

# PROGRAMAS PARA ÁLCOOL COMBUSTÍVEL NOS ESTADOS UNIDOS E POSSIBILIDADES DE EXPORTAÇÃO DO BRASIL<sup>1</sup>

Sérgio Rangel Figueira<sup>2</sup>  
Heloisa Lee Burnquist<sup>3</sup>

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo delinear cenários para o consumo de etanol como combustível nos Estados Unidos, considerando-se um horizonte até 2012, ano de referência para o programa americano de combustíveis renováveis. Para tal, utilizou-se o modelo Box-Jenkins de séries temporais para efetuar as projeções do consumo americano de gasolina. Tomando-se como base a projeção do consumo de gasolina, foram elaborados três cenários. No primeiro, estimou-se um consumo de aproximadamente 7,2 bilhões de litros de etanol em 2012; no segundo, estimou-se um consumo de 12,3 bilhões de litros; e, no terceiro, um consumo de 28,39 bilhões de litros. Os resultados indicaram que nesses três cenários, os produtores americanos de milho teriam plena capacidade de suprir a oferta, mantendo-se o sistema de subsídios para os produtores domésticos e tarifas incidentes sobre a importação.

**Palavras-chave:** etanol para combustível, Estados Unidos, exportações brasileiras.

## FUEL-ALCOHOL PORGRAMS IN THE US AND BRAZIL'S EXPORT POSSIBILITIES

**ABSTRACT:** The present work delineates scenarios for the consumption of fuel ethanol in the United States, until 2012, which is the year established as a reference for the U.S. Renewable Fuels Standard Program. For that purpose, a Box-Jenkins model of time series was used to obtain projections of the US gasoline consumption. Based on the gasoline consumption, three scenarios were delineated to obtain projections for ethanol consumption mixed to gasoline in fixed proportions. The first resulted in a consumption of 7.2 billion liters of fuel ethanol for 2012; the second, a consumption of 12,3 billion liters; and, the third, in a consumption of 28,39 billion liters. In these three scenes, the American producers of maize would have full capacity to supply offer, with both the system of subsidies for the domestic producers and tariffs on the importation remaining.

**Key-words:** ethanol for fuel, United State, Brazilian exports.

**JEL Classification:** Q20, C22, Q48.

---

<sup>1</sup>Artigo desenvolvido a partir da tese de doutorado do primeiro autor: "Os programas de álcool como combustível nos EUA, no Japão e na União Européia e as possibilidades de exportação do Brasil", Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP. Registrado no CCTC, ASP-24/2005.

<sup>2</sup>Economista, Mestre, Professor Substituto da FCL Araraquara/UNESP (e-mail: sergio-figueira@uol.com.br).

<sup>3</sup>Engenheira Agrônoma, Professora Doutora do DEAS/ESALQ/USP (e-mail: hlburnqu@esalq.usp.br).

## 1 - INTRODUÇÃO

Desde 1980, os Estados Unidos da América (EUA) adotam um programa de utilização de etanol, produzido principalmente com milho, como combustível. O programa de etanol americano foi implantado com o objetivo de estabilizar o preço do milho, além de implementar uma fonte alternativa de combustível.

Na década de 1990-2000, vem ocorrendo expansão do programa americano de uso do etanol como combustível com as seguintes motivações: adotar uma matriz energética mais limpa, em termos de emissão de poluentes; descoberta de MTBE (Metil-Tércio-Butil-Éter), considerado cancerígeno e poluidor dos lençóis freáticos, na água de alguns estados americanos, principalmente na Califórnia, vem forçando a substituição do MTBE pelo etanol; o *lobby* dos produtores de milho americanos; e a estratégia para reduzir a dependência por importação de petróleo.

A justificativa para se acompanhar o programa americano de etanol combustível consiste na possibilidade de analisar esse mercado como um potencial importador do produto brasileiro. O Brasil apresenta as seguintes vantagens comparativas na produção de etanol: o País foi pioneiro na utilização dessa alternativa de combustível, garantindo o conhecimento das tecnologias da produção e da comercialização; o setor sucroalcooleiro brasileiro apresenta grande competitividade internacional, tanto na produção de açúcar, como de álcool; e o País ainda apresenta área ociosa com potencial para ampliar a produção de cana-de-açúcar.

Para se analisar o programa de álcool combustível nos EUA, apresenta-se um panorama de sua evolução e os cenários para o futuro desse programa. Para a elaboração dos cenários, utiliza-se do modelo de Box-Jenkins para se estimar o consumo de gasolina nos EUA até 2012, ano de abrangência do programa americano de combustíveis renováveis. Coincide também com o ano em que os países se comprometeram a reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> pelo Protocolo de Quioto. Após estimar as projeções do consumo de gasolina, serão elaborados três cenários alternativos relativos ao consumo de etanol. Serão

analisados também os projetos para a expansão da oferta de etanol nos EUA. Efetuadas as projeções da demanda e da oferta de etanol nos EUA, será possível analisar as possibilidades de exportação do álcool brasileiro para o mercado americano.

Este artigo contém cinco seções, incluindo a introdução. Na segunda seção, faz-se uma revisão de literatura; na terceira apresenta-se a metodologia; na quarta, são expostos os resultados da pesquisa; e, na quinta, o trabalho é concluído.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

Na revisão de literatura, abordam-se as características do programa americano de álcool combustível e a metodologia de Box-Jenkins utilizada para efetuar a projeção do consumo de gasolina.

### 2.1 - Programa de Álcool Combustível Americano

Os EUA utilizam álcool como combustível desde a década de 1980. Em anos recentes, está em curso um programa para se ampliar a utilização desse tipo de combustível no país. Paralelamente à expansão da demanda por etanol, vários investimentos para ampliar a produção de etanol têm sido realizados.

Estimulado pelo programa brasileiro, o programa americano (US and Gasohol) iniciou no começo da década de 1980 (SILVEIRA, 2001, p. 41, p.62). Tinha-se como objetivo: estabilizar o preço do milho e gerar uma alternativa para a gasolina importada (MORAES, 1999). Apesar de o programa de etanol americano utilizar majoritariamente o milho como insumo, podem-se utilizar também trigo, arroz, madeira e batata para a extração de etanol.

O real impulso à demanda por etanol ocorreu na década de 1990, quando foi instituído o *Clean Air Act* nos EUA, estabelecendo-se um conjunto de padrões da qualidade do ar das áreas americanas (usualmente referidas às cidades de maior tamanho). Para reduzir o nível de poluição, foram instituídos os programas de gasolina oxigenada de inverno e o de gaso-

lina reformulada, ambos exigindo a adição de oxigênio na gasolina, com o objetivo de reduzir a emissão de poluentes. Para efetuar a adição de oxigênio na gasolina necessita-se da utilização de MTBE ou etanol.

Nos EUA, o MTBE é o principal oxigenante utilizado nas gasolinas reformuladas e nas oxigenadas de inverno. No entanto, nos últimos anos, vem ocorrendo crescimento da utilização do etanol misturado à gasolina.

### 2.1.1 - Programa de gasolina oxigenada

A emenda do *Clean Air Act*, de 1990, ordenou o uso de gasolina oxigenada em áreas que não se encontram no padrão do *Federal Ambient Air* de monóxido de carbono (CO). Os veículos são responsáveis por cerca de 95% da emissão de CO nas cidades americanas nos meses de inverno (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1997).

O monóxido de carbono é um gás produzido pela combustão incompleta do carbono contido no combustível. Elevados níveis de CO são perigosos para saúde. O governo americano estabeleceu, através do National Ambient Air Quality Standards (NAAQS), um limite de concentração de CO de 35ppm por um período de 1 hora e 9ppm para um período de 8 horas (HOWARD et al., 1997).

Para reduzir a emissão de CO nos meses de inverno, o *Clean Air Act* requer pelo menos um teor de 2,7% de oxigênio na gasolina vendida nas áreas com nível de CO acima do permitido. Esse nível de oxigênio é obtido com a adição de cerca de 15% de MTBE ou cerca de 7,5% de etanol (por volume). Outros combustíveis oxigenados utilizados, ou que podem ser utilizados, são: ethyl tertiary-butyl alcohol (TBA), tertiary-amyl methyl ether (TAME), diisopropyl ether (DIPE), e tertiary-butyl alcohol (TBA) (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1997).

Estações de monitoramento analisam a qualidade do ar nas principais cidades americanas. Caso as estações de monitoramento detectem mais de um excesso de CO no ar por dois anos seguidos, então a cidade deve se integrar ao programa de gasolina

oxigenada de inverno. Porém, o programa de gasolina oxigenada de inverno pode deixar de ser requerido para uma cidade, caso não se registre mais do que um excesso do nível de CO no período de dois anos. No entanto, a cidade pode continuar voluntariamente no programa, mesmo sem excesso do nível de CO (ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 1999a). O programa de gasolina oxigenada de inverno está em vigor em 26 cidades americanas. Desse total, cinco cidades integraram-se voluntariamente ao programa.

### 2.1.2 - Programa de gasolina reformulada

Quando o Congresso dos EUA aprovou a emenda do *Clean air Act* de 1990, estabeleceram-se inúmeros programas para combustíveis e veículos com motores mais limpos. Esses programas têm obtido algum sucesso em proteger a saúde pública através da redução da emissão de poluentes pelos automóveis. Na emenda de 1990, o Congresso fechou um balanço dos programas para controle de emissão dos veículos e dos combustíveis. O Programa da Gasolina Reformulada (RFG) foi concebido para atingir vários objetivos, incluindo a melhoria da qualidade do ar e a utilização de oxigenados nos combustíveis (HOLMSTEAD, 2001).

O Congresso estabeleceu as exigências globais do RFG pela identificação das cidades específicas em que poderiam ser requeridos padrões específicos de *performance* para esse Programa, incluindo um requerimento pelo qual a gasolina deve conter um mínimo de 2% de oxigênio por carga. O etanol e o MTBE são os oxigenados de maior utilização no RFG. A Environmental Protection Agency (EPA) publicou o regulamento final estabelecendo as exigências finais das duas fases do programa no início de 1994. Em 2001, o MTBE respondia por 87% dos oxigenados utilizados no programa de gasolina reformulada (HOLMETEAD, 2001).

A primeira fase do programa federal da gasolina reformulada, iniciada em janeiro de 1995, produziu uma gasolina mais limpa, o que ajudou bastante a

reduzir as emissões de ozônio e poluentes nas cidades americanas (HOLMSTEAD, 2001, p.1). Nesse período, 60 áreas do território americano estavam com nível de ozônio acima do desejável (WILSON, 1998).

Para a tomada de decisão sobre as áreas que seriam incorporadas ao RFG, a EPA utilizou sua classificação das áreas que não se encontram no padrão de qualidade do ar para ozônio conforme os NAAQS. Essa classificação considera seis níveis de ozônio por área acima do nível desejado: marginal, moderada, séria, severa ou extrema. A classificação feita pela EPA seguiu as requisições do Clean Air Act de 1990 (ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 1999b).

A segunda fase do referido programa teve início em janeiro de 2000 e foi concebida para reduzir a emissão de *volatile organic compounds* (VOC), de óxidos de nitrogênio (NOX), assim como de outros gases tóxicos (HOLMSTEAD, 2001).

Sob o Clean Air Act, dez áreas metropolitanas, com os mais sérios níveis de poluição do ar, receberam exigências para aderir ao uso de gasolina reformulada (RFG). Além dessas, outras áreas aderiram voluntariamente ao programa de RFG com o intuito de ajudar a combater seus problemas com poluição do ar (HOLMSTEAD, 2001).

### 2.1.3 - Efeito poluidor do MTBE e seu banimento em alguns estados americanos

Constatou-se o efeito poluidor do MTBE no lençol freático. Em algumas instâncias, como Santa Mônica na Califórnia, elevadas concentrações de MTBE causaram o fechamento de uma fonte de água potável. A fonte da contaminação foi o vazamento em um tanque de armazenagem de gasolina no subsolo. Encontrou-se MTBE na água de 14 dos 33 estados pesquisados. O MTBE foi detectado em aproximadamente 5% dos 1.500 poços pesquisados. Na maioria dos casos, detectou-se baixa concentração, principalmente na água do subsolo das cidades. Além disso, encontrou-se MTBE em 51 sistemas públicos de água potável em 5 estados, na maioria desses casos, a concentração de MTBE estava abaixo da permitida (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1997).

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1997).

A contaminação da água por MTBE pode ocorrer por vazamentos nos tanques de armazenagem, pelos oleodutos ou até mesmo pela chuva. A emissão de MTBE pelos veículos e a evaporação dos postos de combustíveis liberam gás oxigenado para a atmosfera. Como o gás oxigenado persiste na atmosfera por dias, e até mesmo semanas, e parte desse gás voltará à forma líquida, retornando à Terra por meio das chuvas, provocando a contaminação dos córregos, rios e lagos, ocorre contaminação, pois o gás oxigenado químico é resistente à degradação, infiltrando-se nos poços e lençóis freáticos (ZOGORSKY et al., 1997).

O impacto do MTBE na poluição da água causou sua proibição em dezessete estados americanos. Destes, cinco estados são grandes consumidores de MTBE: Califórnia, Connecticut, Kentucky, Missouri e New York, responsáveis por cerca de 50% do consumo de MTBE utilizado na gasolina reformulada e gasolina oxigenada e cerca de 44% do consumo de MTBE nos EUA.

Nos estados em que o MTBE foi banido, vem ocorrendo elevação do consumo de etanol, substituto natural do MTBE. Projeta-se um crescimento ainda maior do consumo de álcool combustível nos EUA, caso outros estados proibam a utilização desse produto. Além disso, existe uma discussão no Congresso americano para se efetuar o banimento de MTBE em todo o seu território.

### 2.1.4 - Programa de gasolina renovável: Renewable Fuels Standard (RFS)

Além das medidas estaduais para o banimento do MTBE, estimulando o consumo de etanol, no Congresso americano, vêm-se discutindo vários projetos de lei para estimular o desenvolvimento de combustíveis alternativos (YACOBUCCI, 2002).

Nesse sentido, o Congresso aprovou, em 2 de agosto de 2001, uma legislação sobre energia, *The House version* (H.R. 4), na qual são estabelecidas me-

tas para utilização de combustíveis alternativos. No início de março de 2002, iniciou-se a discussão sobre energia no Senado americano através da *Senate Bill* (S.517). Ambas as medidas contêm provisões para um fundo de pesquisa e desenvolvimento, incentivos fiscais e outros incentivos para combustíveis alternativos (YACOBUCCI, 2002).

As discussões no Senado estenderam-se por 2003 e 2004, delas resultando o *The Energy Policy Act of 2003*, denominado pelo Senado de S.2095. Algumas das medidas discutidas no S. 2095 referem-se ao cronograma de implantação do programa de combustíveis renováveis nos EUA, incluindo-se toda a forma de biocombustíveis - como, por exemplo, o biodiesel e o etanol - até 2012 e o banimento do MTBE em todo o território americano até 31 de dezembro de 2014 (SENATE OF THE UNITED STATES, 2004). Em 2005, o presidente Bush sancionou o *Energy Policy Act of 2005*, pelo qual inclui o programa de combustíveis renováveis (RENEWABLE FUELS ASSOCIATION, 2006).

### 2.1.5 - Programa de etanol E 85

Além dos programas prevendo uma mistura minoritária do álcool na gasolina, existem ainda, nos EUA, programas nos quais o etanol é a base do combustível. O tipo de veículo mais comum movido a álcool, utilizado nos EUA, é o chamado E 85, que funciona tanto a etanol como a gasolina, ou com qualquer combinação entre os dois combustíveis até 85% de etanol e 15% de gasolina (ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2003)

Apesar do crescimento na utilização do etanol (E-85) como alternativa à gasolina, seu consumo ainda representa uma baixa porcentagem em relação ao consumo total de etanol nos EUA. Consumiu-se em 2002, cerca de 10 milhões de galões de E-85 (ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2004), volume consideravelmente pequeno em relação aos cerca de 1,5 bilhão de galões de etanol consumidos nos programas de gasolina reformulada e oxigenada de inverno.

### 2.1.6 - Oferta de etanol

Para atender ao crescimento da demanda por etanol, está em curso um amplo programa de investimentos para aumentar a capacidade de produção desse combustível (Figura 1). Tanto a estrutura produtiva já consolidada como os novos investimentos estão localizados no cinturão do milho. Com esses investimentos, a capacidade de produção de etanol passaria de, aproximadamente, 12,9 bilhões de litros, em 2004, para mais de 18 bilhões em 2012.

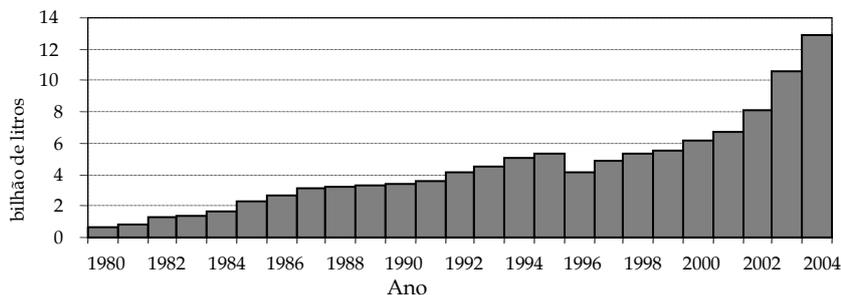
A indústria de etanol americana tem sustentado um crescimento de produção nas últimas duas décadas, intensificando-se nos últimos anos. Para a produção dos cerca de 12,9 bilhões de litros de etanol, em 2004, foram utilizadas aproximadamente 44 milhões de toneladas de milho (Figura 2), obtendo-se uma relação técnica (ou coeficiente técnico), nesse ano, de 91,598kg de milho para a produção de 1 galão de etanol.

Em 2004, foram abertas doze novas plantas, combinadas com a expansão da capacidade produtiva de seis plantas, adicionando mais de 500 milhões de galões à capacidade de produção de etanol da indústria americana de 3,6 bilhões de galões (RENEWABLE FUELS ASSOCIATION, 2005).

Esse extraordinário crescimento na produção de etanol se deve à forte intervenção governamental. De acordo com as estimativas do *General Accounting Office*, os subsídios concedidos à produção do etanol somaram US\$11,5 bilhões entre 1980 e 2000, dos quais 96% foram relativos à isenção dos impostos (SILVEIRA, 2001).

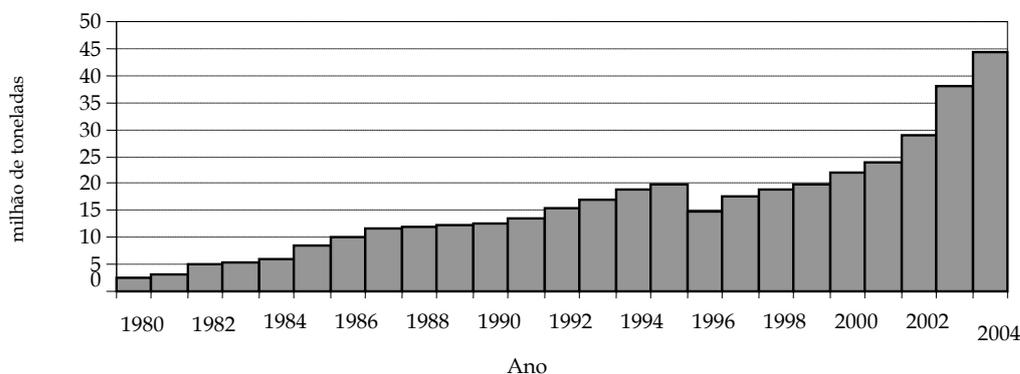
O governo federal subsidia o etanol em aproximadamente US\$0,54 por galão. Além disso, alguns estados concedem subsídios complementares variando entre US\$0,10 e US\$0,40 por galão (RASK, 2004). Considerando apenas o subsídio federal, o governo americano incorreu em isenção fiscal de aproximadamente US\$1,5 bilhão em 2003.

Com a finalidade de incentivar o uso do etanol, já que os combustíveis alternativos não são economicamente competitivos, existe uma redução no imposto federal (estabelecida pelo *CLEAN AIR ACT*, 1990)



**Figura 1** - Histórico da Produção de Etanol nos EUA, Período 1980 a 2004.

Fonte: Elaborada a partir de Renewable Fuels Association (2005).



**Figura 2** - Quantidade de Milho Utilizado para a Produção de Etanol, EUA, 1980 a 2004.

Fonte: Elaborada a partir de Renewable Fuels Association (2005).

quando o etanol é adicionado à gasolina. Conforme a ALCO (1997 apud MORAES, 1999), o nível dos subsídios no início do programa era de 60 centavos por galão, estando em 54 centavos por galão em 1997.

Além de produzir etanol internamente, o programa de etanol americano permite uma cota de importação de 7%, sem pagar tarifa de importação, para os países integrantes do Caribbean Basin Initiative (CBI)<sup>4</sup>. Algumas empresas brasileiras estão se aproveitando dessas cotas para exportar para os EUA utilizando a estratégia da triangulação. O álcool brasileiro é desidratado em alguns países do Caribe (como

Jamaica e Costa Rica) para posterior envio aos EUA. Com o tempo, essa estratégia de exportação de álcool deverá se reduzir, pois os países caribenhos estão implantando projetos de investimento para abastecer o mercado americano (NOGUEIRA, 2003).

### 3 - METODOLOGIA

O estudo realiza projeções quanto ao consumo de etanol nos EUA, para o período 2004 a 2012, com base no consumo de gasolina do país. Para a realização das previsões, este trabalho utiliza a metodologia de Box-Jenkins com séries temporais. Posteriormente, com os valores projetados de consumo de gasolina, chega-se a uma estimativa do consumo de álcool, considerando-se três cenários. No primeiro cenário, ocorre banimento do MTBE em 17 estados americanos; no segundo, ocorre banimento do MTBE em todo o território americano; e, no terceiro, consi-

<sup>4</sup>O Caribbean Basin Initiative (CBI), com início em 1984, possibilita redução ou eliminação das tarifas de importação, nos EUA, para muitos dos produtos advindos dos 24 países participantes nas regiões da América Central e Caribe: Antigua and Barbuda; Aruba; Bahamas; Barbados; Belize; Costa Rica; Dominica; Dominican Republic; El Salvador; Grenada; Guatemala; Guyana; Haiti; Honduras; Jamaica; Montserrat; Netherlands Antilles; Nicaragua; Panama; Saint Kitts and Nevis; Saint Lucia; Saint Vincent and the Grenadines; Trinidad and Tobago; Virgin Islands, British (INTERNATIONAL TRADE DATA SYSTEM, 2004).

dera-se o programa de combustíveis renováveis nos EUA.

O modelo de Box-Jenkins permite a utilização de modelos univariados de séries temporais para se efetuar as previsões. Os modelos univariados projetam valores futuros de uma série utilizando-se apenas as informações referentes a valores passados.

Justifica-se a utilização da metodologia de Box-Jenkins pelo poder de previsão e pelo princípio da parcimônia. O poder de previsão se refere à capacidade de um modelo em comparar suas previsões com a experiência. O objetivo do modelo é o de conseguir um bom resultado de previsão fora do período da amostra (GUJARATI, 2000). Nesse sentido, os modelos de Box-Jenkins utilizados para projetar o consumo de gasolina nos países selecionados mostraram-se eficientes quando se comparam os valores projetados com valores observados.

Os procedimentos para a elaboração do modelo de Box-Jenkins subdividem-se em quatro etapas. **Etapa 1:** Identificação das especificações preliminares do modelo; **Etapa 2:** Estimção dos parâmetros do modelo; **Etapa 3:** Checagem de diagnóstico (verificação) da adequação do modelo; e **Etapa 4:** Previsão das realizações futuras (VANDAELE, 1983).

Para se realizar as quatro etapas e se efetuar a previsão a partir do modelo de Box-Jenkins, utilizou-se o programa computacional RATS (Regression Analysis of Time Series), na versão 4 (DOAN, 1996).

**Etapa 1:** Para se fazer a identificação de qual (is) do(s) filtro(s) AR, I, MA compõem o processo gerador da série, bem como quais são suas respectivas ordens, utiliza-se da análise de visualização gráfica da função de autocorrelação (FAC)<sup>5</sup> e da função de autocorrelação parcial (FACP)<sup>6</sup>; para maiores deta-

<sup>5</sup>Para a mensuração da função de autocorrelação, o coeficiente de autocorrelação "amostral"  $r_k$  é determinado pela seguinte

$$\text{equação: } r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (y_t + \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2}$$

<sup>6</sup>Para se calcular o coeficiente  $\phi_{ij}$ ,  $j=1,2,\dots$ , deve-se calcular o último coeficiente,  $\beta_{ij}$ , de cada uma das auto-regressões expressas nas seguintes equações: 1)  $Y_t = \beta_{11}Y_{t-1} + \varepsilon_t$ , sendo:  $\phi_{11} =$

$$\beta_{11}; \quad 2) \quad Y_t = \beta_{21}Y_{t-1} + \beta_{22}Y_{t-2} + \varepsilon_t, \quad \text{sendo: } \phi_{22} = \beta_{22}.$$

lhes das análises gráficas ver Vandaele (1983).

Como suporte para a análise gráfica, utiliza-se teste de Dickey-Fuller como auxílio para se testar a ordem de integração da série. Para maiores detalhes sobre as etapas do teste ver Enders (1995, p.256).

Analisa-se também os filtros AR, I, MA sazonais. Para se efetuar a análise da ordem de integração sazonal utiliza-se a visualização gráfica (VANDAELE, 1983) e o teste de raiz unitária sazonal (ENDERS, 1995). Vandaele (1983) salienta que o modelo auto-regressivo sazonal, o modelo de média móvel sazonal e o modelo auto-regressivo e de média móvel sazonal comportam-se com a mesma lógica do modelo não sazonal. Atente-se para a necessidade de se observar o período de sazonalidade para realizar a análise.

**Etapa 2:** Uma vez determinados os filtros AR, I, MA e AR, I, MA sazonais, estimam-se os parâmetros do modelo. Ressaltando-se o fato de a metodologia Box-Jenkins adotar um processo iterativo entre as quatro etapas. Dessa forma, o modelo apresentado no processo de estimação foi aquele com melhor adequação para as etapas de identificação e verificação.

**Etapa 3:** Essa etapa da metodologia de Box-Jenkins consiste em verificar se o modelo identificado e estimado é adequado. Em caso positivo, pode-se adotá-lo para fazer previsão; em caso negativo, outra especificação deve ser escolhida para modelar a série, o que implica refazer as etapas de identificação e estimação.

As formas de verificação mais comumente consideradas serão agrupadas em três itens: 1) na **análise dos resíduos**, efetuam-se os testes de autocorrelação residual, de Box-Pierce e de correlação cruzada. O teste de autocorrelação dos resíduos permite diagnosticar a necessidade de incorporação de mais um parâmetro de média móvel no modelo. O teste de Box-Pierce permite diagnosticar se a autocorrelação dos resíduos registrou um valor excessivamente elevado. O teste de correlação cruzada fornece indícios sobre a necessidade de inclusão de um termo autoregressivo no modelo (MORETTIN e TOLOI, 2004); 2) **avaliação da ordem do modelo ana-**

$$\text{e 3) } Y_t = \beta_{k1}Y_{t-1} + \beta_{k2}Y_{t-2} + \dots + \beta_{kk}Y_{t-k} + \varepsilon_t, \quad \text{sendo: } \phi_{kk} = \beta_{kk}.$$

lisa-se o modelo está sub ou superespecificado; a realização dessa análise deve incluir os parâmetros adicionais e a verificação de sua significância estatística; e 3) **menor erro quadrático médio**, o previsor ótimo deve ser aquele que minimiza o erro quadrático médio de previsão. Por esse critério, seleciona-se um intervalo de tempo com informações sobre o valor da série. Posteriormente, ajustam-se alguns modelos, analisando-se aquele com menor erro quadrático médio. Além dos valores do erro quadrático médio, a visualização gráfica, entre os valores previstos e os observados, permite fazer inferências sobre a qualidade do modelo.

Os dados utilizados para efetuar as projeções sobre o consumo de gasolina nos EUA foram obtidos junto ao Energy Information Administration (2004), órgão do governo americano responsável pelas informações sobre energia no país. A série estatística referente à oferta de gasolina para motores nos EUA divulga uma média mensal da oferta diária de barris de gasolina no país.

Apesar de as séries relacionadas ao consumo de gasolina serem divulgadas mensalmente, optou-se por converter a série mensal em série trimestral, com o intuito de aprimorar os resultados das etapas do modelo de previsão ARIMA, pois minimiza as oscilações temporárias, mensais e da série.

Para efetuar as projeções do consumo de gasolina nos EUA, utilizando-se a metodologia de modelos univariados de Box-Jenkins, foram realizadas as etapas de seleção do modelo, incluindo-se as etapas de identificação, estimação e verificação, e, posteriormente, a etapa de previsão do consumo de gasolina nos EUA.

#### 4 - RESULTADOS: análise e discussão

As etapas de identificação, estimação e verificação indicaram o modelo SARIMA (3,1,0) (1,1,0) como o modelo mais adequado. Necessitou-se extrair uma diferença e uma diferença sazonal com o intuito de transformar a série, eliminando sua não-estacionariedade e sua não-estacionariedade sazonal.

Na etapa de estimativa do modelo, os coeficientes AR(1), AR(3) e SAR(1) foram significativos. A manutenção do coeficiente AR(2) no modelo foi decorrência da etapa de verificação, pela qual a manutenção dessa variável reduziu o erro quadrático médio entre os valores estimados e os observados (Tabela 1).

**Tabela 1** - Valores Estimados do Processo Gerador do Consumo Americano de Gasolina

Variável	Coefficiente	Nível de significância
AR{1}	-0,482	0,000
AR{2}	-0,135	0,214
AR{3}	0,196	0,028
SAR{4}	-0,282	0,001

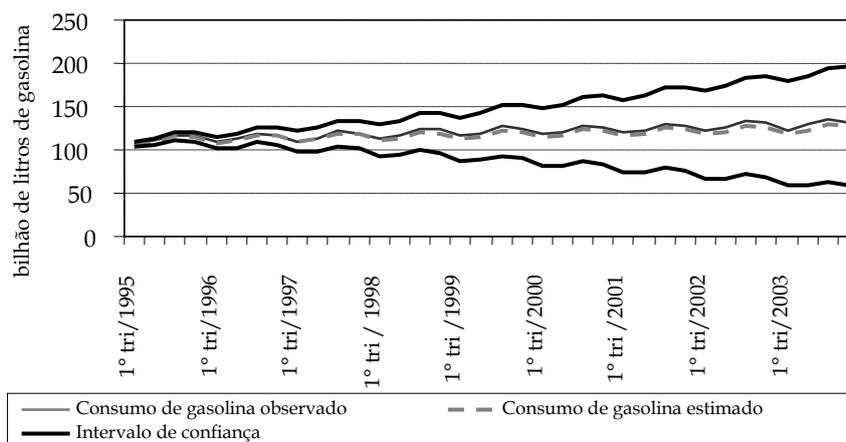
Fonte: Elaborada pelos autores.

Na etapa de verificação, os testes de autocorrelação residual e correlação cruzada não apontaram necessidade de inserir novos termos de média móvel e/ou auto-regressivos no modelo. Além disso, no teste de Box-Pierce o valor do teste "Q" foi de  $Q(24-4) = 19,05$ . Inferindo-se assim a não existência de autocorrelação dos resíduos com nível de significância de 0,518.

O modelo SARIMA (3,1,0)(1,1,0) teve o menor erro quadrático médio de previsão para nove anos, entre 1995 e 2003. Observa-se na figura 3 a comparação entre os valores previstos e os observados para esse período.

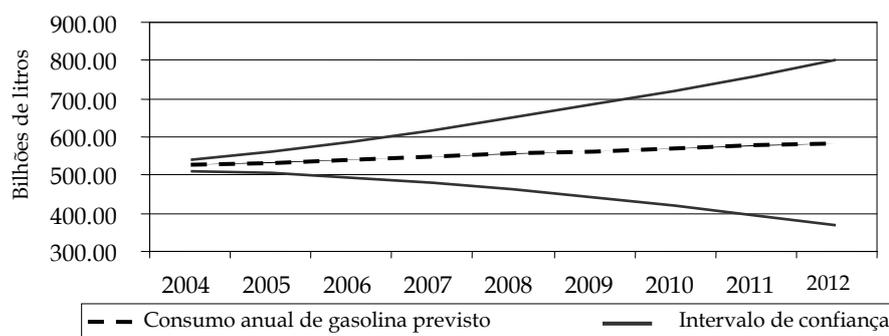
- **Previsão do Consumo de Gasolina** - Os valores resultantes da previsão de consumo de gasolina para os EUA, referentes a 2004 e 2012, são ilustrados na figura 4. As previsões realizadas pelo modelo SARIMA projetaram uma taxa de crescimento do consumo de gasolina, por ano, de aproximadamente 1%.

Devem ser ressaltadas, no entanto, algumas limitações das previsões. Conforme Fava (2000), se o horizonte de previsão for maior do que a ordem do modelo ( $\ell > p$  e  $\ell > q$ ), a previsão para a série, considerando esse horizonte, ou seja,  $\ell$  períodos à frente, será baseada apenas em valores previstos. Nesses



**Figura 3** - Valores Estimados, Previstos e os Intervalos de Confiança do Consumo de Gasolina nos Estados Unidos, Primeiro Trimestre de 1995 e Primeiro Trimestre de 2003.

Fonte: Dados da pesquisa.



**Figura 4** - Resultado da Previsão do Consumo de Gasolina para os EUA, 2004 a 2012.

Fonte: Dados da pesquisa.

casos, considera-se adequado substituir, periodicamente, os valores previstos por valores observados com o objetivo de melhorar a previsão. Além disso, é importante refazer periodicamente os processos de identificação, estimativa, verificação e previsão, com o intuito de detectar eventuais alterações no processo gerador da série.

- **Cenários para o Etanol** - Utilizando-se como base a previsão de consumo de gasolina para os EUA, apresentada no item anterior, foram construídos três cenários de consumo americano, considerando-se as legislações federais e estaduais para o banimento do MTBE e para a implantação de um programa de combustíveis renováveis nos EUA, conforme discutido anteriormente.

#### 4.1 - Primeiro Cenário: substituição da adição do MTBE na gasolina pelo etanol carburante, em dezessete estados norte-americanos

O primeiro cenário corresponde às legislações estaduais para efetuar o banimento do MTBE em vários estados norte-americanos, o que implicaria a substituição desse aditivo pelo álcool carburante. Os estados incluídos são: Califórnia, Connecticut, Kentucky, Missouri, New York, Illinois, Colorado, Indiana, Iowa, Kansas, Michigan, Minnesota, Nebraska, Nevada, Ohio, South Dakota e Washington.

Para tal cenário, plausível de ocorrer, considerou-se a proporção de venda das gasolinas reformuladas e oxigenadas em cada um dos dezessete

estados em relação à venda total de gasolina nos EUA no de 2002. Tais informações foram obtidas no Energy Information Administration (2003).

Os resultados sugerem um consumo de aproximadamente 5,19 bilhões de litros de etanol em 2004, seguindo-se um crescimento no consumo para aproximadamente 7,2 bilhões de litros de etanol em 2012.

A obtenção da previsão é feita através da multiplicação das projeções de consumo de gasolina nos EUA, realizado com o modelo de Box-Jenkins, pela proporção da gasolina oxigenada e reformulada de cada estado. Posteriormente, realizou-se a multiplicação pelo teor mínimo de etanol exigido pela gasolina reformulada (5,5%) e pela gasolina oxigenada de inverno (7,4%). A exceção em termos desses percentuais foi o estado do Colorado, que exige um teor mínimo de etanol de 8,5%.

#### **4.2 - Segundo Cenário: substituição da adição do MTBE na gasolina pelo etanol carburante em todos os estados norte-americanos**

Neste cenário, estima-se o incremento do consumo de etanol que resultaria do banimento da utilização do MTBE na gasolina em todo o território americano. Vem-se discutindo no Congresso americano, com os projetos de lei do Senado S.1677, S.517 e S.2095, relacionados ao *Energy Policy Act*, um cronograma para se realizar o banimento do MTBE nos EUA. No projeto de lei S.1677, estipulou-se o banimento do MTBE em 2006. No entanto, os projetos de lei subsequentes postergaram, a princípio, a data de banimento para 2012, no S.517, e, finalmente, para 2014, no S.2095.

Apesar de os últimos projetos de lei discutidos pelo Congresso americano terem considerado um alongamento do prazo de banimento do MTBE para além de 2012, período tomado para esta análise, o segundo cenário considerou o prazo de banimento do MTBE em 2006, com o intuito de se analisar o virtual impacto do banimento da utilização de MTBE

em todo o território americano sobre o consumo de etanol nos EUA.

Os resultados sugerem um consumo de aproximadamente 11,4 bilhões de litros de etanol em 2004, seguindo-se um crescimento no consumo para aproximadamente 12,7 bilhões de litros de etanol em 2012 (Figura 5).

#### **4.3 - Terceiro Cenário: programa de combustíveis renováveis**

Ao contrário dos anteriores, esse terceiro cenário não se trata propriamente de uma projeção, uma vez que se baseou em um cronograma de implantação de combustíveis renováveis nos EUA, conforme discutido pelo Congresso americano. A construção desse cronograma utilizou o mais recente projeto de lei discutido no Senado norte-americano, denominado S.2095. O projeto discutido no Congresso americano elabora metas anuais de consumo de biocombustíveis. Ao cumpri-las, as expectativas são de que em 2006 seriam consumidos 11,73 bilhões de litros de combustíveis renováveis nos EUA, ocorrendo um incremento anual do consumo, até atingir 18,9 bilhões de litros em 2012. Para a realização desse cenário, assume-se que o etanol venha a ocupar uma posição dominante dentre os combustíveis renováveis disponíveis nos EUA (Figura 5).

Para uma interpretação adequada das projeções de consumo de etanol nos EUA, é importante destacar algumas limitações, que seriam relacionadas apenas ao primeiro e ao segundo cenário descritos acima.

Quanto ao primeiro cenário, trabalhou-se com valores mínimos de mistura de etanol para gasolina oxigenada e reformulada exigidos por lei. No entanto, alguns estados americanos, como Colorado, adotam uma mistura de etanol na gasolina maior do que o exigido. Dessa forma, a previsão pode estar subestimando a quantidade necessária de etanol para se misturar na gasolina.

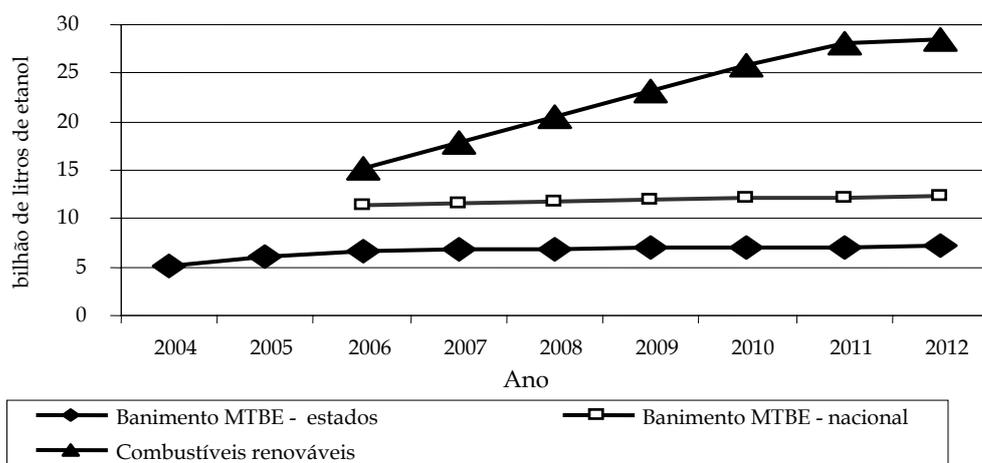


Figura 5 - Resultado dos Três Cenários de Consumo de Etanol nos EUA, 2004 a 2012.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Além disso, assumiu-se que a proporção de venda de gasolina oxigenada e reformulada em cada estado deverá se manter constante em relação à venda total de gasolina no país obtida em 2002.

No segundo cenário, assumiu-se a manutenção da porcentagem de gasolina reformulada e oxigenada de inverno em relação à oferta total de combustível no país obtida em 2002. Dessa forma, aumentos ou declínios da porcentagem da oferta de gasolina reformulada e oxigenada em cada estado, em relação à oferta nacional, irá afetar o resultado obtido.

- **Discussão dos cenários de consumo de etanol** - considerou-se importante analisar, nos três cenários alternativos, o montante de milho que deverá ser utilizado para produção de etanol, com o intuito de se verificar a capacidade dos produtores americanos em ofertar a quantidade desse insumo para abastecer o programa de etanol para combustível americano. Para tanto, considerou-se que 1 *bushel* de milho produz 2,7 galões de etanol (equivalente a 10,22 litros de etanol) (RENEWABLE FUELS ASSOCIATION, 2003).

Pressupondo-se a manutenção dessa relação técnica nos próximos nove anos, obtêm-se os seguintes níveis de consumo de milho. Projeta-se a necessidade de 97,86 milhões de toneladas de milho em 2012, caso o programa de combustíveis renováveis venha a ser aprovado; 43,62 milhões de toneladas no segundo cenário; e 24,92 milhões de toneladas no primeiro (Tabela 2).

Tabela 2 - Quantidade de Milho Necessária para a Produção de Etanol nos Três Cenários, 2004 a 2012

(milhão/t)			
Ano	1º cenário	2º cenário	3º cenário
2004	17,89	0	-
2005	20,85	0	-
2006	23,04	40,33	52,19
2007	23,35	40,87	61,32
2008	23,66	41,42	70,46
2009	23,98	41,97	79,59
2010	24,29	42,52	88,72
2011	24,60	43,07	96,55
2012	24,92	43,62	97,86

Fonte: Elaborada pelos autores.

Esses resultados sugerem a viabilidade de se obter o montante de etanol previsto, utilizando-se apenas a produção de milho nos EUA, sem necessidade de recorrer a importações. Em 2003, os EUA produziram 356,18 milhões de toneladas de milho. Desse total, aproximadamente 37,69 milhões de toneladas destinaram-se à produção de etanol e 60,59 milhões de toneladas foram exportados (Tabela 3). Dessa forma, a reorientação do destino da produção de milho de exportação para a produção de etanol já supriria grande parte da necessidade de milho para suprir a produção de etanol no programa de combustível renovável. No entanto, conforme

National Corn Growers Association (2005a), a associação dos produtores de milho americanos, acreditam na possibilidade de suprir esse montante sem abdicar das exportações.

**Tabela 3** - Destino do Milho Norte-Americano, por Forma de Utilização, 2003

Destino	Milhão de toneladas
Ração animal e resíduo	209,97
Exportação	60,59
Produção de etanol	37,69
HFCS	19,72
Outros	28,53

Fonte: Elaborada a partir de National Corn Growers Association (2005b).

Considera-se interessante atentar, ainda, para a existência de uma cota de importação de 7% do etanol consumido no país, concedida para os países integrantes do CBI. Essa cota, em complemento à produção de milho, ajudaria a viabilizar o programa de combustível renovável americano de maneira sustentável. Com a incorporação dessa cota, seriam exigidas aproximadamente 91 milhões de toneladas de milho americano para garantir o abastecimento de 26,40 bilhões de litros de etanol em 2012, pois, aproximadamente, 1,98 bilhão de litros podem ser supridos pelos países integrantes do CBI (Tabela 4).

**Tabela 4** - Cenários sobre a Possibilidade de Importação de Etanol dos Países Caribenhos (Milhão de litros)

1º Cenário	2º Cenário	3º Cenário
362,67	0	-
422,66	0	-
466,90	801,57	1.059
473,13	812,14	1.245
479,36	822,85	1.430
485,59	833,56	1.616
491,82	844,20	1.801
497,98	854,91	1.960
504,21	865,55	1.987

Fonte: Elaborada pelos autores.

- **Subsídios** - No que tange aos subsídios para o consumo de etanol fornecidos pelo governo dos

EUA, concedidos principalmente na forma de incentivos fiscais, estima-se uma isenção fiscal de US\$0,54 centavos por galão. Caso se mantenha esse nível de subsídios, espera-se que a expansão do consumo de etanol implique em uma renúncia fiscal de US\$2,65 bilhões em 2012 (Tabela 5).

**Tabela 5** - Estimativa de Subsídios Concedidos para a Produção de Etanol nos EUA, para os Três Cenários, 2004 a 2012 (em US\$ bilhão)

Ano	1º Cenário	2º Cenário	3º Cenário
2004	0,726	-	-
2005	0,846	-	-
2006	0,935	1,638	2,160
2007	0,948	1,660	2,538
2008	0,961	1,682	2,916
2009	0,973	1,704	3,294
2010	0,986	1,727	3,672
2011	0,999	1,749	3,996
2012	1,012	1,771	4,050

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para o Brasil, o programa de etanol americano não se mostra promissor em termos de mercado consumidor para o etanol produzido no Brasil, pois as exportações realizadas diretamente para os EUA necessitam pagar tarifas de US\$0,54 por galão. Apesar dessa tarifa, o Brasil exportou, aproximadamente, 419 milhões de litros de etanol para os EUA em 2004. Além da exportação direta, o setor sucroalcooleiro brasileiro tem utilizado a estratégia da triangulação, através dos países do Caribe, para ter acesso ao mercado americano. Não se sabe quanto tempo poderá durar tal estratégia de triangulação, pois, na medida em que ocorra expansão da produção de etanol nos países caribenhos, ampliará pressão para reduzir essa prática.

## 5 - CONCLUSÃO

No final da década de 1990 e início da de 2000, vários países desenvolvidos e em desenvolvimento passaram a implementar programas de biocombustíveis. Podendo-se considerar como fatores

motivadores para implementação desses programas: impacto ambiental, redução da emissão de CO<sub>2</sub>, exigência do Protocolo de Quioto para os países industrializados e a estratégia dos países em diversificar sua matriz energética, tornando-a menos dependente do petróleo.

Apesar de os EUA não terem, até 2005, ratificado o Protocolo de Quioto, o seu programa de uso do etanol como combustível vem se expandindo, tendo as seguintes motivações: adoção de uma matriz energética mais limpa, em termos de emissão de poluentes; a descoberta de MTBE, considerado cancerígeno e poluidor dos lençóis freáticos, na água de alguns estados americanos, principalmente na Califórnia, forçando a substituição do MTBE pelo etanol; o crescente *lobby* dos produtores de milho; e a estratégia para reduzir a dependência da importação de petróleo.

Nos EUA foram elaborados três cenários alternativos para o consumo de etanol misturado na gasolina. O primeiro cenário, passível de ocorrer, foi obtido com as legislações para o banimento do MTBE em dezessete estados americanos. Nesse cenário, projetou-se um consumo mínimo de 7,2 bilhões de litros de etanol em 2012. No segundo, projetou-se o consumo de etanol com o banimento do MTBE em todo o território americano. O banimento do MTBE desencadearia um consumo de etanol de 12,3 bilhões de litros em 2012. No terceiro, em discussão no Congresso americano, analisam-se metas para a utilização de combustíveis renováveis nos EUA. Nesse cenário, caso toda a meta venha a ser preenchida com etanol, circunstância muito provável de ocorrer, então se atingiria um consumo de 28,39 bilhões de litros de etanol em 2012.

Nesses três cenários, os produtores americanos de milho teriam plena capacidade de suprir a oferta, desde que mantidos os sistemas de subsídios e tarifas incidentes sobre a importação de etanol.

Além de produzir etanol internamente, o programa de etanol americano permite uma cota de importação de 7%, sem a necessidade de pagar tarifa de importação, para os países do Caribe. O mercado explorado pelos países caribenhos, em 2012, seguin-

do os cenários examinados, será de: 504 milhões de litros (no primeiro cenário); 865 milhões de litros (no segundo); e 1,98 bilhões de litros (no terceiro).

Para o Brasil, o programa de etanol americano não se mostra promissor em termos de mercado consumidor para o etanol produzido no País, pois as exportações realizadas diretamente para os EUA necessitam pagar tarifas de US\$0,54 por galão. Apesar dessa tarifa, o Brasil exportou, aproximadamente, 419 milhões de litros de etanol para os EUA em 2004. Além da exportação direta, o setor sucroalcooleiro brasileiro tem utilizado a estratégia da triangulação, através dos países do Caribe, para ter acesso ao mercado americano. Não se sabe porém quanto tempo poderá durar tal estratégia de triangulação.

#### LITERATURA CITADA

- DOAN, T. **RATS - User's manual**: Version 4. 1996. 527 p.
- ENDERS, W. **Applied econometric time series**. USA: John Wiley & Sons Inc., 1995. 425 p.
- ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/emeu>>. Acesso em: 6 ago. 2004.
- \_\_\_\_\_. **Alternatives to traditional transportation fuels 2000**: released on October 2003. USA. Disponível em: <[http://www.eia.doe.gov/cneaf/alternate/page/datatables/atfl-13\\_00.html](http://www.eia.doe.gov/cneaf/alternate/page/datatables/atfl-13_00.html)>. Acesso em: 10 jun. 2004.
- \_\_\_\_\_. **Areas participating in the oxygenated gasoline program**. Washington, 1 July 1999a. 10 p. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/emeu/steo/pub/special/oxy2.html>>. Acesso em: 25 abr. 2004.
- \_\_\_\_\_. **Areas participating in the reformulated gasoline program**. Washington, 1 July 1999b. 10 p. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/emeu/steo/pub/special/rfg2.html>>. Acesso em: 15 jan. 2005.
- \_\_\_\_\_. **Petroleum marketing annual 2002**. Ago. 2003. Disponível em: <[http://www.eia.doe.gov/pub/oil\\_gas/petroleum/data\\_publications/petroleum\\_marketing\\_annual/historical/2002/pdf/pmaall.pdf](http://www.eia.doe.gov/pub/oil_gas/petroleum/data_publications/petroleum_marketing_annual/historical/2002/pdf/pmaall.pdf)>. Acesso: 10 nov. 2003.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Interagency assessment of oxygenated fuels**: executive summary. USA. jul. 1997. Disponível em: <<http://www.epa.gov/otaq/regs/fuels/ostpexec.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2003.
- FAVA, V. F. Metodologia de Box-Jenkins para modelos univariados. In: VASCONCELLOS, M. A. S.; ALVES, D. (Coord.). **Manual de econometria**. São Paulo: Atlas, 2000. cap. 10, p. 205-231.

- GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 2000. 832 p.
- HOLMSTEAD, J. **U.S. environmental protection agency before the subcommittee on oversight and investigations of the committee on energy and commerce U.S. house of representatives**. USA: House of Representatives, 1 Nov. 2001. 4 p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/otaq/regs/fuels/congress/nov0101.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2001.
- HOWARD, C. J. et al. **Air quality effects of the winter oxygen fuel program**. USA: Environmental Protection Agency, jun. 1997. Disponível em: <<http://www.epa.gov/otaq/regs/fuels/ostp-1.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2004.
- INTERNATIONAL TRADE DATA SYSTEM. **Caribbean basin initiative**. Última atualização: 23 abr. 2004. Disponível em: <[www.itds.treas.gov/cbi.html](http://www.itds.treas.gov/cbi.html)>. Acesso em: 16 ago. 2005.
- MORAES, M. A. F. D. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro brasileiro**. 1999. 284 p. Tese (Doutorado em Ciências. Área de Concentração: Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2004. 528 p.
- NATIONAL CORN GROWERS ASSOCIATION. **Annual report 2005**. USA, 2005a. Disponível em: <<http://ncga.com/aboutus/annualReport/index.asp>>. Acesso em: 27 jan. 2006.
- \_\_\_\_\_. **The world of corn 2005**. USA, 2005b. Disponível em: <<http://www.ncga.com/WorldOfCorn/main/>>. Acesso em: 30 jun. 2005.
- NOGUEIRA, C. E. C. **Mercado internacional de álcool combustível**. In: REUNIÃO ANUAL DA CANAPLAN, 2., Piracicaba, 2 out. 2003.
- RASK, K. Clean air policy and oxygenated fuels: do we get what we pay for?. **Revista Energy Economics**, Holanda, v. 26, p. 161-177, Jan. 2004.
- RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. **Ethanol industry outlook**. USA, fev. 2003. 20 p. Disponível em: <<http://www.ethanolrfa.org/outlook2003.shtml>>. Acesso: 15 mar. 2004
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. USA, fev. 2005. 20 p. Disponível em: <<http://www.ethanolrfa.org/outlook2003.shtml>>. Acesso: 21 jun. 2005
- \_\_\_\_\_. **Federal regulations: renewable fuels standard**. USA. Disponível em: <<http://www.ethanolrfa.org/policy/regulations/federal/standard/>>. Acesso em 20 jan. 2006.
- SENATE OF THE UNITED STATES. **Bill: S.2095**. USA, 12 fev. 2004. 1237 p. Disponível em: <[http://energy.senate.gov/legislation/energybill2004/full\\_text.pdf](http://energy.senate.gov/legislation/energybill2004/full_text.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2004.
- SILVEIRA, L. T. **Evolução do mercado internacional de etanol combustível: perspectivas e inserção brasileira**. 2001. 104 p. Monografia (Graduação) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- VANDAELE, W. **Applied time series and box-jenkins models**. United Kingdom: Academic Press, 1983. 409 p.
- WILSON, R. D. **Testimony of Richard D. Wilson acting assistant administrator office of air radiation U.S. environmental protection agency before the subcommittee on health and environment committee on commerce U.S. house of representatives**. Washington: House of Representatives, 22 Apr. 1998. 7 p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/OMS/consumer/fuels/mtbe/epa-test.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2004.
- YACOBUCCI, B. D. (2002). **Alternative transportation fuels and vehicles: energy, environmental, and development issues**. 18 p. Disponível em: <[www.ncseonline.org/nle/crsreports/05Jan/RL30758.pdf](http://www.ncseonline.org/nle/crsreports/05Jan/RL30758.pdf)>. Acesso em: 22 nov. 2004.
- ZOGORSKY et al. (jul 1997). **Fuel oxygenates and water quality**. USA: Environmental Protection Agency. Disponível em: <<http://www.epa.gov/otaq/regs/fuels/ostp-2.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2004.

---

Recebido em 06/09/2005. Liberado para publicação em 22/02/2006.