade de induzir a mudança tecnológica nos carros norte americanos.

## 4. Análise das Variáveis

Para a escolha das variáveis, o critério adotado levou em conta a intuição econômica sobre o comportamento esperado de variáveis frente a evolução do preço do petróleo. Ou seja, variáveis que poderiam ser afetada com o aumento do preço da gasolina para o consumidor final. As variáveis escolhidas para o modelo foram:

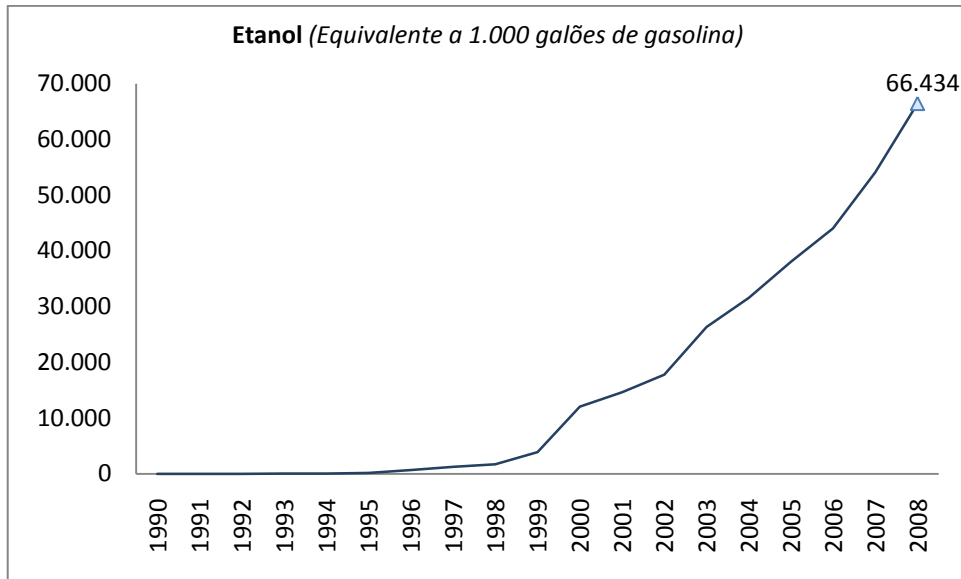
- **Preço da Gasolina** (*centavos por galão*);
- **Consumo de Combustível por Carro** (*Média de combustível consumido por carro, por ano, por galão*);
- **Eficiência dos Novos Carros Domésticos** (*Eficiência do consumo de combustível de novos carros*);
- **Milhas Rodadas por Carro** (*Média de milhas rodadas por carro, por galão*);
- **Etanol 85%** (*Equivalente a 1.000 galões de gasolina*).

O aumento do preço da gasolina e a utilização do Etanol como combustível alternativo parece apresentar algum efeito de causalidade já que com os aumentos anuais do preço da gasolina para o consumidor, outros combustíveis alternativos ganharam espaço.



**Figura 1 – Evolução do preço da gasolina nos Estados Unidos.**

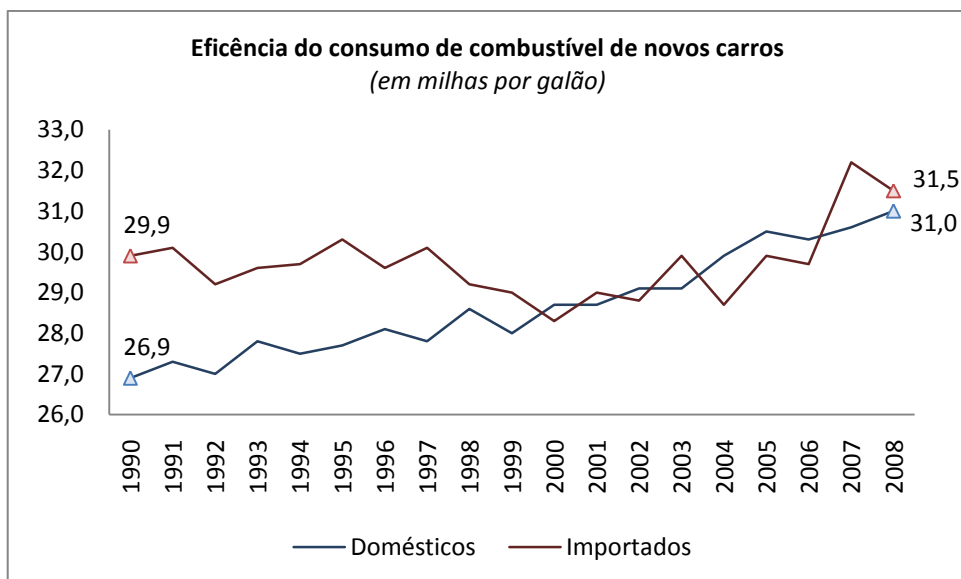
Fonte: *National Transportation Statistics*.



**Figura 2 – Evolução do consumo de Etanol em veículos nos Estados Unidos.**

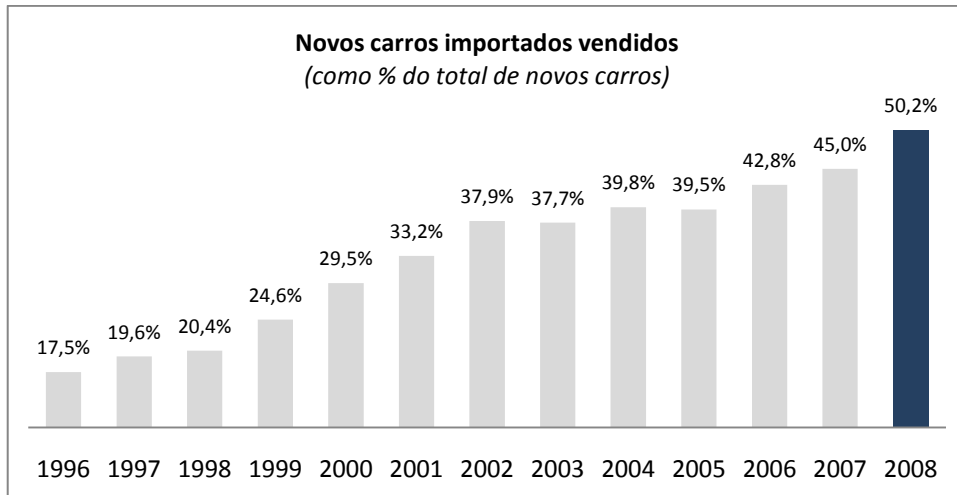
Fonte: *National Transportation Statistics*.

Outra evidência parece ser a mudança na eficiência dos novos carros produzidos nos Estados Unidos. Nos últimos 20 anos, os carros produzidos domesticamente aumentaram sua eficiência, medida em Milhas Por Galão (MPG), visando chegar à eficiência já apresentada por carros importados. A busca por carros mais eficientes pode ser um dos fatores que levaram ao aumento percentual dos carros importados em relação ao total de novos carros vendidos nos Estados Unidos, ultrapassando os 50% em 2008.



**Figura 3 – Comparação de eficiência no consumo de combustível entre carros domésticos e importados.**

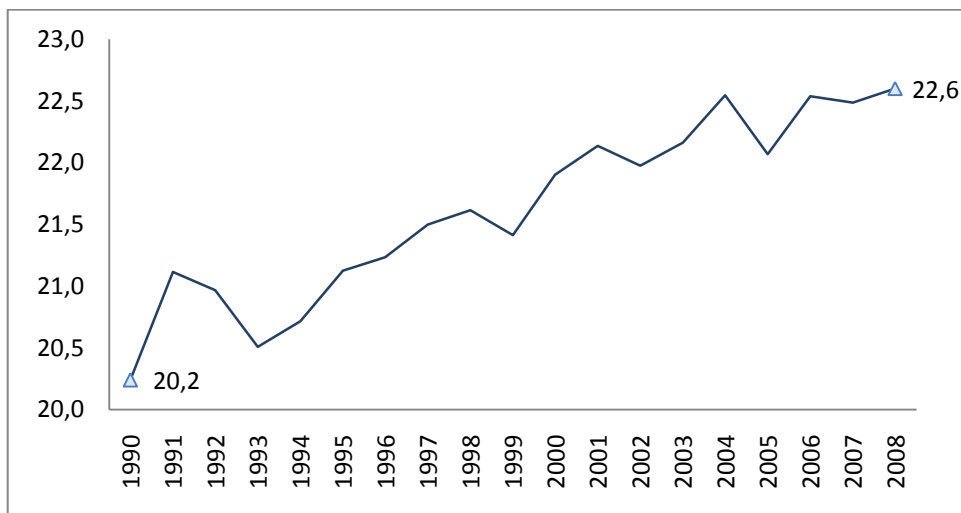
Fonte: *National Transportation Statistics*.



**Figura 4 – Carros importados vendidos nos Estados Unidos.**

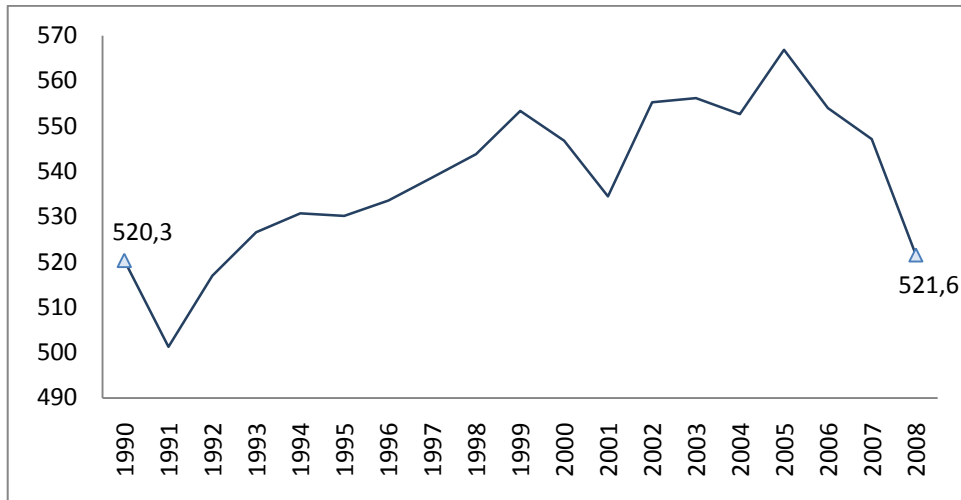
Fonte: *National Transportation Statistics*.

Este estudo de causalidade parece estar ainda mais fundamentado quando se afere que o consumo médio de gasolina dos carros, que inclui toda a frota em circulação nos Estados Unidos e não apenas os carros novos, apresentou forte retração nos últimos 3 anos, alcançando em 2008 o menor índice desde 1992 mas, em contrapartida, a quantidade de milhas rodadas por carro é a maior da história.



**Figura 4 – Média de milhas rodadas por carro (por galão)**

Fonte: *National Transportation Statistics*.



**Figura 5 – Média de combustível consumido por carro, por ano (por galão)**

Fonte: *National Transportation Statistics*.

Com estas informações alinhadas pode-se acreditar que haja uma relação de causalidade entre elas e, se for esse o caso, pode-se entender que estas forças de mercado, que estão levando à troca de carros menos eficientes por mais e carros com combustível mais barato e eficientes que a gasolina (Etanol, por exemplo), é que serão as incentivadoras de um movimento que leve à sustentabilidade do meio de locomoção automobilístico.

A base de dados disponível para as variáveis propostas, entretanto, só permitiu que cada série fosse trabalhada com 19 observações o que foi um empecilho para os testes do modelo proposto.

## 5. Estimação do Modelo

Para facilitar a iteração no software utilizado (Eviews), as seguintes variáveis foram abreviadas da seguinte maneira:

- **Preço da Gasolina – PG** (*centavos por galão*);
- **Consumo de Combustível por Carro – CCC** (*Média de combustível consumido por carro, por ano, por galão*);
- **Eficiência dos Novos Carros Domésticos – ENCD** (*Eficiência do consumo de combustível de novos carros*);
- **Milhas Rodadas por Carro – MRC** (*Média de milhas rodadas por carro, por galão*);
- **Etanol 85% – Etanol** (*Equivalente a 1.000 galões de gasolina*).

Todas as séries serão trabalhadas com a sua variação anual, assim, pode-se entender qual o impacto que as mudanças anuais têm sobre cada série, afim de melhor captar este efeito através do teste de Causalidade de Granger a ser feito. Todas as séries serão estimadas contra o preço da gasolina, dado que esta é a única variável que está sendo testada como exógena, indutora de mudança.

Nas tabelas abaixo poderemos ter uma idéia do comportamento das variáveis e da relação entre elas.

**Tabela 1 – Estatística descritiva das variáveis.**

Amostra: 1990 2008

	PG	CCC	ENCD	MRC	ETANOL
Média	164,8	538,4	28,7	21,6	16.477,0
Erro padrão	15,1	3,8	0,3	0,2	4.824,3
Mediana	129,1	538,7	28,6	21,6	3.916,0
Desvio padrão	65,8	16,7	1,3	0,7	21.028,5
Variância da amostra	4.326,4	278,2	1,6	0,5	442.197.931,0
Curtose	1,2	-0,2	-1,0	-1,0	0,3
Assimetria	1,5	-0,4	0,5	-0,3	1,2
Intervalo	220,2	65,6	4,1	2,4	66.419,4
Mínimo	111,5	501,3	26,9	20,2	15,0
Máximo	331,7	566,9	31,0	22,6	66.434,4
Soma	3.130,5	10.230,5	544,6	410,8	313.063,4
Observações	19	19	19	19	19

Fonte: *National Transportation Statistics*.

Tabela 2 – Correlograma das variáveis.

Correlograma	PG	CCC	ENCD	MRC	ETANOL
PG	1	0,29	0,90	0,76	-0,09
CCC	0,29	1	0,59	0,59	-0,11
ENCD	0,90	0,59	1	0,90	-0,09
MRC	0,76	0,59	0,90	1	-0,16
ETANOL	-0,09	-0,11	-0,09	-0,16	1

Fonte: *National Transportation Statistics*.

Para aferir se a intuição desta monografia está estatisticamente fundamentada utilizaremos o método de Causalidade de Granger para captar a relação de causalidade entre as variáveis e assim, captar a relevância estatística do preço da gasolina sobre as mudanças sofridas pelas outras variáveis ao longo do tempo.

Granger diz que:

$$X_t \text{ causa } Y_t \text{ se:}$$

$$\sigma^2(Y_t | \bar{A}_t) < \sigma^2(Y_t | \bar{A}_t - X_t),$$

“ $X_t$  é exógena ou antecedente à  $Y_t$ ”. (Morettin 2008, pag. 201)

Porém, antes de começar a trabalhar com o modelo é necessário realizar o teste de raiz unitária para verificar se as séries são estacionárias ou não. Isso porque, se a série não for estacionária, os métodos de estimação comumente utilizados em econometria levam a resultados incorretos, já que a hipótese de que as médias e as variâncias das séries são constantes e independentes do tempo não é satisfeita.

Para verificar se uma série possui raiz unitária, pode-se fazer o teste DICKEY-FULLER, que consiste em testar o coeficiente  $\rho$  da equação:  $Y_t = \rho Y_{t-1} + e_t$ ,  $t=1,2,\dots$ , ou seja, um AR(1), em que  $e_t$  é uma seqüência de variáveis aleatórias identicamente e independentemente distribuídas (IID). Sendo assim, a hipótese nula é de que a série é não-estacionária, e portanto,  $\rho = 1$ , contra a hipótese alternativa de que a série é estacionária e, portanto, igual a 1:

$$H_0: \rho = 1$$

$$H_a: \rho < 1$$

Para cada variável, através do software Eviews, foi feito o teste de raiz unitária encontrando os seguintes resultados (Apêndice 1):

- PG – Possui Raiz Unitária;
- CCC – Possui Raiz Unitária;
- ENCD – Possui Raiz Unitária;
- MRC – Não Possui Raiz Unitária;
- Etanol – Não Possui Raiz Unitária.

Será necessário então, trabalhar com as séries PG, CCC e ENCD na primeira diferença.

Com as séries ajustadas, foi realizado o teste de *lag length criteria* para descobrir com quantos *lags* seriam trabalhadas cada variável na estimação dos VAR. Cada uma das quatro variáveis endógenas foi testada conjuntamente contra o PG (preço da gasolina) (Apêndice 2).

O resultado do teste demonstrou que, apesar da série CCC ter apresentado um número de *lags* que permitisse o andamento da metodologia (3 *lags*), para as outras séries o teste mostrou que a metodologia do VAR não seria adequada.

Este problema foi resultado do baixo número de observações da amostra (19 observações). As variáveis MRC e ENCD atingiram o número máximo de *lags* disponíveis para o teste, sem chegar ao resultado conclusivo. Já no caso do Etanol, o teste mostrou que a série deveria ser trabalhada com 0 *lags*. Para tentar corrigir este problema foi feito o mesmo teste com o Log da série já que esta apresenta característica exponencial, mas novamente o teste foi sem sucesso.

Para as séries que não puderam ser trabalhadas com o VAR foi realizado o teste de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) utilizando vetores auto-regressores (ARMA) para ajustes para aferir se a intuição econômica tem algum respaldo econométrico, uma vez que o teste mais adequado não foi possível ser realizado devido ao tamanho da amostra.

$$y^i = \alpha + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i$$

Para a variável CCC, seguindo a estimação do modelo VAR encontramos:

**Tabela 3 – VAR DCCC contra DPG.**

	DCCC
<b>DPG(-1)</b>	<b>-6,096</b> (1,540) [-3,959]
<b>DPG(-2)</b>	<b>7,093</b> (2,201) [ 3,223]
<b>DPG(-3)</b>	<b>-5,375</b> (1,873) [-2,869]

Fonte: *National Transportation Statistics*.

O resultado desta estimação aponta para uma alternância de comportamento do Combustível Consumido por Carro quando comparado com o passado do Preço da Gasolina. Mais precisamente, um aumento do Preço da Gasolina há dois anos aumenta o Combustível Consumido por Carro hoje, mas o mesmo aumento no ano anterior e há três anos representa uma queda no combustível consumido.

A explicação para que esta relação só seja positiva no que ocorre há dois anos atrás, pode estar no tempo que leva para que esta mudança seja refletida na alteração da fabricação do carro. Talvez a mudança dos preços da gasolina no ano anterior não consiga ser transformada na alteração do veículo já no ano seguinte.

Pelo teste de Causalidade de Granger podemos confirmar que o preço da gasolina de fato altera a quantidade de combustível consumido por carro:

**Tabela 4 – Teste de Causalidade de Granger em DCCC contra DPG.**

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 11/08/10 Time: 11:16  
Sample: 1990 2008  
Included observations: 15

Dependent variable: DCCC			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
DPG	21.53332	3	0.0001
All	21.53332	3	0.0001

Fonte: *National Transportation Statistics*.

Na Tabela 3 acima, o fator *Prob.* ser quase igual a 0 indica que com quase 100% de confiança o Preço da Gasolina afeta o Combustível Consumido por Carro.

Para as demais variáveis, Milhas Rodadas por Carro (MRC), Etanol e Eficiência de Novos Carros Domésticos (ENCD), o teste foi feito através do modelo ARMA pelo M.Q.O..

Desta vez, através do método de mínimos quadrados ordinários foram encontradas respostas sobre os efeitos do preço da gasolina, sobre as demais variáveis, com 95% de confiança.

Na estimação do modelo de MRC encontramos que o Preço da Gasolina não influi na quantidade de milhas rodadas por carro (Tabela 4) pois o *p-valor* da série é muito alto (maior que 0,05), tornando-a estatisticamente insignificante. Na estimação do modelo encontramos que seus erros só se tornam ruído branco (Apêndice 3) quando adicionamos vetores auto regressores na equação, mais especificamente um ARMA(1,0), o que mostra que a série Preço da Gasolina é estatisticamente irrelevante para a determinação do presente da série MRC. Concluí-se então, que a série só depende dela mesma no passado. As milhas rodadas por carro não são influenciadas pelo aumento do preço da gasolina.

Economicamente, a explicação pode estar no fato de que, ano a ano, o número de pessoas que utilizam menos o carro por causa do aumento do preço da gasolina, não é relevante. É possível que para as pessoas durante a maior parte dos anos da amostra, especialmente até 2003, o preço da gasolina não tenha se elevado o suficiente para alterar a Restrição Orçamentária dos consumidores, forçando-os a substituir seu meio de locomoção em grande escala.

**Tabela 5 – Estimação do modelo ARMA incluindo a variável DPG.**

Dependent Variable: MRC  
Method: Least Squares  
Date: 11/08/10 Time: 12:08  
Sample (adjusted): 1992 2008  
Included observations: 17 after adjustments  
Convergence achieved after 8 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	233.9244	41.10915	5.690324	0.0001
DPG	-0.007469	0.042846	-0.174325	0.8641
AR(1)	0.948175	0.113941	8.321655	0.0000
R-squared	0.828875	Mean dependent var	217.2941	
Adjusted R-squared	0.804429	S.D. dependent var	6.659248	
S.E. of regression	2.944947	Akaike info criterion	5.156844	
Sum squared resid	121.4180	Schwarz criterion	5.303881	
Log likelihood	-40.83317	F-statistic	33.90586	
Durbin-Watson stat	2.345248	Prob(F-statistic)	0.000004	
Inverted AR Roots	.95			

Fonte: *National Transportation Statistics*.

Já na estimação do modelo para Eficiência de Novos Carros Domésticos (ENCD), quando é testado apenas o preço da gasolina, o correlograma dos erros do modelo mostra que ele ainda tem estrutura nos erros (Apêndice 3). É feito o ajuste para o modelo ARMA(1,0) e este problema é corrigido, e os erros se tornam ruído branco (Apêndice 3).

Com este ajuste, descobre-se que o além do passado imediato da série ENCD, o preço da gasolina influi positivamente no desenvolvimento de carros (produzidos nos Estados Unidos) que apresentem um maior desempenho com a mesma quantidade de gasolina, levando-os a um consumo de combustível mais eficiente (Tabela 6).

No caso desta variável, um aumento em 1 centavo no preço da gasolina representa um aumento de 10% no número de milhas por galão que o carro consegue percorrer, com 95% de confiança.

**Tabela 6 – Estimação do modelo ARMA incluindo a variável DPG.**

Dependent Variable: DENCD  
Method: Least Squares  
Date: 11/08/10 Time: 12:31  
Sample (adjusted): 1992 2008  
Included observations: 17 after adjustments  
Convergence achieved after 4 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DPG	0.100151	0.030676	3.264786	0.0052
AR(1)	-0.588705	0.201210	-2.925833	0.0104
R-squared	0.319077	Mean dependent var	2.176471	
Adjusted R-squared	0.273682	S.D. dependent var	4.503267	
S.E. of regression	3.837877	Akaike info criterion	5.637846	
Sum squared resid	220.9394	Schwarz criterion	5.735872	
Log likelihood	-45.92170	Durbin-Watson stat	1.882532	
Inverted AR Roots	-0.59			

Fonte: *National Transportation Statistics*.

Por fim, foi testada a relação entre o Preço da Gasolina e o consumo de Etanol em carros. Como a série do Etanol apresenta um comportamento exponencial e não há observações suficientes para tentar estimar o modelo sem a perda de muitos graus de liberdade, a série foi convertida para a sua função logarítmica.

Após a conversão da série, o modelo foi estimado contra o Preço da Gasolina e mas seus erros ainda apresentavam estrutura. Foram estimados diversos modelos ARMAs até que o modelo ARMA (2,2) apresentou a melhor estimação (Tabela 7).

Economicamente podemos interpretar este resultado como: a cada centavo que o Preço da Gasolina aumenta, o consumo de Etanol em carros nos Estados Unidos aumenta no equivalente a quase 70 galões de gasolina. Desse modo, com 95% de confiança é possível afirmar que o aumento do preço da gasolina eleva a quantidade de Etanol que é consumida para transporte veicular. O que por sua vez leva a crer que o aumento do preço da gasolina influencia a decisão do consumidor na escolha pelo Etanol ao invés da Gasolina.

**Tabela 7 – Estimação do modelo ARMA incluindo a variável DPG.**

Dependent Variable: LETANOL  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/08/10 Time: 13:04  
 Sample (adjusted): 1993 2008  
 Included observations: 16 after adjustments  
 Convergence achieved after 15 iterations  
 Backcast: 1991 1992

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DPG	0.069781	0.022464	3.106377	0.0083
AR(2)	0.781300	0.092020	8.490502	0.0000
MA(2)	-0.916255	0.051050	-17.94804	0.0000
R-squared	0.291256	Mean dependent var	3.286827	
Adjusted R-squared	0.182219	S.D. dependent var	1.618961	
S.E. of regression	1.464047	Akaike info criterion	3.767647	
Sum squared resid	27.86464	Schwarz criterion	3.912507	
Log likelihood	-27.14117	Durbin-Watson stat	1.610409	
Inverted AR Roots	.88	-.88		
Inverted MA Roots	.96	-.96		

Fonte: *National Transportation Statistics*.

## 6. Conclusão

O combate do aquecimento global tem sido intensificado através de ações de conscientização e políticas para o desenvolvimento de fontes de energias substitutas ao petróleo. Um dos principais vilões deste aquecimento são os gases estufas, e em especial o CO<sub>2</sub>, Gás este que tem grande parte da sua emissão disseminada pela frota de veículos espalhada pelo planeta.

Apesar deste esforço de redução da emissão de CO<sub>2</sub> estar em sua fase inicial, após os testes conduzidos pode-se afirmar que sua eficácia estará ligada a um alto preço da gasolina para o consumidor.

Para cada centavo a mais que o preço da gasolina aumenta, 70 galões de gasolina são substituídos por Etanol, os carros americanos aumentaram em 10% sua eficiência, medida em milhas por galão e que, por ano, cada carro diminui em mais de 6 galões seu consumo de gasolina.

## 7. Referências

BUENO, Rodrigo L.S.B. **Econometria das Séries Temporais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

Bureau of Economic Analysis

Disponível em: <<http://www.bea.gov/>>.

Acesso em: 4 de nov. de 2009.

Bureau of Transportation Statistics

Disponível em: <[http://www.bts.gov/publications/national\\_transportation\\_statistics/](http://www.bts.gov/publications/national_transportation_statistics/)>.

Acesso em: 19 de set. de 2010.

BORENSTEIN, Severin; CAMERON, A. Colin; GILBERT, Richard. **DO GASOLINE PRICES RESPOND ASYMMETRICALLY TO CRUDE OIL PRICE CHANGES?** The Quarterly Journal of Economics, (Fev. 1997). Vol. 112. N° 1. p.305-339

Energy Information Administration

Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/tableh1co2.xls>>.

Acesso em: 6 de out. de 2009.

FARZIN, Y. H. **The impact of oil price on additions to US proven reserves**. California, (Mar., 2001) Resource and Energy Economics.

GOODMAN, Allen C. **Willingness to pay for car efficiency: A Hedonic Price Approach**. Londres, (Set., 1983). P. 247-266. Journal of Transport and Policy, Vol. 17, N°3. University of Bath and The London School of Economics and Political Science

HAMILTON, James D. **Time Series Analysis**. Nova Jersey: Princeton University Press, 1994.

HUNTINGTON, Hillard G. **Short- and long-run adjustments in U.S. petroleum consumption.** Energy Economics, 2009.

Disponível em: <[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V7G-4W6XYHW-1&\\_user=10&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&\\_view=c&\\_searchStrId=1037176630&\\_rerunOrigin=google&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=656910381e91c971d27a7e6ca9eb2efe](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V7G-4W6XYHW-1&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&_view=c&_searchStrId=1037176630&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=656910381e91c971d27a7e6ca9eb2efe)>

Acesso em: 6 de out. de 2009.

MORETTIN, Pedro A. **Econometria Financeira – Um curso em séries temporais financeiras.** São Paulo: Blucher, 2008.

National Climate Data Center

Disponível em: <<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/globalwarming.html#q3>>.

Acesso em: 6 de out. de 2009.

The Economist

Disponível em:

<[http://www.economist.com/daily/chartgallery/displaystory.cfm?story\\_id=14790202](http://www.economist.com/daily/chartgallery/displaystory.cfm?story_id=14790202)>.

Acesso em: 3 de dez. de 2009.

World Development Indicators.

Disponível em:

<<http://siteresources.worldbank.org/DATASTATISTICS/Resources/wdi09introch3.pdf>>

Acesso em: 4 de nov. de 2009.

# Apêndices

## Apêndice 1

### Testes de Raiz Unitária

#### PG:

Null Hypothesis: PG has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Lag Length: 2 (Automatic based on SIC, MAXLAG=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	2.344540	1.0000
Test critical values: 1% level	-4.667883	
5% level	-3.733200	
10% level	-3.310349	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.  
Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 16

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(PG)  
Method: Least Squares  
Date: 11/06/10 Time: 19:59  
Sample (adjusted): 1993 2008  
Included observations: 16 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PG(-1)	0.327430	0.139656	2.344540	0.0389
D(PG(-1))	-0.062105	0.237760	-0.261207	0.7988
D(PG(-2))	-0.966662	0.272258	-3.550541	0.0045
C	-48.88644	13.88708	-3.520282	0.0048
@TREND(1990)	1.816249	1.163133	1.561515	0.1467
R-squared	0.763100	Mean dependent var	13.31250	
Adjusted R-squared	0.676954	S.D. dependent var	18.94103	
S.E. of regression	10.76554	Akaike info criterion	7.840884	
Sum squared resid	1274.865	Schwarz criterion	8.082318	
Log likelihood	-57.72707	F-statistic	8.858249	
Durbin-Watson stat	2.366892	Prob(F-statistic)	0.001887	

#### CCC:

Null Hypothesis: CCC has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.002671	0.9180
Test critical values: 1% level	-4.571559	
5% level	-3.690814	
10% level	-3.286909	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.  
Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 18

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(CCC)  
Method: Least Squares  
Date: 11/06/10 Time: 19:54  
Sample (adjusted): 1991 2008  
Included observations: 18 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CCC(-1)	-0.358094	0.357140	-1.002671	0.3319
C	1905.277	1835.380	1.038083	0.3157
@TREND(1990)	2.842386	11.14187	0.255108	0.8021
R-squared	0.145753	Mean dependent var	0.722222	
Adjusted R-squared	0.031853	S.D. dependent var	123.2476	
S.E. of regression	121.2688	Akaike info criterion	12.58491	
Sum squared resid	220591.9	Schwarz criterion	12.73330	
Log likelihood	-110.2642	F-statistic	1.279662	
Durbin-Watson stat	1.489091	Prob(F-statistic)	0.306815	

## ENCD:

Null Hypothesis: ENCD has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.238839	0.1083
Test critical values:		
1% level	-4.571559	
5% level	-3.690814	
10% level	-3.286909	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.  
 Warning: Probabilities and critical values calculated for 20  
 observations and may not be accurate for a sample size of 18

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(ENCD)  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/06/10 Time: 19:55  
 Sample (adjusted): 1991 2008  
 Included observations: 18 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ENCD(-1)	-0.851269	0.262832	-3.238839	0.0055
C	226.9290	69.71347	3.255167	0.0053
@TREND(1990)	1.920445	0.581061	3.305069	0.0048
R-squared	0.422548	Mean dependent var		2.277778
Adjusted R-squared	0.345554	S.D. dependent var		4.389902
S.E. of regression	3.551336	Akaike info criterion		5.523537
Sum squared resid	189.1798	Schwarz criterion		5.671932
Log likelihood	-46.71183	F-statistic		5.488083
Durbin-Watson stat	2.103396	Prob(F-statistic)		0.016269

## MRC:

Null Hypothesis: MRC has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.286414	0.0170
Test critical values:		
1% level	-4.571559	
5% level	-3.690814	
10% level	-3.286909	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.  
 Warning: Probabilities and critical values calculated for 20  
 observations and may not be accurate for a sample size of 18

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(MRC)  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/06/10 Time: 19:59  
 Sample (adjusted): 1991 2008  
 Included observations: 18 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MRC(-1)	-1.044886	0.243767	-4.286414	0.0006
C	214.9594	49.66371	4.328299	0.0006
@TREND(1990)	1.227685	0.324067	3.788363	0.0018
R-squared	0.558924	Mean dependent var		1.333333
Adjusted R-squared	0.500113	S.D. dependent var		3.307745
S.E. of regression	2.338664	Akaike info criterion		4.688048
Sum squared resid	82.04022	Schwarz criterion		4.836444
Log likelihood	-39.19243	F-statistic		9.503855
Durbin-Watson stat	1.481466	Prob(F-statistic)		0.002157

## Etanol:

Null Hypothesis: ETANOL has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.463245	0.0221
Test critical values: 1% level	-3.857386	
5% level	-3.040391	
10% level	-2.660551	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.  
 Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 18

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(ETANOL)  
 Method: Least Squares  
 Date: 11/06/10 Time: 19:56  
 Sample (adjusted): 1991 2008  
 Included observations: 18 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ETANOL(-1)	-0.852963	0.246290	-3.463245	0.0032
C	65.00824	42.50570	1.529401	0.1457
R-squared	0.428450	Mean dependent var	2.857444	
Adjusted R-squared	0.392728	S.D. dependent var	209.7787	
S.E. of regression	163.4756	Akaike info criterion	13.13564	
Sum squared resid	427588.4	Schwarz criterion	13.23457	
Log likelihood	-116.2208	F-statistic	11.99407	
Durbin-Watson stat	1.986642	Prob(F-statistic)	0.003203	

## Apêndice 2

## Testes de Lag Length Criteria

## CCC:

VAR Lag Order Selection Criteria  
 Endogenous variables: DPG DCCC  
 Exogenous variables: C  
 Date: 11/06/10 Time: 20:08  
 Sample: 1990 2008  
 Included observations: 14

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-145.4797	NA	4844044.	21.06853	21.15982	21.06008
1	-141.6421	6.030527	5022635.	21.09173	21.36561	21.06637
2	-140.7461	1.151922	8246229.	21.53516	21.99163	21.49291
3	-122.0950	18.65115*	1159632.*	19.44214*	20.08120*	19.38299*
4	-119.8804	1.581840	1986993.	19.69720	20.51885	19.62114

\* indicates lag order selected by the criterion  
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)  
 FPE: Final prediction error  
 AIC: Akaike information criterion  
 SC: Schwarz information criterion  
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

## ENCD:

VAR Lag Order Selection Criteria  
 Endogenous variables: DPG DENCD  
 Exogenous variables: C  
 Date: 11/06/10 Time: 20:36  
 Sample: 1990 2008  
 Included observations: 13

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-93.93226	NA*	8810.194	14.75881	14.84573	14.74094
1	-88.05370	9.043951	6707.460	14.46980	14.73055	14.41620
2	-87.14316	1.120665	11530.44	14.94510	15.37968	14.85578
3	-81.58038	5.134870	10753.85	14.70467	15.31308	14.57962
4	-75.73622	3.596409	11913.98	14.42096	15.20319	14.26017
5	-61.03021	4.524924	5903.628*	12.77388*	13.72995*	12.57736*

\* indicates lag order selected by the criterion  
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)  
 FPE: Final prediction error  
 AIC: Akaike information criterion  
 SC: Schwarz information criterion  
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

## MRC:

VAR Lag Order Selection Criteria  
 Endogenous variables: DPG MRC  
 Exogenous variables: C  
 Date: 11/07/10 Time: 15:16  
 Sample: 1990 2008  
 Included observations: 13

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-92.00690	NA	6551.540	14.46260	14.54952	14.44474
1	-81.22598	16.58603	2346.213	13.41938	13.68013	13.36579
2	-72.34039	10.93611	1182.513	12.66775	13.10233	12.57843
3	-64.67421	7.076471	797.9693	12.10372	12.71213	11.97867
4	-58.93034	3.534687	897.8014	11.83544	12.61768	11.67465
5	9.245514	20.97719*	0.119036*	1.962229*	2.918297*	1.765714*

\* indicates lag order selected by the criterion  
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)  
 FPE: Final prediction error  
 AIC: Akaike information criterion  
 SC: Schwarz information criterion  
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

## Etanol:

VAR Lag Order Selection Criteria  
 Endogenous variables: DPG ETANOL  
 Exogenous variables: C  
 Date: 11/07/10 Time: 14:17  
 Sample: 1990 2008  
 Included observations: 16

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-173.5191	NA*	11576184*	21.93989*	22.03646*	21.94483*
1	-170.8529	4.332526	13795350	22.10662	22.39634	22.12145
2	-169.0335	2.501751	18749644	22.37919	22.86205	22.40391

\* indicates lag order selected by the criterion  
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)  
 FPE: Final prediction error  
 AIC: Akaike information criterion  
 SC: Schwarz information criterion  
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

## Apêndice 3

## Modelo ARMA

MRC: Correlograma dos resíduos antes do modelo ARMA

Date: 11/08/10 Time: 12:21

Sample: 1991 2008

Included observations: 18

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.509	0.509	5.4951	0.019
		2	0.217	-0.058	6.5535	0.038
		3	0.167	0.108	7.2250	0.065
		4	0.074	-0.065	7.3642	0.118
		5	-0.038	-0.077	7.4042	0.192
		6	-0.098	-0.065	7.6903	0.262
		7	-0.073	0.017	7.8660	0.345
		8	0.044	0.133	7.9373	0.440
		9	0.000	-0.084	7.9373	0.540
		10	0.000	0.040	7.9373	0.635
		11	0.000	-0.056	7.9373	0.719
		12	0.000	0.011	7.9373	0.790

Estimação do Modelo e Correlograma dos resíduos depois do ajuste para o modelo AR(1):

Dependent Variable: MRC

Method: Least Squares

Date: 11/08/10 Time: 12:23

























Sample (adjusted): 1991 2008

Included observations: 18 after adjustments

Convergence achieved after 3 iterations

























Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	223.3427	6.503377	34.34258	0.0000
AR(1)	0.827548	0.108247	7.644979	0.0000
R-squared	0.785078	Mean dependent var		216.9444
Adjusted R-squared	0.771646	S.D. dependent var		6.628568
S.E. of regression	3.167556	Akaike info criterion		5.248237
Sum squared resid	160.5346	Schwarz criterion		5.347167
Log likelihood	-45.23413	F-statistic		58.44570
Durbin-Watson stat	2.026552	Prob(F-statistic)		0.000001
Inverted AR Roots	.83			

Date: 11/08/10 Time: 12:24  
 Sample: 1991 2008  
 Included observations: 18  
 Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.109	-0.109	0.2509	
		2	-0.324	-0.340	2.6082	0.106
		3	0.133	0.056	3.0341	0.219
		4	0.010	-0.085	3.0369	0.386
		5	-0.011	0.050	3.0403	0.551
		6	0.186	0.186	4.0805	0.538
		7	-0.114	-0.060	4.5063	0.608
		8	-0.174	-0.095	5.5997	0.587
		9	0.000	-0.148	5.5997	0.692
		10	0.000	-0.109	5.5997	0.779
		11	0.000	-0.051	5.5997	0.848
		12	0.000	-0.048	5.5997	0.899

#### ENCD: Correlograma dos resíduos antes do modelo ARMA

Date: 11/08/10 Time: 12:54  
 Sample: 1991 2008  
 Included observations: 18

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.708	-0.708	10.630	0.001
		2	0.338	-0.329	13.198	0.001
		3	-0.159	-0.167	13.804	0.003
		4	0.000	-0.259	13.804	0.008
		5	0.224	0.216	15.198	0.010
		6	-0.325	0.037	18.368	0.005
		7	0.246	-0.057	20.342	0.005
		8	-0.106	0.099	20.748	0.008
		9	0.000	-0.034	20.748	0.014
		10	0.000	-0.221	20.748	0.023
		11	0.000	-0.032	20.748	0.036
		12	0.000	-0.107	20.748	0.054

























Correlograma dos resíduos depois do ajuste para o modelo AR(1):

Date: 11/08/10 Time: 12:31

Sample: 1992 2008

Included observations: 17

Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.248	-0.248	1.2458	
		2 -0.065	-0.135	1.3376	0.247
		3 0.068	0.017	1.4447	0.486
		4 -0.005	0.010	1.4454	0.695
		5 0.156	0.181	2.0995	0.717
		6 -0.117	-0.031	2.5015	0.776
		7 -0.025	-0.041	2.5211	0.866
		8 0.026	-0.031	2.5448	0.924
		9 0.000	-0.007	2.5448	0.960
		10 0.000	-0.017	2.5448	0.980
		11 0.000	0.027	2.5448	0.990
		12 0.000	0.013	2.5448	0.995

Etanol:

























Correlograma dos resíduos depois do ajuste para o modelo ARMA(2,2):

Date: 11/08/10 Time: 13:04

Sample: 1993 2008

Included observations: 16

Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 0.172	0.172	0.5694	
		2 -0.145	-0.180	1.0034	
		3 -0.208	-0.157	1.9606	0.161
		4 -0.318	-0.302	4.3890	0.111
		5 -0.144	-0.128	4.9335	0.177
		6 0.224	0.153	6.3805	0.172
		7 0.041	-0.176	6.4346	0.266
		8 0.000	-0.068	6.4346	0.376
		9 0.000	-0.045	6.4346	0.490
		10 0.000	0.073	6.4346	0.599
		11 0.000	-0.006	6.4346	0.696
		12 0.000	-0.092	6.4346	0.778