

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA – DECON
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - PIMES**

**ELASTICIDADES DE CURTO E LONGO PRAZOS DA DEMANDA
POR ÁLCOOL HIDRATADO NO BRASIL**

ANDRÉ PIMENTEL PONTES

RECIFE-PE

2009

ANDRÉ PIMENTEL PONTES

**ELASTICIDADES DE CURTO E LONGO PRAZOS DA DEMANDA
POR ÁLCOOL HIDRATADO NO BRASIL**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Economia da Universidade
Federal de Pernambuco como requisito para
obtenção do título de *Mestre em Economia*.**

**Orientador:
Prof. Dr. Francisco de Souza Ramos**

**Co-orientador:
Prof. Dr. Hermino Ramos de Souza**

RECIFE-PE

2009

Pontes, André Pimentel

Elasticidades de curto e longo prazos da demanda por álcool hidratado no Brasil / André Pimentel Pontes. - Recife : O Autor, 2009.

78 folhas : tab. e gráfico.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Economia, 2009.

Inclui bibliografia e anexo.

1. Álcool como combustível. 2. Elasticidade. 3. Motores a álcool. 4. Programa Nacional do álcool(Brasil). 5. Oferta e procura. I. Título.

338.5
338

CDU (1997)
CDD (22.ed.)

UFPE
CSA2009-066

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO
MESTRADO ACADÊMICO EM ECONOMIA DE-

ANDRÉ PIMENTEL PONTES

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o Candidato André Pimentel Pontes **APROVADO**.

Recife, 11/05/2009.



Prof. Dr. Francisco de Souza Ramos
Orientador



Prof. Dr. Hermínio Ramos de Sousa
Co-Orientador e Examinador Interno



Prof. Dr. Jorge Luis Mariano da Silva
Examinador Externo/UFRN

A meus pais.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não seria possível sem o apoio e a colaboração de pessoas que estiveram ao meu lado em todos os momentos e que de alguma forma contribuíram para a finalização de uma etapa muito importante na minha vida.

Agradeço a todo o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Economia (PIMES) da UFPE pelo curso de excelente qualidade que me foi oferecido e a todos aqueles que estavam de alguma forma ligados ao bom funcionamento das aulas, como os funcionários de serviços gerais, da biblioteca e da secretaria, em especial Patrícia, pelos puxões de orelha.

Devo um agradecimento especial ao professor Francisco de Souza Ramos, meu orientador na iniciação científica, na monografia e nesta dissertação. Suas orientações precisas me guiaram e permitiram meu amadurecimento profissional até este momento de conclusão da dissertação. Ao professor Hermino Ramos de Souza por ter despertado meu interesse pela econometria, pela sugestão do tema desse trabalho e pelo apoio na parte econométrica da dissertação.

Agradeço ainda ao professor Nelson Leitão Paes pelos conhecimentos transmitidos durante o grupo de estudos de macroeconomia aplicada (GEMA).

À minha família, em especial à minha mãe pelo carinho e presença marcante em toda minha vida e ao meu pai, meu maior exemplo, pela confiança incondicional, pelo incentivo constante e por me mostrar, desde muito cedo, a importância da boa educação para a minha formação.

Agradeço à minha namorada Jullyanna por seus incontáveis gestos de carinho, sua companhia, sua cumplicidade, seus sorrisos... Sua presença foi muito importante para mim neste último ano.

A todos os meus colegas de curso, pelo prazer do convívio, pelo companheirismo e pelo que me ensinaram ao longo dos anos de convivência, em particular aos que me acompanham desde a graduação: André, Carlos, Léo e Lídia.

Aos amigos que sempre estiveram ao meu lado e souberam compreender as minhas repetidas ausências.

Ao CNPq pelo apoio financeiro durante o programa de mestrado.

A todos já citados e àqueles que por ventura não foram mencionados, meu sincero e profundo agradecimento.

RESUMO

A partir de março de 2003, com o lançamento dos automóveis *flex fuel*, o consumo de álcool hidratado voltou a crescer fortemente no Brasil. O processo de escolha do consumidor detentor dessa tecnologia, que permite a utilização de álcool hidratado, gasolina ou qualquer proporção de mistura entre os dois em um mesmo tanque de combustível, passa a ter como principal variável o preço dos combustíveis (álcool hidratado e gasolina C) ajustado pelo seu rendimento no motor. Diante desse fato, o objetivo da presente dissertação é analisar a evolução da demanda por álcool hidratado no âmbito nacional a partir de um modelo econômico que relaciona consumo e preço do álcool e da gasolina e renda. Pretende-se ainda avaliar o grau de substituição entre álcool e gasolina, principalmente após o surgimento dos veículos bicombustíveis, preenchendo a lacuna de estudos sobre as elasticidades do álcool combustível. Com o intuito de alcançar o objetivo acima descrito serão estimadas a função demanda por álcool hidratado no Brasil e suas elasticidades preço, renda e preço cruzada em relação à gasolina para o período pós-liberalização de preços, de julho de 2001 a outubro de 2008, utilizando o método de cointegração e o modelo de correção de erros. Os resultados obtidos indicam que no curto prazo a demanda por álcool hidratado é inelástica a mudanças no preço, dado que um aumento de 1% nessa variável resulta em uma diminuição da ordem de 0,75% no consumo de álcool. No longo prazo, conforme esperado, a elasticidade preço obtida apresentou-se mais elevada (-0,93). Também foi estimado o coeficiente de uma variável binária associada ao preço do álcool, incluída no modelo com o objetivo de capturar os impactos da entrada do *flex fuel* sobre a curva de demanda por álcool. Esta variável binária apresentou-se com um coeficiente de aproximadamente -0,26. Isto significa que houve uma mudança na elasticidade-preço da demanda por álcool, que se tornou mais elástica, saindo de -0,93 para -1,19. No que se refere à elasticidade renda da demanda, o consumo de álcool combustível é elástico a mudanças na renda real, tanto no curto como no longo prazo. Já o resultado da elasticidade preço cruzada do álcool em relação à gasolina mostra que os dois combustíveis são substitutos imperfeitos no curto prazo (0,87) e mais que perfeitos no longo prazo (1,37). Além disso, o modelo de correção de erros indicou que o consumo de álcool se ajusta em direção ao seu equilíbrio de longo prazo com cerca de 54% do ajuste ocorrendo no primeiro período.

Palavras-chave: demanda por álcool hidratado, elasticidade, análise de cointegração, modelo de correção de erros, veículos *flex fuel*, política energética.

ABSTRACT

Since March 2003, with the launch of flex fuel cars, consumption of hydrated alcohol again grows strongly in Brazil. The option of the consumer choice, holder of this technology, which allows the use of hydrated alcohol, gasoline or any mixture of proportion between the two in a single tank of fuel, leads to take as main variable the price of fuels (hydrated alcohol and C gasoline) adjusted for motor efficiency. Thus the aim of this dissertation is to analyze the evolution of hydrated alcohol demand under national from an economic model which relates consumption and price of alcohol and gasoline and income. It is also intended to evaluate the degree of substitution between alcohol and gasoline, especially after the beginning of bi-fuel cars, filling the lack of studies about elasticity of fuel alcohol. In order to achieve the objective described above it will be estimated the demand function for hydrated alcohol in Brazil and its price elasticity, income and price compared with gasoline for the post-liberalization of prices, from July 2001 to October 2008, using the co-integration method and the error correction model. The results obtained point out that in short term the demand for hydrated alcohol is inelastic to changes in price, once an increase of 1% in this variable turns out in a decrease about 0,75% in alcohol consumption. In long term a higher price elasticity was obtained (-0,93), as expected. It was also estimated the coefficient of a binary variable inclination in association with alcohol price's, included in the model with objective of capturing the impacts of flex fuel entry on the curve of alcohol demand. This binary variable presented a coefficient about -0,26. This means that there was a change in price-elasticity of demand for alcohol, which became more elastic, moving from -0,93 to -1,19. Concerning the income elasticity of demand, the consumption of fuel alcohol is elastic to changes in real income, in both short and long term. On the other hand, the result of alcohol price elasticity compared with gasoline shows that both fuels are imperfect substitutes in short term (0,87) and more than perfect in long term (1,38). Furthermore, the error correction model indicated that the alcohol consumption fits into its long term balance with about 54% of the adjustment taking place in the first period.

Key words: demand for hydrated alcohol, elasticity, co-integration analysis, error correction model, *flex fuel* cars, energetic politics.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	12
2. BREVE HISTÓRICO DA POLÍTICA ENERGÉTICA NO BRASIL.....	16
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	36
3.1 Estudos internacionais.....	36
3.2 Estudos nacionais.....	40
4. MODELO ECONOMETRICO E FONTE DE DADOS.....	52
5. ESTIMAÇÃO DO MODELO.....	56
5.1 Teste de Raiz Unitária.....	57
5.2 Análise de cointegração.....	60
5.2.1 Metodologia de Johansen.....	62
5.3 Análise dos resultados.....	64
5.4 Uma análise comparativa.....	68
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
REFERÊNCIAS.....	73
ANEXO A – Dados utilizados na estimação.....	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Oferta Interna de Energia (%).....	17
Gráfico 2 – Produção, importação e consumo de petróleo (10^3 m ³) no Brasil (1974 - 2007).....	18
Gráfico 3 – Preços do barril de petróleo (1970 - 2007).....	19
Gráfico 4 – Preços de açúcar bruto (U\$ cents/lb).....	23
Gráfico 5 – Relação de preços álcool hidratado/gasolina (1979-2007).....	25
Gráfico 6 - Consumo (m ³) de gasolina e álcool hidratado no Brasil (1973 - 2007).....	26
Gráfico 7 – Licenciamentos de veículos no Brasil por tipo de combustível (1979 - 2008).....	27
Gráfico 8 - Evolução do preço real da gasolina no Brasil (1973 - 2007).....	28
Gráfico 9 – Licenciamento de veículos no Brasil (1979-2008).....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teste de Causalidade de Granger.....	51
Tabela 2 – Estatísticas descritivas dos dados	55
Tabela 3 – Teste de Raiz Unitária ADF.....	59
Tabela 4 – Teste de Johansen para cointegração.....	64
Tabela 5 – Resultados do modelo de cointegração.....	65
Tabela 6 – Resultados da estimação do modelo de correção de erro.....	67
Tabela 7 - Comparativo de Elasticidade dos Combustíveis no Brasil e no Mundo.....	69

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A partir de 1930, com a intensificação da industrialização, até meados dos anos 70, o petróleo foi a principal opção para atender às necessidades de combustível líquido no Brasil. Entretanto, os choques do petróleo em 1973 e 1979, desencadeados pelo cartel reunido na OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), promoveram bruscas elevações nos preços do barril de óleo, com forte impacto nos preços da gasolina e demais derivados. Nesse período, a questão tornou-se crucial para a economia brasileira, com taxas crescentes de consumo de combustível associadas a efeitos negativos sobre agregados macroeconômicos como o balanço de pagamentos, o déficit fiscal e o crescimento econômico. Os choques de preços externos do petróleo provocaram pressão sobre o nível geral de preços nas principais economias ocidentais, enquanto os aumentos no preço da matéria-prima - o petróleo - eram transferidos aos consumidores finais. O desencadeamento de um processo recessivo apresentou-se como a consequência mais freqüente à pressão inflacionária nas várias economias.

Esses choques nos preços mudaram as estratégias de política energética em muitos países. Os agentes econômicos sentiram a necessidade de encontrar petróleo em seus respectivos territórios nacionais e de pesquisar possíveis substitutos para um insumo tão essencial nos processos produtivos e no cotidiano moderno. A partir da nova realidade, o governo brasileiro adotou algumas medidas com o objetivo de reduzir a dependência do país em relação ao óleo importado. Entre essas medidas destacaram-se o desenvolvimento de tecnologias de exploração e produção de petróleo em território nacional - que culminou na exploração em águas profundas pela Petrobras - e o incentivo ao uso de um substituto menos poluente e de produção nacional: o álcool combustível.

Assim, em novembro de 1975 foi implementado o Programa Nacional do Álcool (PNA), um dos maiores programas de energia renovável do mundo, cuja segunda etapa denominou-se Proálcool (em dezembro de 1978). A partir de então o governo passou a incentivar as montadoras de veículos instaladas no país a produzirem automóveis movidos a álcool e os consumidores, a adquiri-los. Houve uma resposta rápida e positiva do mercado, de maneira que entre 1983 e 1988 esses veículos representavam, em média, mais de 90% dos novos automóveis comercializados de acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de

Veículos Automotores (ANFAVEA, 2008). Assim, o Brasil foi pioneiro em desenvolver um substituto para a gasolina, tornando-se, por conta disso, uma referência para outros países que procuraram posteriormente diminuir sua dependência deste combustível automotivo.

Apesar do sucesso do PNA, a partir de 1986 ele entra em crise devido a dois fatores principais. Além de o preço do barril de petróleo ter apresentado uma redução significativa, a exportação do açúcar tornou-se mais compensadora do que a produção de álcool para os produtores. A consequência foi o desabastecimento de álcool hidratado nos postos de combustíveis, deixando os consumidores em situação crítica, visto que os carros movidos a álcool não poderiam ser abastecidos alternativamente com gasolina. Gradativamente, o Proálcool caiu em descrédito e a frota de veículos movida a álcool foi sendo convertida à gasolina.

Em meados dos anos 1990, quando as vendas de automóveis a álcool davam sinais de recuperação, surge um novo padrão tecnológico que veio colocar o carro a álcool definitivamente em segundo plano: os motores de 1000 cilindradas. Como a relação de preços não era favorável ao álcool, a indústria automotiva concentrou os esforços de pesquisa numa geração de veículos a gasolina mais econômicos. Desse modo, em 1996 essa nova geração de veículos já representava 75% das vendas, enquanto a participação dos veículos a álcool despencou para menos de 1% (ANFAVEA, 2008).

Entretanto, a partir de março de 2003, com o lançamento dos carros bicomcombustíveis, também conhecidos como veículos *flex fuel* devido a sua capacidade de funcionar com qualquer percentual de mistura entre gasolina e álcool hidratado, o consumo nacional de álcool combustível voltou a crescer fortemente. A participação desse tipo de veículo nas vendas nacionais de carros novos tem crescido de forma acelerada, atingindo cerca de 90% dos licenciamentos feitos ao longo do ano de 2008.

Esse novo padrão tecnológico beneficiou o consumidor, que passa a decidir, soberanamente, sobre qual combustível deve abastecer seu carro, com base em considerações econômicas, ambientais e de desempenho do veículo.

Alguns estudos anteriores a 2003, através do cálculo da elasticidade-preço cruzada da gasolina em relação ao álcool, concluíram que o álcool hidratado era tão somente um

substituto imperfeito¹ da gasolina, visto que até aquele momento o consumidor, no seu processo de escolha entre estes dois combustíveis, enfrentava uma forte restrição de ordem tecnológica que consistia na escolha do tipo de veículo: movido (exclusivamente) à gasolina ou a álcool. Na medida em que esta restrição foi superada com o lançamento dos carros bicom bustíveis, o processo de escolha do consumidor (detentor desta nova tecnologia) tornou-se mais claro e direto, tendo como principal variável o preço dos combustíveis ajustado pelo seu rendimento no motor. Isso abriu um campo enorme de possibilidades para o aumento do consumo do álcool combustível no país em detrimento do consumo de gasolina.

Assim, o objetivo do trabalho é analisar a evolução da demanda por álcool hidratado no âmbito nacional a partir de um modelo econômico que relaciona consumo e preço do álcool e da gasolina e renda do consumidor. Mais especificamente, pretende-se avaliar o grau de substituição entre álcool e gasolina, principalmente após o surgimento dos veículos *flex fuel*, preenchendo a lacuna de estudos sobre as elasticidades do álcool combustível, já que foi encontrado apenas um trabalho na literatura econômica com essa abordagem.

Isso será feito mediante a estimação da demanda por álcool hidratado no Brasil e suas elasticidades-preço, renda e preço cruzada em relação à gasolina para o período de julho de 2001 a outubro de 2008, utilizando técnicas de cointegração para estimar as relações de longo prazo e um modelo de correção de erros para a análise das relações de curto prazo. Pretende-se assim auxiliar na formulação e avaliação de políticas econômicas e na produção de previsões a respeito do comportamento do mercado de combustíveis automotivos no Brasil. O período escolhido para a análise deveu-se principalmente ao início do processo de liberalização de preços dos combustíveis.

De modo a desenvolver o que foi proposto, a dissertação está dividida, além da introdução e da conclusão, em quatro partes. A seção 2 descreverá um breve histórico da política energética no Brasil, apresentando um panorama da evolução do mercado de combustíveis brasileiro com ênfase nas recentes transformações que justificam o estudo. A terceira sessão traz uma revisão bibliográfica sobre os trabalhos conduzidos dentro da mesma linha de investigação do presente estudo, para o Brasil e o mundo. O objetivo é mostrar as

¹ Dois bens são substitutos perfeitos quando o consumidor aceita substituir um pelo outro a uma taxa constante, ou seja, é indiferente entre eles. Já os bens substitutos imperfeitos são aqueles para os quais o consumidor percebe alguma diferença entre eles.

principais características, tais quais a periodicidade e a especificação da função. O foco será em trabalhos que utilizam dados de séries temporais e modelos de cointegração, os mesmos que serão utilizados no presente estudo. A seção 4 trata da definição do modelo econométrico para a estimação das elasticidades preço, renda e preço-cruzada. Além disso, detalha a fonte dos dados. A seção 5 expõe uma análise das séries temporais empregadas e traz os resultados das estimativas dos parâmetros de longo e curto prazos, com comentários das principais implicações econômicas dos resultados obtidos.

2. BREVE HISTÓRICO DA POLÍTICA ENERGÉTICA NO BRASIL

Entre 1930 e 1950, ocorreram profundas mudanças na economia brasileira propiciadas pela crise da economia cafeeira de exportação e pelo surgimento de um setor manufatureiro no país. A crise de 1929 e a Revolução de 1930 desempenharam um importante papel na intensificação da industrialização brasileira e, conseqüentemente, introduziram uma maior necessidade de petróleo e outras fontes de energia. O surgimento de novas indústrias e o forte movimento de urbanização da população provocaram grandes alterações na estrutura de consumo de energia nacional, principalmente depois da Segunda Guerra Mundial, gerando pressões cada vez mais fortes no incipiente aparelho produtivo energético do país.

Desta maneira, a economia brasileira precisou realizar uma transição direta da lenha para o petróleo/eletricidade. Porém, a construção de um moderno sistema energético esbarrava na incapacidade do capital privado nacional de mobilizar os volumosos recursos financeiros necessários a empreendimentos de longa maturação e risco elevado, como é o caso do setor energético. Apenas o capital internacional ou o Estado estavam em condições de promover tais investimentos.

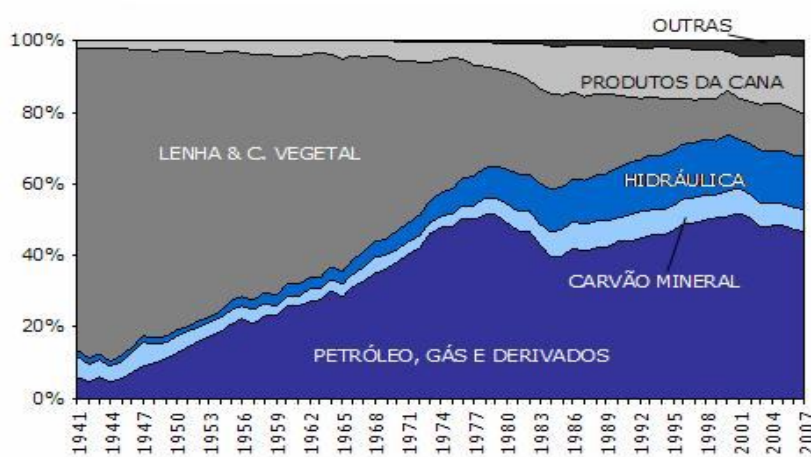
Entretanto, nesta época, as multinacionais do petróleo dispunham de vastas reservas no Oriente Médio, mostrando-se pouco propensas a investir em bacias sedimentares com baixa potencialidade petrolífera à luz do conhecimento tecnológico da época. A solução estatal para construir o aparelho energético nacional, forjada naqueles anos, entendia que só o Estado podia fornecer um abastecimento de energia satisfatório e com baixos preços, necessário a modernização do país (ARAÚJO & OLIVEIRA, 2003).

Assim, este período foi marcado por acentuada intervenção estatal como forma de viabilizar o processo de desenvolvimento econômico. O Estado envolvia-se fortemente no setor de infra-estrutura, em particular no energético. Um reflexo de tal política no Brasil foi a criação da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), em 1945; da Petrobras, em 1953; de Furnas, em 1957 e da Eletrobrás, em 1962.

O uso de derivados do petróleo disseminou-se para grandes indústrias e para o setor de transportes, tendo como principal ícone a implantação da indústria automobilística no país. Acompanhando a tendência mundial, essa difusão, juntamente com a descoberta de enormes reservas de óleo no Oriente Médio, possibilitou a transição de um sistema energético baseado

no carvão e na lenha, para outro, baseado no petróleo (Gráfico 1). De 1930 até meados dos anos 70, o petróleo constituiu-se como principal escolha para atender às necessidades de combustível líquido no Brasil. No período compreendido entre os anos de 1934 e 1975 o consumo aparente² de petróleo bruto aumentou mais de 16.000 vezes. Neste período, a maior parte do petróleo consumido no país era importado: até 1939 nada era extraído em território nacional³ e somente houve exportação do óleo entre os anos 1958-1963 e a partir de 1970 (ROPPA, 2005).

Gráfico 1 – Oferta Interna de Energia (%)



Fonte: Brasil, 2008 (tab. 1.12b).

Apenas com a criação da Petrobras foi possível implantar uma rede de refinarias que tornaria possível substituir a importação de derivados do óleo bruto por sua produção interna. Assim, a capacidade própria de refino dobrou, passando de 108 mil barris diários para 218 mil durante o governo Juscelino Kubitschek. Todavia, embora a Petrobras já estivesse bem estruturada no início dos anos 70, com profissionais brasileiros especializados na prospecção, a alta competitividade do mercado internacional tornava a importação de óleo bruto uma atividade mais rentável do que a produção nacional, impossibilitando que houvesse uma redução efetiva e continuada da importação deste produto (gráfico 2). Tal fato se concretizaria

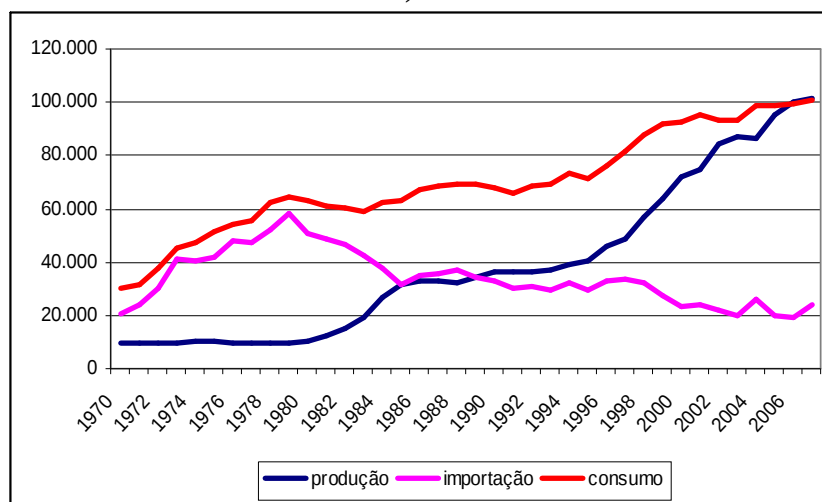
² Entende-se por consumo aparente o total extraído em território nacional mais importações menos exportações.

³ A primeira extração de petróleo em território nacional se deu em 1939, na Bahia, sendo registrada somente a partir de 1940.

apenas na década de 80, com a conciliação de dois acontecimentos: o crescimento da produção nacional de óleo e o decréscimo no consumo interno de derivados como o óleo combustível e a gasolina.

O declínio das reservas terrestres e a baixa produção no mar levaram à ampliação dos financiamentos no *downstream* (refino, transporte e petroquímica) e à criação da Braspetro (Petrobras Internacional S.A.) em 1972, com a finalidade de buscar alternativas de abastecimento de petróleo em outros países.

Gráfico 2 – Produção, importação e consumo de petróleo (10^3 m^3) no Brasil (1974-2007)



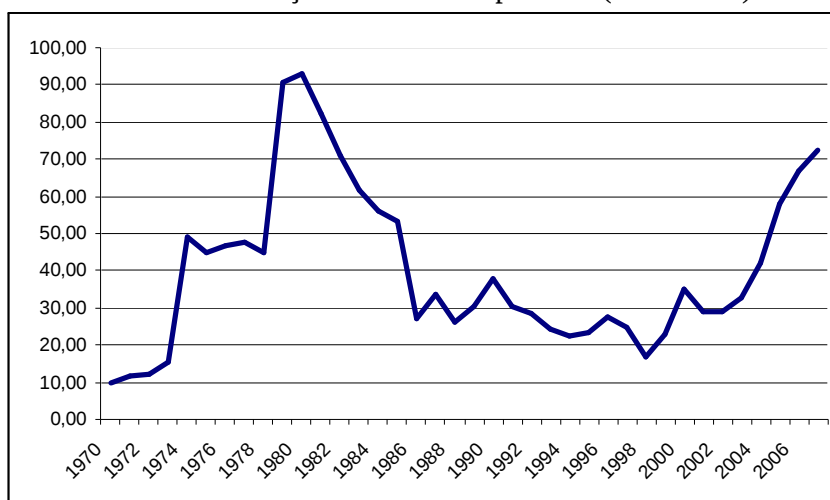
Fonte: Elaboração própria com base em BRASIL, 2008

Na época do primeiro choque do petróleo, em 1973, ele já era a principal fonte energética do Brasil, representando cerca de 46% da oferta interna de energia, medida em tonelada equivalente de petróleo (tep)⁴. Outro fator relevante era o grau de dependência do petróleo importado naquele momento, que chegava a 77% do volume consumido no país (NAPPO, 2007). Portanto, a súbita elevação dos preços do barril de petróleo (Gráfico 3) gerou forte impacto sobre a balança comercial e, conseqüentemente, criou uma situação de vulnerabilidade nas contas externas.

⁴ Representa potencial energético de 10.800 kcal/kg.

No entanto, ao contrário do que se poderia esperar, no período entre os dois choques (1974-1979), o consumo de petróleo no país cresceu a uma taxa de 6,4% ao ano (Gráfico 2). Tal fato pode ser explicado pela inelasticidade-preço da demanda por petróleo no curto prazo⁵, pela participação dos seus derivados em todos os setores de atividade da economia e pelo ciclo expansionista da economia brasileira, que cresceu, em média, 6,7% ao ano entre 1974 e 1979.

Gráfico 3 – Preços do barril* de petróleo (1970-2007)



*Barril Brent em U\$ de 2007

Fonte: BP 2008 Statistical Review of World Energy

Assim, os agentes econômicos tinham dificuldade em reduzir seus gastos com petróleo ou derivados devido à impossibilidade de sua substituição por outro tipo de combustível ou tecnologia mais barata no curto prazo. Isto significava que o país teria de diminuir sua dependência em relação ao petróleo e/ou encontrar um produto que o substituísse.

Como resposta aos choques, os países importadores de petróleo adotaram medidas com o objetivo principal de reduzir a dependência em relação ao óleo produzido no Oriente Médio. Dentre essas medidas, podem ser destacadas:

⁵ Neste sentido, cabe ressaltar que o petróleo e seus derivados cumpriam os requisitos básicos que caracterizam os bens inelásticos, ou seja, essencialidade e inexistência de substitutos próximos.

a) Disseminação de programas de conservação de energia e/ou eficiência energética, visando utilizar a energia com mais racionalidade;

b) Pesquisa e implementação de novas fontes energéticas que pudessem substituir o petróleo, reduzindo a dependência por um energético importado, na sua maior parte, de uma região tão instável;

c) Valorização dos recursos energéticos nacionais;

d) Diversificação das fontes de importação de petróleo, com o auxílio de inovações tecnológicas, sem as quais tal medida não seria possível.

No Brasil não foi diferente: o governo também buscou alternativas internas para superar a notória deficiência de petróleo. Nesse sentido, tomou duas medidas: aumentou a exploração e a produção nacional - aos novos preços correntes do petróleo (Gráfico 3) tornou-se rentável sua exploração em reservas de custos mais elevados - e passou a investir em fontes alternativas, não baseadas em petróleo, principalmente nos setores industrial e de transporte, de modo a substituir, respectivamente, o óleo combustível e a gasolina.

Desta forma, a Petrobras redirecionou seus investimentos para exploração *off-shore* de petróleo, baseada no recém descoberto Campo de Garoupa (1974), localizado na Bacia de Campos (RJ). O Campo de Garoupa marcou o início de uma segunda fase dentro da Petrobras, na qual a empresa se diferenciaria mundialmente pela exploração de petróleo em águas profundas e ultraprofundas. Verificou-se ainda a necessidade de investimentos no setor de *upstream* (pesquisa e exploração), que passou a ser considerado fator estratégico de segurança e desenvolvimento do país.

A exploração de petróleo em águas profundas se mostrou bastante promissora, principalmente pelos esforços de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia nacional para este tipo de prospecção, sobretudo após o segundo choque do petróleo em 1979. Assim, em 1981 a produção marítima já superava a terrestre e em 1984 a produção brasileira se igualaria à quantidade importada (Gráfico 2), com meio milhão de barris diários.

Além de petróleo, a Bacia de Campos continha grandes reservas de gás natural⁶, uma fonte de energia mais limpa que os derivados do petróleo e o carvão, podendo ser empregado diretamente como combustível em casas, indústrias e automóveis. Sua obtenção é mais fácil e mais rápida do que o diesel e a gasolina, sem necessidade de passar por qualquer refino. Na fase de produção, os poços não ferem a paisagem e as instalações de tratamento são de pequeno porte. É mais leve do que o ar, evitando a contaminação em caso de vazamento, já que ele tende a se dissipar na atmosfera e, mesmo em caso de vazamento em áreas de produção submarina, o gás seco não polui o mar. Seu transporte, seja por gasoduto ou metaneiro, é limpo e seguro. Os terminais de recepção de gás liquefeito, geralmente localizados em zonas portuárias ou industriais, longe das populações, não geram fumaça, barulho ou tráfego rodoviário.

O gás natural pode ser classificado em duas categorias: associado e não associado. O gás associado é aquele que, no reservatório, encontra-se em companhia do petróleo, estando dissolvido no óleo ou sob forma de uma capa de gás, isto é, uma parte superior da acumulação rochosa onde a concentração de gás é superior à concentração de outros fluídos como água e óleo. O gás não associado é aquele que, no reservatório, está livre do óleo ou este se encontra em concentrações muito baixas. Na acumulação rochosa porosa, a sua concentração é predominante, permitindo a produção basicamente de gás.

Em meados da década de 80, criou-se o Plano Nacional de Gás Natural que direcionava o uso do mesmo como substituto do óleo diesel utilizado no transporte de cargas e passageiros, principalmente nos grandes centros urbanos. Em 1999, após a entrada em operação do Gasoduto Brasil-Bolívia, com capacidade de transportar 30 milhões de metros cúbicos de gás por dia, houve um aumento expressivo na oferta nacional de gás natural. Nos primeiros anos de operação do gasoduto, a elevada oferta do produto e os baixos preços praticados favoreceram uma explosão no consumo, tendo o gás superado os 10% de participação na matriz energética nacional com seu uso difundindo-se em veículos que antes utilizavam gasolina.

⁶ Mistura de hidrocarbonetos gasosos originados da decomposição de matéria orgânica fossilizada ao longo de milhões de anos.

Paralelamente aos esforços da Petrobras em aumentar a oferta interna de petróleo e gás natural, foi criado em 1975, pelo Decreto nº 76.593, o Programa Nacional do Álcool (PNA), com o duplo objetivo de dar maior estabilidade à indústria açucareira nacional e, principalmente, estimular a produção de álcool no país visando à substituição em larga escala dos derivados de petróleo. De acordo com o Decreto, a produção do álcool oriundo da cana-de-açúcar, da mandioca ou de qualquer outro insumo deveria ser incentivada por meio da expansão da oferta de matérias-primas, com especial ênfase no aumento da produção agrícola, da modernização e ampliação das destilarias existentes, da instalação de novas unidades produtoras (anexas a usinas de açúcar ou autônomas) e armazenadoras.

Até então, o álcool exercia um papel de pouco destaque na política energética nacional, apesar de um Decreto de 1931 ter estabelecido que os importadores de gasolina automotiva seriam obrigados a adicionar pelo menos 5% de álcool de origem nacional ao volume total das importações de gasolina (CORREIA, 2007). Após a Grande Depressão de 1929/1930, os participantes do setor sucroalcooleiro passaram a reivindicar do governo um mecanismo que lhes garantisse algum controle sobre preços e quantidades. Esse mecanismo foi assegurado através da criação do Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), cujas funções eram administrar e propiciar o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro, além de estabelecer as quotas de produção e os preços da cana, do açúcar e do álcool.

Porém, após o choque do petróleo verificou-se uma série de desdobramentos (crescimento da dívida externa, diminuição das reservas cambiais, comportamento abaixo do esperado das exportações, captação insuficiente de recursos externos e a perspectiva de futuros aumentos no preço do petróleo) que transformaram o álcool em prioridade dentro da política energética nacional com a implementação do PNA no governo de Ernesto Geisel.

O Programa foi desenvolvido para evitar o aumento da dependência externa de divisas após o choque de preços do petróleo ter elevado os gastos do país com a importação deste produto de US\$ 600 milhões em 1973 para US\$ 2,5 bilhões em 1974 (NAPPO, 2007). O PNA baseou-se inicialmente na produção de álcool anidro para a mistura com gasolina⁷ (cuja

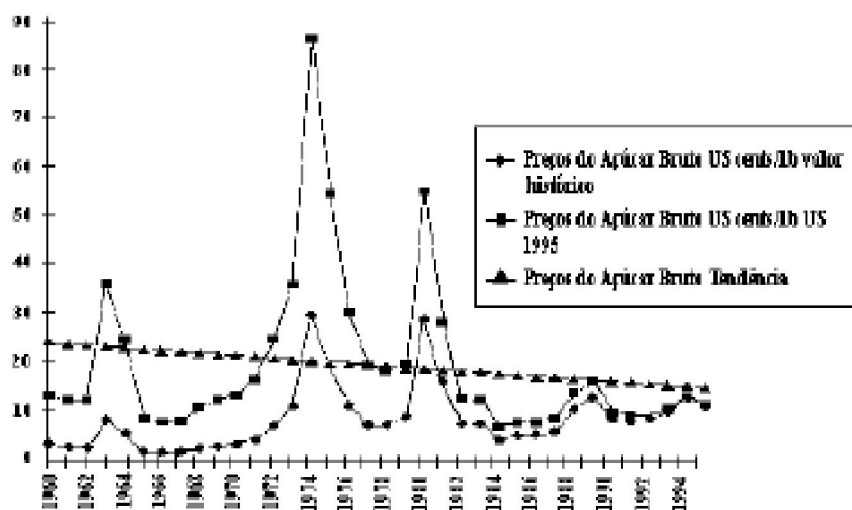
⁷ O Decreto nº 80762/77 estabelecia a adição de 20% de álcool anidro à gasolina. Esse percentual variou ao longo do tempo, levando em conta a expectativa da produção de álcool ou a disponibilidade do produto e tendo em vista a estabilidade do preço.

tecnologia já era conhecida e utilizada), objetivando a redução do volume importado de petróleo e derivados.

A queda no preço do açúcar no mercado internacional (Gráfico 4) foi outro fator que contribuiu para a criação do PNA. Tal acontecimento tornou interessante às usinas a mudança da produção de açúcar para álcool. De modo geral, as etapas na produção do açúcar e do álcool diferem apenas na obtenção do suco, que poderá ser fermentado para a produção de álcool ou tratado para produção de açúcar.

Para a implementação do Programa foi estabelecido um processo de transferência de recursos arrecadados a partir de parcelas dos preços da gasolina, diesel e lubrificantes para compensar os custos de produção do álcool, de modo a viabilizá-lo como combustível. Tal processo ficou conhecido como subsídio cruzado. Assim, foi determinada uma relação de paridade de preços entre o álcool e o açúcar para o produtor, além de incentivos de financiamento para as fases agrícola e industrial de produção do combustível.

Gráfico 4 – Preços de açúcar bruto (US\$ cents/lb)



Fonte: Alonso e Buzzanell, 1991, nº 4; World Almanac, 1996

Havia ainda a garantia dada pelo governo de que ele adquiriria todo o álcool produzido dentro das especificações e nos volumes autorizados pelo IAA. A Petrobras era a responsável pelas fases de aquisição, coleta, mistura, estocagem e venda do álcool às distribuidoras.

Deste modo, o álcool, que sempre fora considerado subproduto do açúcar, passou a desempenhar papel estratégico na economia brasileira e, diante do sucesso da iniciativa, deixou de ser encarado apenas como resposta a uma crise temporária, tornando-se uma solução permanente com impactos profundos na matriz energética nacional.

É importante ter em mente que a principal preocupação do governo brasileiro após o 1º choque não se relacionava com a disponibilidade mundial de petróleo, pois nos dois anos seguintes ao choque houve o arrefecimento da instabilidade do mercado internacional dessa *commodity*, a descoberta da bacia de Campos e a ação da Braspetro no exterior, negociando contratos de risco. Assim, o governo assegurou o provisãoamento de petróleo para o mercado interno. A preocupação era com os efeitos dos altos preços do petróleo no balanço de pagamentos, na inflação e na economia. Geisel, que assumiu o poder em março de 1974, tinha como principal meta de governo manter as altas taxas de crescimento da economia brasileira, juntamente com um balanço de pagamentos equilibrado e uma inflação controlada. Essas diretrizes econômicas estão descritas no II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND⁸).

O segundo choque do petróleo (1979-80) triplicou o preço do barril. As compras desse produto passaram a representar 41% da pauta de importações brasileiras em 1980. Aliado a esse fato, houve um movimento de forte alta nas taxas de juros internacionais capitaneado pelo Fed (*Federal Reserve*, o banco central norte-americano), caracterizando o que alguns autores chamam de choque de juros dos anos 80. Para o Brasil, que importava 86% de suas necessidades internas de petróleo (NAPPO, 2007) e possuía um nível elevado de endividamento externo, esses movimentos de alta causaram um grave desequilíbrio no balanço de pagamentos e no déficit público.

Tem início, assim, a segunda fase do PNA, marcada pela produção de álcool hidratado⁹ e conhecida como Proálcool. O então Ministro da Indústria e Comércio, Ângelo Calmon de Sá, convocou publicamente a indústria automobilística a cooperar com o governo através da produção de carros a álcool. Mas além da concordância dos produtores em

⁸ O 2º Plano Nacional de Desenvolvimento foi elaborado pelo governo Geisel (1974-1978) e previa investimentos maciços na indústria de bens intermediários e de infra-estrutura. Os investimentos em energia incluíram a construção de hidrelétricas, usinas nucleares e o próprio Proálcool, dentre outras fontes.

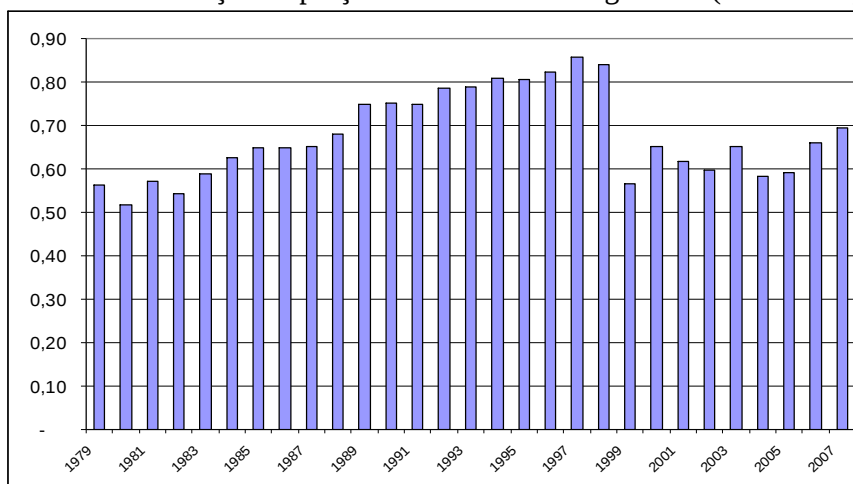
⁹ O álcool pode ser utilizado como combustível no país de duas maneiras: como álcool etílico anidro combustível (AEAC) - isento de água - e como álcool etílico hidratado combustível (AEHC), que é um produto renovável e limpo e, como o próprio nome diz, possui água.

colaborarem com o Programa e elaborarem uma tecnologia para a produção de veículos a álcool, o governo deveria também concentrar esforços no intuito de convencer os consumidores a demandarem esses veículos. Ou seja, havendo um mercado consumidor potencial, os produtores seriam automaticamente direcionados a produzir carros a álcool.

Entretanto, os consumidores somente demandariam carros a álcool se acreditassem na continuidade do Programa por parte do governo e se o automóvel a álcool apresentasse uma relação custo/benefício menor que a de outros veículos. Sendo assim, os principais instrumentos de estímulo do governo, além do apoio creditício ao plantio de cana-de-açúcar e às destilarias de álcool, foram: (OLIVEIRA, 1991)

a) O preço do álcool hidratado, que à época era controlado pelo governo, foi inicialmente fixado a 52% do preço da gasolina (em 1980), de modo a representar um ganho real para o consumidor que optasse pelo uso do álcool. Para que isto ocorresse bastava que o preço do álcool hidratado ficasse abaixo de 70% do preço da gasolina na bomba¹⁰, o que efetivamente ocorreu, conforme o gráfico 5 abaixo, até o ano de 1988;

Gráfico 5 – Relação de preços* álcool hidratado/gasolina (1979-2007)



*Preços em R\$ de 2007

Fonte: Elaboração própria com base em BRASIL, 2008)

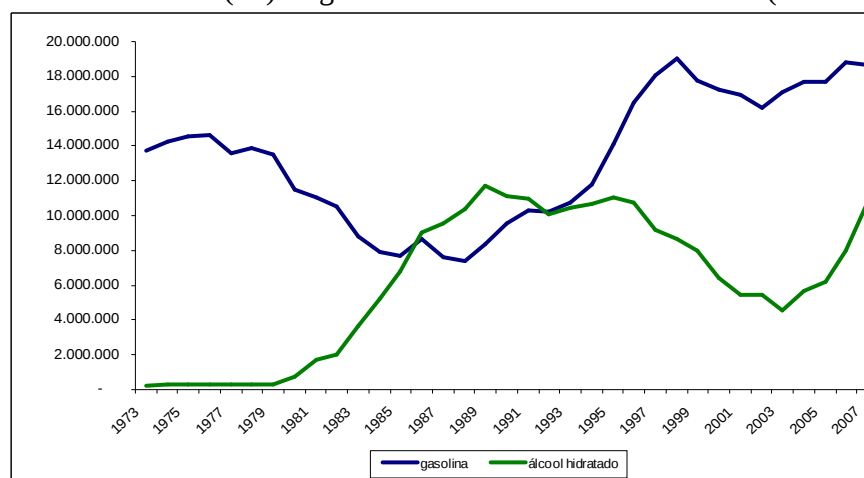
¹⁰ Este coeficiente decorre da diferença de poder calorífico do álcool em relação à gasolina.

b) Os impostos associados à compra de veículos novos, que foram reduzidos para os carros a álcool e elevados para os a gasolina, produzindo um diferencial de 5%;

c) A cobrança do IPVA (Imposto de Propriedade de Veículos Automotores), 3% menor para os automóveis movidos a álcool em comparação aos movidos a gasolina.

Através desses incentivos, o governo conseguiu atingir seu objetivo de massificar a compra de veículos a álcool e, conseqüentemente, aumentar seu consumo, ao mesmo tempo em que reduziu fortemente a demanda por gasolina ao longo da década de 80 (gráfico 6).

Gráfico 6 – Consumo (m³) de gasolina e álcool hidratado no Brasil (1973-2007)

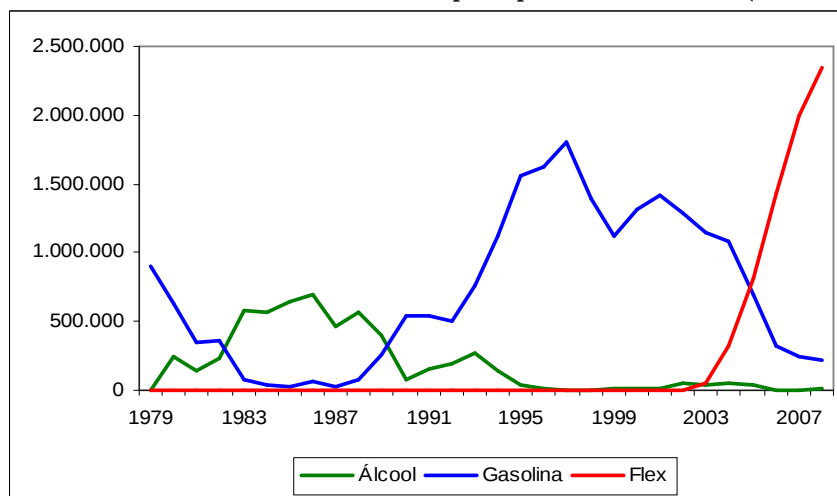


Fonte: Elaboração própria com base em BRASIL, 2008

Além disso, foram criados organismos, como o Conselho Nacional do Álcool e a Comissão Executiva Nacional do Álcool, para agilizar o programa. Como resultado, a produção alcooleira atingiu um pico de 12,3 bilhões de litros em 1986-87, superando em 15% a meta inicial do governo de 10,7 bilhões de litros por ano para o fim do período (NAPPO, 2007). A proporção de carros movidos a álcool no total de automóveis licenciados no país aumentou de 0,34% em 1979 para 27,74% em 1980, atingindo um teto de 95,76% em 1985 (gráfico 7). Cabe ressaltar que o forte incremento na produção de álcool neste período se deu através da implantação de um grande número de destilarias autônomas (dedicadas exclusivamente à produção de álcool) e da expansão da produção de cana-de-açúcar para áreas novas.

É importante destacar que a existência de duas regiões produtoras de cana (Centro-Sul e Norte-Nordeste) permite que o Brasil seja abastecido com açúcar e álcool o ano todo, já que os períodos de safra entre as regiões são diferentes¹¹.

Gráfico 7 – Licenciamentos de veículos por tipo de combustível (1979-2008)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANFAVEA, 2008

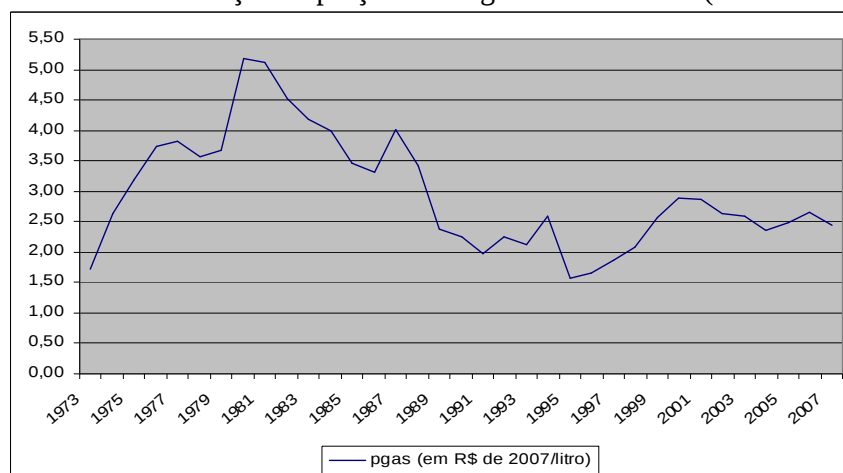
A partir de 1986, entretanto, o cenário internacional do mercado petrolífero sofreu novas mudanças, com a forte queda no barril de óleo bruto (Gráfico 3) impactando positivamente no preço da gasolina (Gráfico 8). Esse novo período, denominado “contra-choque do petróleo”, colocou em xeque os programas de substituição de hidrocarbonetos fósseis e de uso eficiente da energia em todo o mundo. Na política energética brasileira, seus efeitos foram sentidos a partir de 1988, coincidindo com um período de escassez de recursos públicos para subsidiar os programas de estímulo aos energéticos alternativos, resultando num sensível decréscimo no volume de investimentos nos projetos de produção interna de energia.

Apesar do enorme sucesso do programa, o Proálcool entrou em crise. Os baixos preços pagos aos produtores de álcool, a partir da abrupta queda dos preços internacionais do petróleo, impediram a elevação da produção interna do produto: 11,6 bilhões de litros na safra 1985-86; 10,0 bilhões em 1986-87; 12,3 bilhões em 1987-88; 11,5 bilhões em 1988-89 e 11,8

¹¹ Os estados que fazem parte da região Centro-Sul (safra de maio a dezembro) são: SP, PR, MG, MT, MS, GO, RJ, ES, RS, SC. Na região Norte-Nordeste (safra de setembro a março) tem-se: AL, BA, CE, MA, PA, PB, PE, PI, RN, SE, TO.

bilhões em 1989-90 (BRASIL, 2008). A produção brasileira de açúcar no período, segundo a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA), foi de 7,8 milhões de toneladas na safra 1985-86; 8,2 milhões em 1986-87; 7,9 milhões em 1987-88; 8,1 milhões em 1988-89 e 7,3 milhões de toneladas em 1989-90. As exportações de açúcar, por sua vez, reduziram-se nesse período, passando de 1,9 milhões de toneladas na safra 1985-86 para 1,1 milhão de toneladas na safra 1989-90.

Gráfico 8 – Evolução do preço real da gasolina no Brasil (1973-2007)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de BRASIL, 2008

Por outro lado, a demanda pelo álcool hidratado continuou sendo estimulada através da manutenção de preços relativamente atrativos (comparados aos da gasolina) e de menores impostos nos veículos a álcool. Essa combinação de desestímulo à produção de álcool e de estímulo à sua demanda gerou a crise de abastecimento da entressafra 1989-90. Tal crise foi amenizada com a introdução no mercado do que se convencionou chamar de mistura MEG, que substituíra, com igual desempenho, o álcool hidratado. Essa mistura (60% de álcool hidratado, 34% de metanol e 6% de gasolina) obrigou o país a realizar importações de etanol e metanol¹² (no período entre 1989-95 superaram 1 bilhão de litros) para garantir o abastecimento do mercado ao longo da década de 1990.

¹² A utilização de álcool importado e de metanol, com características diferentes do álcool de cana, trouxe problemas de funcionamento aos automóveis, assim como proibições de uso por alguns poderes públicos locais, devido aos impactos sobre o meio-ambiente.

Apesar de seu caráter efêmero, a crise de abastecimento de álcool do fim dos anos 1980 afetou a credibilidade do Proálcool e provocou nos anos seguintes um significativo decréscimo da demanda e, conseqüentemente, das vendas de automóveis movidos por esse combustível (Gráfico 7), alterando o perfil da frota automotiva e, por conseguinte, a estrutura do mercado de combustíveis.

Outros fatores também contribuíram para a redução da produção dos veículos a álcool: tendência da indústria automobilística em optar pela fabricação de modelos e motores padronizados mundialmente (na versão à gasolina); liberação, no início da década de 90, das importações de veículos automotivos¹³ (produzidos, na sua origem, exclusivamente nas versões gasolina e diesel) e, ainda, a introdução da política de incentivos para o “carro popular” – de até 1000 cilindradas – desenvolvido para ser movido à gasolina.

O desabastecimento de álcool hidratado nos postos de combustíveis deixou os consumidores em situação crítica, visto que os carros movidos a álcool não poderiam ser abastecidos alternativamente com gasolina¹⁴. Gradativamente, a frota de carros movida a álcool foi sendo convertida para gasolina. A partir deste momento, o consumo nacional de gasolina volta a crescer fortemente, sobretudo após 1994, como resultado de dois fatores: o processo de abertura da economia e o programa de estabilização promovido pelo governo. O primeiro permitiu que os preços dos bens importados caíssem, inclusive os dos carros, e o segundo derrubou os índices de inflação para menos de 10% ao ano, tornando possível para o consumidor a utilização do sistema de crédito e o alargamento no prazo de pagamento dos veículos. A consequência dessas mudanças estruturais foi um aumento considerável na venda de automóveis (gráfico 9), sobretudo aqueles movidos à gasolina, impactando positivamente na demanda por esse combustível.

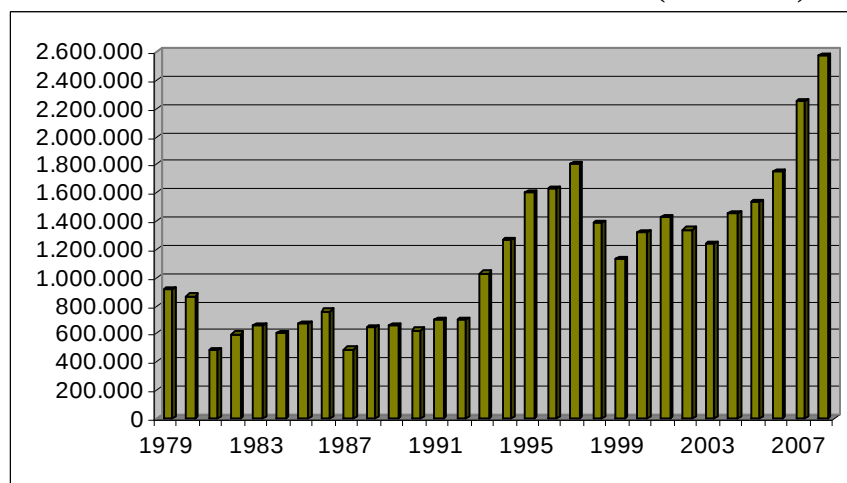
Ainda dentro do processo de liberalização e abertura econômica situou-se a desregulamentação dos preços de combustíveis no país, que ocorreu de forma gradual ao longo da década de 90. No intuito de eliminar as distorções existentes no mercado de

¹³ A primeira etapa do programa de abertura foi a eliminação das barreiras não tarifárias em 1990. A segunda etapa iniciou-se em fevereiro de 1991, com um cronograma de redução tarifária em quatro fases, até 31 de dezembro de 1994. Em setembro de 1994, passa a vigorar a alíquota prevista na Tarifa Externa Comum (TEC) do MERCOSUL.

¹⁴ Roppa (2005) aponta que o processo de conversão possuía um custo muito alto. Entretanto, vender o carro a álcool e comprar um novo carro a gasolina era inviável pela ausência de demanda pelos primeiros.

combustíveis, geradas pela existência de subsídios cruzados, e de ressarcir as despesas com distribuição e transporte, de forma a permitir a equalização entre o produto nacional e importado, e conseqüentemente o desenvolvimento de um mercado competitivo, algumas medidas foram tomadas, tais como: a liberação de preços, margens e fretes em toda a cadeia produtiva e a criação da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE), um tributo sobre a importação e comercialização de combustíveis.

Gráfico 9 – Licenciamento de veículos no Brasil (1979-2008)



Fonte: ANFAVEA-2008

Assim, o processo de abertura do setor sucroalcooleiro iniciou-se com a extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool em 1990 e com a liberação gradativa dos preços dos produtos do setor. O primeiro a ser liberado foi o preço do açúcar (1990), seguido pelo do álcool anidro (1997), pelo da cana-de-açúcar (1998) e pelo do álcool hidratado (1999). Os preços do álcool combustível passaram então a ser liberados em todas as suas fases de produção, distribuição e revenda, sendo determinados pelas condições de oferta e demanda. Além disso, de cerca de 1,1 milhão de toneladas de açúcar que o país exportava em 1990, passou-se neste período à exportação de até 10 milhões de toneladas por ano, o que levou o Brasil a dominar o mercado internacional, barateando o preço do produto.

Conseqüentemente, abriu-se caminho para um novo processo de delineamento das atividades do setor sucroalcooleiro, sendo que o planejamento e a execução das atividades relativas à produção e à comercialização deixaram de ser orientados pelo governo e passaram

a fazer parte da administração privada. No entanto, por meio de Decretos da Presidência da República, o governo federal continuou presente na comercialização do álcool, seja através da realização de leilões para a compra e venda do produto, seja pela responsabilidade nas tomadas de decisão referentes às alterações nos percentuais de mistura do álcool anidro na gasolina. Também participou no acompanhamento da estrutura de comercialização adotada pelo setor privado para evitar a formação de cartéis.

Em 1996, os preços da gasolina automotiva ao consumidor foram liberados, continuando sob controle os preços de realização (remuneração da Petrobras), de faturamento de gasolina A na refinaria (o preço de vendas às distribuidoras) e os preços do óleo diesel na bomba. Já a liberação dos preços de derivados de petróleo nas unidades produtoras ocorreu com a Lei nº 9.990, de 21 de julho de 2000 (que alterava a redação da Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997, chamada Lei do Petróleo¹⁵).

Além das alterações na sistemática de controle de preços dos combustíveis, observou-se também que, a partir de 1995, surgiram inúmeras novas distribuidoras de combustíveis, de pequeno e médio porte. De acordo com a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), no ano de 2000, 160 distribuidoras participaram da comercialização de gasolina C e 165 da comercialização de álcool hidratado no país. Aumentou-se, portanto, o grau de concorrência no mercado, já que antes existiam apenas 8 grandes distribuidoras em ação (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

De modo geral, o preço do álcool hidratado sempre esteve atrelado ao preço da gasolina, segundo uma regra de proporcionalidade estabelecida pelo governo, através da qual se repassavam os aumentos de preço da gasolina ao álcool. Assim, os reajustes de preços ocorridos até janeiro de 1999 para o álcool hidratado e final de 2001, para a gasolina, se deram por imposição governamental, desconsiderando a competitividade relativa entre estes dois combustíveis.

¹⁵ A Lei do Petróleo determinou o fim do monopólio da Petrobras na área do petróleo no Brasil e a abertura do mercado brasileiro para o capital estrangeiro. A Lei instituiu não apenas um conjunto de mudanças de caráter técnico-administrativo, mas uma redefinição no papel do Estado. De provedor e produtor, o Estado passou a regulador e fiscalizador. Para atuar nesse novo papel foi criada, em agosto de 1997, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), uma autarquia integrante da Administração Pública Federal, vinculada ao Ministério das Minas e Energia e que tem como finalidade promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo e do álcool.

Percebe-se (gráfico 5) que após uma década de preços “desfavoráveis” ao álcool, ele volta a se tornar mais vantajoso na comparação com a gasolina a partir de 1999, provavelmente devido à desvalorização cambial enfrentada pelo país no referido ano, reativando, ainda que marginalmente, as vendas de veículos movidos a álcool. Todavia, apesar dos preços mais favoráveis ao álcool e da manutenção de incentivos fiscais aos veículos movidos a esse combustível, suas vendas permaneciam em patamares muito reduzidos, pois a credibilidade sobre a manutenção do suprimento de álcool a preços competitivos havia sido abalada com a crise de 1989.

No entanto, desde 1994 foram iniciados no Brasil estudos para a aplicação da tecnologia *flex fuel*, que permitia a utilização de álcool, gasolina ou qualquer proporção de mistura entre os dois em um mesmo tanque de combustível. Vislumbrava-se a possibilidade de substituir os veículos movidos exclusivamente a álcool, que como já foi dito, apresentavam um acentuado declínio nas vendas.

Os defensores da nova tecnologia argumentavam que apesar de o Brasil dispor de uma ampla infra-estrutura de abastecimento de álcool, a sensação de segurança associada à possibilidade de escolha pelo consumidor do uso de gasolina, álcool ou de qualquer mistura destes combustíveis, representaria um fator de atratividade e diferenciação no mercado consumidor. Significaria, ainda, economia para as montadoras, que não precisariam mais desenvolver projetos em duplicata para veículos a álcool e à gasolina. Para os produtores de álcool, significaria maior flexibilidade na oferta de seu combustível em função de variações de safra e oportunidades no mercado de açúcar.

Apesar da oferta de sistemas *flex fuel*, as montadoras instaladas no país não mostraram muito entusiasmo na ocasião, alegando que necessitavam de incentivos fiscais para compensar os investimentos nesses projetos. Justificavam, também, que precisavam conhecer a classificação fiscal para os veículos equipados com a nova tecnologia e os respectivos critérios de homologação, registro e licenciamento. Tais questionamentos e a indefinição do governo sobre esses temas levaram à postergação dos projetos *flex fuel* no país.

Com a apresentação pela *Ford* de um protótipo *flex* no começo de 2002, associado a um crescente interesse por novos incentivos para a ampliação do uso do álcool, renovou-se o interesse pela tecnologia, o que estimulou diversos setores do Governo Federal a avaliarem os

seus méritos. Finalmente, em agosto de 2002, a reclassificação do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) para veículos trouxe consigo a definição de que veículos *flex fuel*, também conhecidos como bicombustíveis, teriam o mesmo tratamento fiscal que os veículos a álcool. Essa notícia e o aumento do interesse pelo uso do álcool em outros países como Índia, China, Tailândia, Austrália e Estados Unidos, motivaram as montadoras a examinar as possibilidades de tornar o Brasil um centro de produção de veículos *flex fuel*, tanto para o mercado interno como para exportação.

Assim, em 2003 foi lançada comercialmente a tecnologia *flex fuel*, consistindo em um sensor que faz o reconhecimento automático do teor de oxigênio presente na combustão, detectando assim a presença do álcool e seu percentual na mistura com a gasolina. A informação, então, é passada para a unidade de comando do sistema de injeção eletrônica, que realiza de forma automática a adaptação de todas as funções de gerenciamento do motor ao combustível usado.

Dentre os desafios tecnológicos vencidos está a necessidade de adaptação de diversos componentes do motor à natureza mais corrosiva do álcool. Grande parte da tecnologia necessária já estava disponível no Brasil desde a segunda fase do PNA. Um dos itens necessários aos veículos *flex* é o sistema de partida a frio. Pelo fato de o álcool hidratado não ser capaz de iniciar o motor a temperaturas muito baixas é preciso que o veículo venha equipado com um pequeno tanque adicional de gasolina. Um sensor no motor detecta a quantidade de álcool na mistura de combustível, verifica a temperatura ambiente e automaticamente injeta gasolina do tanque adicional na mistura para facilitar a partida do motor caso seja necessário.

Essa flexibilidade na escolha do combustível trouxe um enorme benefício ao consumidor, pois permite que ele escolha o combustível mais barato toda vez que abastece o veículo. Em função disso, o Brasil vive uma nova expansão dos canaviais com o objetivo de oferecer, em grande escala, o combustível alternativo. O plantio avança além das áreas tradicionais do interior paulista e do Nordeste e espalha-se pelos cerrados. A nova escalada da produção não é um movimento comandado unicamente pelo governo, como a ocorrida no final da década de 1970. A ampliação de unidades e a construção de novas usinas são movidas por decisões da iniciativa privada, convicta de que o álcool terá, a partir de agora, um papel cada vez mais importante como combustível, no Brasil e no mundo.

Em 2005, essa opção de motor já estava presente em quase todos os modelos das montadoras e as vendas dos automóveis bicomcombustíveis ultrapassaram pela primeira vez a dos movidos à gasolina no mercado interno, atingindo mais de 85% de participação nas vendas internas de automóveis.

O suprimento dos veículos *flex fuel* entre álcool e gasolina está condicionado a uma série de fatores, mas depende essencialmente do balanço regional de álcool, fator crítico na definição dos preços relativos álcool/gasolina. Em geral devemos considerar como variáveis críticas para determinação do mercado de álcool combustível no Brasil:

1. os investimentos previstos e potenciais em destilarias e usinas de açúcar e a capacidade (ritmo) de expansão da cultura de cana, em especial o potencial das novas fronteiras de produção (Centro-Oeste, Oeste de São Paulo, Triângulo Mineiro e Maranhão), definindo capacidades produtivas de álcool e açúcar e níveis de flexibilidade de produção entre eles;

2. a estrutura logística e os custos de transporte do álcool e da gasolina para cada ponto de consumo no País;

3. a política tributária regional para os combustíveis automotivos;

4. a evolução dos preços internacionais do açúcar e do álcool e as políticas agrícolas e energéticas internacionais (subsídios ao açúcar e álcool, em especial na Europa e nos EUA, e políticas de adição de etanol à gasolina), definindo volumes exportáveis de açúcar e álcool pelo Brasil;

5. a evolução da demanda nacional de açúcar;

6. as demandas regionais potenciais de álcool para adição à gasolina e para os veículos *flex fuel* e a álcool, dependentes da evolução das frotas automotivas e da renda dos consumidores;

7. a evolução dos mercados de álcool para usos não-energéticos (bebidas, químico e farmacêutico, limpeza etc.);

8. os preços internacionais do petróleo e consequentemente da gasolina no Brasil.

Com base nestes elementos, pode-se traçar um perfil da produção regional entre álcool e açúcar, definindo excedentes e déficits regionais de álcool, os custos de oportunidade para

suprimento local, os preços relativos em cada ponto de consumo e, conseqüentemente, a competitividade entre álcool e gasolina para o suprimento dos veículos *flex fuel*. Em síntese, a introdução do automóvel *flex fuel* e sua rápida difusão pelo mercado não é, *per se*, um elemento que induz à redução da demanda de gasolina automotiva. Há um complexo conjunto de fatores que define a competitividade relativa do álcool a nível regional e, portanto, a repartição do mercado dos *flex* entre gasolina e álcool hidratado. O principal problema trazido pela tecnologia *flex*, em especial pela magnitude em que estes veículos são introduzidos na frota nacional, é o risco de volatilidade crescente no mercado de gasolina, em função da forte incerteza quanto aos níveis de exportação de álcool e açúcar pelo país, que serão bem superiores aos atuais e também voláteis.

Após aproximadamente três décadas de experiência no uso de álcool como combustível automotivo, o Brasil parece ter atingido um grau de maturidade neste campo. Dependente, em sua fase de implementação, de um programa estruturado de subsídios, o álcool de cana no Brasil alcançou um estágio auto-sustentado, não mais calcado em subsídios governamentais, apresentando incontestáveis vantagens competitivas no mercado internacional. Os custos de produção do açúcar (US\$ 143 /ton) e do álcool (US\$ 0,87/galão – US\$1,00/galão para exportação *FOB*) no Brasil são bem inferiores àqueles apresentados por outros *players* internacionais, sendo o país o maior exportador mundial de açúcar e álcool (*market-maker*) (CORREIA, 2007). Com a emergência, em escala mundial, de programas estruturados para o uso automotivo do etanol, induzidos pelo tratado de Kyoto, e pelos preços mais elevados do petróleo, o Brasil assume um papel de liderança no suprimento de álcool para o mercado internacional. Preços mais atrativos, permitindo uma boa rentabilidade no negócio (o que vem atraindo diversas empresas internacionais para o país) e a disponibilidade de vastas terras agricultáveis permitem ao Brasil manter sua liderança crescente neste mercado no longo prazo.

3. REVISÃO DA LITERATURA

A estimação de modelos de demanda por álcool hidratado é um tópico ainda inexplorado na literatura econômica, devido principalmente ao pioneirismo e exclusividade brasileira no uso desse combustível. Conseguiu-se identificar apenas um trabalho (AZEVEDO, 2007) nessa direção. Já a demanda por gasolina possui vários estudos, em países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Os estudos apresentados a seguir, portanto, se referem em sua quase totalidade à análise da demanda por gasolina e foram selecionados por possuírem características semelhantes ao trabalho aqui proposto e colocarem os objetivos, justificativas e resultados do procedimento adotado. Estes autores foram subdivididos entre os que realizaram estudos internacionais e os que realizaram estudos nacionais. No capítulo 6 apresentamos uma tabela resumindo os principais resultados dos diferentes trabalhos publicados.

3.1 Estudos Internacionais

Existem inúmeros trabalhos no meio acadêmico internacional que procuram estudar a evolução do consumo da gasolina através da utilização das mais diversas especificações e métodos econométricos. Alguns deles serão apresentados a seguir.

Dahl & Sterner (1991) conduziram uma pesquisa sobre diversos estudos que enfocaram a demanda de gasolina, na qual evidenciaram que os principais parâmetros utilizados nos trabalhos têm sido o preço e a renda. Uma conclusão importante deste trabalho foi que embora existam vários estudos sobre a demanda por gasolina que apresentam resultados aparentemente conflitantes, quando estes são devidamente estratificados por modelo e tipo de dados, prevalece a convergência dos resultados para valores semelhantes. Os autores classificaram os trabalhos por tipo de dados e categorias de modelos, tendo constatado semelhanças consideráveis com respeito aos valores obtidos para as elasticidades preço e renda, tanto de curto como de longo prazo dentre os vários estudos.

De acordo com os autores, o modelo mais simples é o estático, no qual a demanda pelo combustível é função de seu preço real e da renda real do consumidor:

$$C_{comb_t} = f(P_{comb_t}, Y_t) \quad (1)$$

Outros modelos incluem ainda como variável relevante o estoque de veículos movidos pelo combustível em questão:

$$Ccomb_t = f(Pcomb_t, Y_t, V_t) \quad (2)$$

Onde V_t é o estoque de veículos.

Alguns estudos são ainda mais específicos e indicam que o tamanho e as características do automóvel (como eficiência no consumo, peso e data de fabricação) são variáveis fundamentais, além das já citadas, para a análise da evolução do consumo. São chamados de modelos de características dos veículos e capturam o ajustamento de longo prazo entre a demanda por combustível e as características do veículo:

$$Ccomb_t = f(Pcomb_t, Y_t, V_t, Char) \quad (3)$$

Onde $Char$ são as características do veículo em termos de eficiência.

Uma segunda gama de modelos, de caráter dinâmico, leva em consideração que a adaptação do consumidor a variações em sua renda e ao preço do combustível demora algum tempo. O modelo geralmente usado para representar este comportamento é o de ajustamento parcial, também chamado de modelo de defasagem endógeno, que estima a quantidade demandada como função do preço real do combustível, da renda real e da quantidade de combustível demandada no período anterior. Esse tipo de modelo encontra-se representado em (4):

$$Ccomb_t = f(Pcomb_t, Y_t, Ccomb_{t-1}) \quad (4)$$

Onde $Ccomb_{t-1}$ é a demanda pelo combustível no período anterior.

Há também modelos dinâmicos que relaxam a hipótese usada em (4) de que o preço e a renda têm estruturas de defasagem idênticas. São chamados de modelos de defasagens distribuídas. A forma mais simples de apresentar esse modelo pode ser vista em (5). Finalmente, os autores destacam a existência de modelos que mesclam o ajustamento parcial (*lagged endogenous model*) com o modelo de defasagens distribuídas, como pode ser visto em (6). Conhecidos na literatura como *model lagged endogenous other lag*, geralmente são utilizados na ausência de informação nos dados coletados.

$$Ccomb_t = f(\sum P_{t-i}, \sum Y_{t-i}) \quad (5)$$

$$Ccomb_t = f(\sum P_{t-i}, \sum Y_{t-i}, Ccomb_{t-1}) \quad (6)$$

Outro trabalho sobre a demanda por gasolina foi realizado por Bentzen (1994) na Dinamarca para o período de 1948 a 1991. Ele empregou técnicas de cointegração a modelos baseados na relação entre a quantidade de gasolina consumida em veículos de passageiros, o estoque de veículos, a distância média percorrida por veículo e o consumo de gasolina a cada milha (eficiência).

$$G = V(M/V)(G/M) \quad (7)$$

Sendo: G = Demanda de gasolina

V = Estoque de veículos

M/V = Distância Média Percorrida por Veículo

G/M = Consumo de Gasolina a cada Milha.

Como estudos prévios na Dinamarca indicaram que M/V é relativamente estável nesse país ao longo do tempo, essa variável foi desconsiderada e o consumo de gasolina *per capita* foi modelado em função do estoque de veículos *per capita*, do preço da gasolina e de uma tendência temporal representando o aumento da eficiência dos veículos. Dessa forma, ele substituiu a renda *per capita* pelo estoque de veículos *per capita* como variável explicativa. Os resultados encontrados por Bentzen apresentaram parâmetros com sinais corretos e magnitudes esperadas. A elasticidade preço da demanda por gasolina no curto prazo foi de $-0,32$ e no longo prazo foi de $-0,41$. A elasticidade de veículos no curto prazo foi de $0,89$ e no longo prazo foi de $1,04$.

Eltony & Al-Mutairi (1995) desenvolveram uma pesquisa em que estimaram a demanda por gasolina no Kuwait para o período de 1970-1989, usando o método de cointegração e o modelo de correção de erros. A equação de cointegração estimada foi:

$$\ln G_t = b_0 + b_1 \ln P_t + b_2 \ln Y_t + \varepsilon_t \quad (8)$$

Onde G_t , P_t e Y_t são, respectivamente, consumo de gasolina *per capita*, preço real da gasolina e renda real.

As conclusões às quais chegaram foram que as elasticidades preço de curto prazo e de longo prazo eram de $-0,37$ e $-0,46$, respectivamente, indicando uma demanda inelástica. A elasticidade renda da demanda foi de $0,47$ no curto prazo e de $0,92$ no longo prazo, sugerindo que a resposta do consumo de gasolina a mudanças na renda é maior no longo prazo do que

no curto prazo e que a demanda por gasolina no Kuwait continuará crescendo, com o aumento do consumo do óleo e uso energético no setor de transportes.

Ramanathan (1999) utilizou o método de cointegração proposto por Engle & Granger (1987) para determinar as elasticidades de curto e longo prazos da demanda por gasolina para a Índia durante os anos 1972/73-1993/94. Empregou modelos que apresentam o consumo per capita por gasolina como uma função da renda real per capita e de um índice de preços de gasolina, semelhantes aos indicados pelas seguintes equações:

$$\ln G_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y_t + \alpha_2 \ln P_t + \varepsilon_t \quad (9)$$

$$\Delta \ln G_t = \beta_0 \Delta \ln Y_t + \beta_1 \Delta \ln P_t + \beta_2 \Delta \ln G_{t-1} + \beta_3 \varepsilon_{t-1} + U_t \quad (10)$$

Chegou-se a uma elasticidade preço de -0,209 para o curto prazo e -0,319 para o longo prazo, enquanto as elasticidades renda de curto e longo prazos foram de, respectivamente, 1,178 e 2,682. O autor atribuiu a baixa magnitude da elasticidade preço aos reduzidos níveis de consumo de combustível e ao elevado crescimento econômico da Índia, assim como ao importante papel da energia para o crescimento dos países em desenvolvimento. Afinal, a demanda por gasolina na Índia tem crescido a taxas de aproximadamente 7,4% ao ano durante os últimos 15 anos.

Amengual & Cubas (2002) estimaram as demandas de gasolina e óleo diesel para o Uruguai mediante um VAR (vetores autoregressivos) utilizando o método de cointegração de Máxima Verossimilhança com Informação Completa de Johansen. As elasticidades preço encontradas para a gasolina e o óleo diesel foram de -0,77 e -0,45, respectivamente, enquanto que as elasticidades renda foram de 0,60 e 1,71. A elasticidade cruzada para o óleo foi de 0,34 e para a gasolina foi de 0,24.

Seguindo a mesma metodologia de Ramanathan, Cheung & Thomson (2004) realizaram estimações para a China e encontraram que para o período entre 1980-1999 a demanda de gasolina foi relativamente inelástica a mudanças no preço, tanto no curto como no longo prazo, com elasticidades de -0,19 e -0,56 respectivamente. A elasticidade renda de curto prazo foi de 1,64 e a de longo prazo foi 0,97. Segundo os autores, o fato de a elasticidade renda de longo prazo ser menor que a de curto prazo se deve ao crescimento econômico da China e ao conseqüente aumento da renda disponível, os quais levaram à disparada do consumo de gasolina.

Rodríguez (2006) estimou a demanda de gasolina comum, gasolina *premium*, gás liquefeito de petróleo (GLP) e óleo diesel na República Dominicana utilizando técnicas de cointegração para o período do 1º trimestre de 1997 ao 1º trimestre de 2006. Ele incluiu o estoque de veículos e a variável de tendência (*proxy* para a eficiência) como variáveis explicativas do consumo de gasolina. Entretanto, elas não foram significativas pelo fato de não se ter a separação do estoque de veículos pelo tipo de combustível para aquele país, o que ocasionou uma alta correlação com a renda. O modelo empregado foi o seguinte:

$$\ln Q_t^i = \beta_0 + \beta_1 \ln P_t^i + \beta_2 \ln P_t^j + \beta_3 \ln Y_t + \varepsilon_t \quad (11)$$

Onde i representa o combustível estimado e j o combustível substituto.

As elasticidades preço encontradas para a gasolina comum, gasolina *premium* e GLP foram de, respectivamente, -0,41, -0,63 e -0,29, enquanto que a elasticidade do óleo diesel não se mostrou estatisticamente diferente de zero. O GLP foi o único combustível para o qual se encontrou uma elasticidade preço-cruzada significativa (0,28 com relação à gasolina comum). Uma possível explicação encontrada pelo autor para a “ausência” de substitutos para o resto dos combustíveis é a multicolinearidade entre os preços. Quanto à elasticidade renda, os combustíveis que apresentaram valores significativos foram o GLP e o óleo diesel (0,42 e 0,80).

3.2 Estudos Nacionais

No Brasil, foi encontrado apenas um estudo relativo à estimação da função demanda por álcool hidratado, apesar da importância desse combustível em nossa matriz energética. A maioria dos trabalhos ocupou-se em estimar as elasticidades preço e renda da demanda por gasolina. Apresentamos a seguir, de forma resumida, a estrutura de alguns desses estudos.

Azevedo (2007) adotou a metodologia sugerida por Engle & Granger para calcular as elasticidades de curto e longo prazos da demanda por combustíveis em dois modelos: agregado para o Brasil e desagregado por regiões geográficas (Centro-Oeste, Nordeste, Norte, Sudeste e Sul). Foram examinados seis diferentes tipos de combustíveis: álcool hidratado, óleo diesel, gasolina C, gás liquefeito de petróleo (GLP), óleo combustível e gás natural, durante o período de janeiro de 2002 a junho de 2006.

A construção dos modelos se deu com base na utilização de cada combustível, verificando-se o setor da economia em que cada energético está inserido. Ou seja, o álcool, a

gasolina e o óleo diesel têm utilização no setor de transportes e o óleo combustível, o óleo diesel, o gás natural e o GLP têm utilização nos setores industrial, residencial e comercial. Sendo assim, não seria possível estimar um modelo entre o álcool, a gasolina e o diesel com o gás natural e o GLP, porque os três primeiros combustíveis são utilizados somente no setor de transporte, enquanto o gás natural e o GLP não têm utilização nesse setor. Além disso, foram testados vários modelos com a combinação dos preços de todos os combustíveis, utilizando o critério de partir da especificação mais geral para a mais particular, verificando assim os efeitos entre as variáveis. Observou-se que a inclusão dos preços de todos os combustíveis resultou em variáveis não significativas e modelos com R^2 ajustado muito baixo. Desta forma, as variáveis não significativas foram retiradas dos modelos, até restarem apenas as variáveis significativas, chegando-se aos modelos particulares.

Segundo a autora, o fato de os modelos gerais (com a inclusão de todas as variáveis de preço) não apresentarem resultados satisfatórios pode ser explicado em função de os combustíveis apresentarem características semelhantes entre si, de modo a existir poucas variações nos preços de um que expliquem as variações nos preços dos outros combustíveis. Deste modo, torna-se difícil avaliar os efeitos individuais ou separados de várias combinações de preços e daí a elaboração de modelos particulares com a combinação de dois combustíveis de cada vez. No modelo que estimou o consumo de álcool hidratado como função de seus preços, dos preços da gasolina e da renda, os resultados foram os seguintes: elasticidade preço de -0,694 no longo prazo e -1,047 no curto prazo, caracterizando a demanda de álcool como inelástica no longo prazo e elástica no curto prazo; elasticidade preço-cruzada de longo e curto prazos respectivamente iguais a 1,374 e 1,301, concluindo que os dois combustíveis são substitutos; elasticidade renda de longo e curto prazos de 0,895 e 0,433.

Burnquist & Bacchi (2002) analisaram a demanda nacional por gasolina no período de 1973 a 1998 a partir de um modelo econômico básico que relaciona consumo, preço e renda utilizando técnicas de cointegração para estimar as relações de longo prazo e um modelo de correção de erro para a análise das relações de curto prazo. Os resultados obtidos indicam que no curto prazo a demanda por gasolina no país é inelástica a mudanças na renda real, dado que a elasticidade-renda da demanda por gasolina foi estimada em 0,600. No longo prazo, por sua vez, a elasticidade-renda obtida apresentou-se relativamente mais elevada (0,959), mas ainda inelástica. Esses resultados permitem caracterizar a gasolina como um bem normal,

dado que as elasticidades-renda estimadas apresentam-se positivas e menores que a unidade, mesmo no longo prazo.

No caso da renda, cabe ressaltar ainda que, além da relação contemporânea que esta variável guarda com a demanda por combustível, suas variações também podem influenciar o consumo de gasolina em períodos futuros. Isso pode ser explicado pelo fato de que esse consumo pode aumentar não apenas pelo uso mais intensivo da frota existente, como também pelo aumento do número de veículos que constituem a frota nacional¹⁶, sendo que o efeito desse último fator tende a ser captado com alguma defasagem de tempo.

No que se refere à elasticidade-preço da demanda, os resultados para este período mostraram que o consumo de gasolina, no contexto da economia brasileira, é aparentemente pouco sensível a mudanças nos preços desse combustível, tanto no curto como no longo prazo. O valor estimado para a elasticidade-preço no curto prazo foi de -0,319, comprovando que a demanda por gasolina no país é inelástica em relação a essa variável. Apesar de um valor semelhante ao verificado em outros países, as autoras ressaltam que seria razoável esperar para o caso brasileiro que a elasticidade-preço resultante fosse relativamente mais elevada, dada a possibilidade da substituição da gasolina pelo álcool combustível¹⁷. Elas atribuem a ausência desse efeito substituição ao fato de que o preço do álcool durante este período fosse administrado pelo governo, que mantinha praticamente constante a sua relação com o preço da gasolina, reduzindo a influência potencial sobre a elasticidade-preço da demanda.

Quanto à elasticidade-preço da demanda para longo prazo, estimou-se o valor de -0,227, ligeiramente inferior ao da elasticidade de curto prazo. Apesar desse resultado conflitante com as evidências empíricas de existência de elasticidades maiores no longo prazo, ele foi considerado significativo estatisticamente a 1% de probabilidade.

Os dados utilizados nas estimativas das elasticidades compreendem médias anuais, relativas ao período de 1973 a 1998. Os dados de consumo e preço da gasolina para o mercado brasileiro foram obtidos junto a publicações anuais do Balanço Energético Nacional

¹⁶ Esse aumento da frota pode ocorrer como decorrência direta do aumento da renda dos consumidores.

¹⁷ Vale lembrar que à época do referido trabalho (2002) a substituição da gasolina pelo álcool hidratado era apenas parcial, pois ainda não existia a tecnologia *flex*. Ou seja, para efetuar a substituição era necessária a troca do veículo.

- 1999 - do Ministério das Minas e Energia. A série de preços equivale a valores médios anuais do preço da gasolina, expressos em Reais de 1998. O consumo de gasolina corresponde ao total consumido na economia brasileira, tomado em 1.000 m³ e transformado em valores *per capita*, considerando dados de população obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados relativos ao PIB real *per capita*, utilizados para representar a variável renda na função demanda, também foram obtidos junto ao IBGE. Essa série foi expressa em Reais de 1998, de forma semelhante à empregada para os preços da gasolina.

As conclusões gerais do estudo, além da indicação de que o consumo de gasolina no Brasil é mais sensível a alterações na renda do que nos preços, são que:

Os resultados obtidos nesta análise quanto ao comportamento da demanda por gasolina no Brasil sugerem que a resposta do volume consumido, mediante alterações nos preços, é pouco expressiva. Dessa forma, considerando-se a possibilidade de que os mecanismos de formação dos preços venham a evoluir de forma a permitir uma maior internalização das oscilações nos preços internacionais do petróleo, tem-se que os efeitos esperados mediante uma redução nesses preços, por exemplo, são positivos¹⁸. Em termos macroeconômicos, o efeito positivo associado a reduções dos preços seria vinculado à importância relativa do preço dos combustíveis na determinação dos índices inflacionários. Além disso, a possibilidade de que a expansão no consumo seja relativamente pequena, em reposta a uma redução nos preços de gasolina, restringe a possibilidade da evolução de um desequilíbrio entre a oferta e demanda pelo produto no mercado interno (BURNQUIST & BACCHI, 2002).

Alves & Bueno (2003) estudaram o comportamento da demanda por gasolina no Brasil entre os anos de 1974 a 1999 e também utilizaram técnicas de cointegração e modelo de correção de erros com o objetivo de estimar as elasticidades-preço e renda desse combustível. Este trabalho se diferencia de outros estudos anteriores pela inclusão do preço do álcool como uma variável explicativa adicional ao modelo de demanda da gasolina. Isto permitiu que, adicionalmente, se estimasse a elasticidade-cruzada entre álcool e gasolina, objetivando entender até que ponto o álcool combustível se constitui em um substituto da gasolina.

Os dados de população e renda disponível são do IBGE. As *proxies* para os preços da gasolina e álcool, assim como os dados de índice de preços, são da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE). A série de consumo de gasolina no país é da ANP. Todos estes

¹⁸ As autoras estavam particularmente interessadas nos possíveis efeitos sobre a demanda por gasolina no país decorrentes da Lei nº 9.478 (Lei do Petróleo) de 1997, que determinou o fim do monopólio da Petrobras sobre as atividades petrolíferas e promoveu a abertura do mercado de combustíveis brasileiro.

dados compreendem o período de 1974 a 1999. Os dados anuais para o preço real do álcool hidratado referem-se aos anos de 1984 a 1999¹⁹. Todos os preços reais e renda real são expressos em número índice com base no ano de 1984.

Os resultados econométricos apresentados a partir desta especificação são os seguintes: as variáveis referentes aos preços da gasolina e do álcool apresentaram coeficientes significativamente diferentes de zero a um nível de significância de 15%, sendo considerado pelos autores como bastante razoável, dado o pequeno número de observações e os graus de liberdade disponíveis na amostra. Os sinais e valores das elasticidades calculadas (elasticidades preço e renda) estão coerentes com a teoria econômica, caracterizando a demanda por gasolina no país como inelástica com respeito a preço e renda. Quanto à estimativa da elasticidade-cruzada, embora seu sinal seja positivo, conforme o esperado para bens substitutos como a gasolina e o álcool, seu valor absoluto (0,480) mostrou-se baixo, caracterizando assim o álcool combustível como um substituto imperfeito da gasolina, mesmo no longo prazo. Isto, segundo os autores, é explicado pelo alto custo associado à mudança necessária nos motores para conversão do uso do combustível, no caso, de gasolina para álcool hidratado.

O estudo também ressalta que o valor da elasticidade-preço da gasolina para o Brasil (-0,465) está próximo daqueles reportados para outros países, tais como o que Eltony & Al-Mutairi (1995) estimaram para o Kuwait (-0,463) e a estimativa de -0,319 que Ramanathan (1999) encontrou para a Índia. Entretanto, o valor encontrado para a elasticidade-renda (0,122) foi muito mais baixo do que os encontrados para esses países.

Os resultados do modelo de correção de erro, para estimativas de curto prazo, também indicam que os sinais das elasticidades estão de acordo com o previsto na teoria. Além disso, a elasticidade-preço de curto prazo (-0,092) é menor do que a de longo prazo, conforme o esperado. A estimativa da elasticidade-renda de curto prazo (0,122) foi praticamente a mesma que a de longo prazo. Um ponto de destaque é o fato de os coeficientes do álcool e da gasolina não serem significativamente diferentes de zero, de onde se pode concluir, segundo os autores, que a demanda por gasolina é perfeitamente inelástica no curto prazo. As conclusões finais do trabalho são que:

¹⁹ A fonte dos dados não consta no original.

O consumo de gasolina parece ter uma tendência quadrática, a qual é explicada pelo processo de ajustamento da economia brasileira aos repetidos choques do petróleo nos últimos 30 anos. A elasticidade-preço da gasolina é inelástica no longo prazo e completamente inelástica no curto prazo [...]. Também como esperado, a elasticidade-cruzada entre álcool e gasolina é positiva, confirmando que eles são substitutos, embora substitutos imperfeitos. A elasticidade-preço nula da gasolina no curto prazo leva a elasticidade-cruzada nula com respeito ao álcool, um resultado também confirmado por este estudo (ALVES & BUENO, 2003).

Roppa (2005) analisou a evolução da demanda por gasolina no Brasil no período de 1973 a 2003, a partir de um modelo em que o consumo de gasolina é função de seu preço, do preço do álcool hidratado e da renda. O principal objetivo do trabalho é examinar as condições de substituição da gasolina pelo álcool combustível. Neste sentido, foram efetuados os cálculos das elasticidades-preço e renda da demanda por gasolina e da elasticidade-preço cruzada da demanda por gasolina em relação ao álcool, utilizando, mais uma vez, o método de cointegração e o modelo de correção de erros para estimar, respectivamente, as relações de longo e curto prazos entre as variáveis.

Quatro principais fontes de informação foram utilizadas: ANP para os dados de consumo anual de gasolina em mil m³, Ministério de Minas e Energia para os dados de preço da gasolina e do álcool em US\$/m³, Banco Central do Brasil (BC) para os dados de PIB anual per capita em R\$ de 1979 e IBGE para os dados de população. Todos esses dados foram convertidos para escala logarítmica, a fim de facilitar a interpretação dos coeficientes de cada variável em questão. O período de abrangência dos dados compreende os anos de 1973 a 2003, com exceção dos preços do álcool hidratado, cuja série inicia-se a partir de 1979.

A equação de cointegração (12) e o modelo de correção de erro (13) assumem respectivamente as seguintes especificações:

$$\ln Cgas_t = \beta_0 + \beta_1 \ln Y_t + \beta_2 \ln Pgas_t + \beta_3 \ln Palc_t + \varepsilon_t \quad (12)$$

Onde: $Cgas_t$: consumo de gasolina anual *per capita* em m³;

Y_t : Produto Interno Bruto (PIB) real anual *per capita* em US\$ milhões;

$Pgas_t$: preço real da gasolina em US\$/m³;

$Palc_t$: preço real do álcool, em US\$/m³ e

ε_t : resíduo da equação (12)

$$\Delta \ln Cgas_t = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta \ln Y_{t-i} + \alpha_2 \Delta \ln Pgas_{t-i} + \alpha_3 \Delta \ln Palc_{t-i} + \alpha_4 \varepsilon_{t-1} + z_t \quad (13)$$

Onde: Δ indica a primeira diferença;

Z_t : resíduo da equação (13);

ε_{t-1} : resíduo defasado da equação (12), sendo:

$$\varepsilon_{t-1} = \ln CGas_{t-1} - \beta_0 - \beta_1 \ln Y_{t-1} - \beta_2 \ln Pgas_{t-1} - \beta_3 \ln Palc_{t-1}$$

De modo sucinto, os resultados obtidos são os seguintes: foi necessária a inclusão das variáveis de tendência t e t^2 na equação de cointegração (12), a fim de ajustar o modelo ao comportamento da série de consumo *per capita* da gasolina em escala logarítmica, que apresenta tendência quadrática. Além disso, também foram agregadas à equação (12) as variáveis $\Delta \ln Cgas_t$ e $\Delta \ln Y_t$, pois segundo a autora “é razoável supor que o consumo de gasolina no período t é afetado tanto pela renda quanto pelo consumo no período anterior”. Os coeficientes relativos às variáveis $\ln Y_t$, $\ln Pgas_t$ e $\ln Palc_t$ estimados mostraram-se estatisticamente significativos, sendo o último significativo ao nível de 20% e os demais ao nível de 5%.

Os cálculos das elasticidades de longo prazo da demanda por gasolina no período de 1979 a 2000 indicam que essas estimativas apresentaram os sinais esperados: positivo para a elasticidade-renda da gasolina e elasticidade-preço cruzada da gasolina em relação ao álcool e negativo para a elasticidade-preço da gasolina. Quanto aos valores estimados, os resultados revelaram que a gasolina é inelástica tanto ao seu preço quanto à sua renda no longo prazo (respectivamente -0,6344 e 0,1637). A elasticidade-preço cruzada (0,4019) apresentou o álcool como um substituto imperfeito da gasolina. Nas palavras da autora: “[...] a relação de substituíbilidade foi confirmada, porém, foi reduzida, indicando que no longo prazo a demanda por gasolina é relativamente inelástica em relação ao preço do álcool”. A justificativa para este resultado, ainda segundo a autora, é que:

Apesar de no longo prazo haver a possibilidade de os consumidores trocarem de carro, adotando um modelo a álcool, há uma certa insegurança em relação à disponibilidade deste último nos postos, dado o fim inesperado (do ponto de vista dos consumidores) do Proálcool, apesar do custo que esta atitude poderia acarretar (ROPPE, 2005).

Para o curto prazo, as estimativas do modelo de correção de erro para a elasticidade-preço e renda da gasolina apresentaram os sinais esperados: negativo para a primeira e positivo para a segunda. Novamente, a gasolina apresentou-se inelástica tanto em relação à

sua renda quanto ao seu preço (0,4718 e -0,0734, respectivamente). No entanto, somente a elasticidade-renda mostrou-se estatisticamente significativa, ao nível de 5%. A elasticidade-preço cruzada da gasolina em relação ao álcool, por sua vez, revelou sinal contrário ao esperado (-0,1986). Todavia, esta variável, assim como a variável elasticidade-preço da gasolina, não é estatisticamente significativa.

Finalmente, é importante destacar que a autora aplicou a mesma metodologia econométrica para o período 1979-2003 e, “surpreendentemente”, encontrou resultados incoerentes com a teoria econômica. Com exceção da variável elasticidade-renda da gasolina, os sinais encontrados para as elasticidades-preço e preço cruzada da gasolina em relação ao álcool, tanto para o longo quanto para o curto prazo, se mostraram contrários ao esperado. Além disso, com exceção da elasticidade-preço cruzada da gasolina em relação ao álcool, no curto prazo, todos os demais resultados mostraram-se estatisticamente insignificantes.

Segundo a autora, o motivo de uma alteração tão significativa nos resultados, quando se consideram estes três anos adicionais no período analisado, “pode estar nos fatores que vêm tornando errônea a mensuração do consumo de gasolina”. Os fatores apontados são: (1) adulteração e fraude da gasolina e (2) a questão da sonegação fiscal, advinda dos diferenciais de ICMS (Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação) entre estados que permite que a distribuidora se aproprie deste diferencial de alíquota de ICMS e, conseqüentemente, consiga distribuir o combustível a um preço mais baixo. A intensificação destas práticas (ilegais) reduz artificialmente o preço da gasolina e, com isso, aumenta a quantidade vendida do produto.

Nappo (2007) estimou a demanda de gasolina em bases mensais de agosto de 1994 a julho de 2006 pelo método de cointegração. Ele utilizou duas equações para estimar o consumo de gasolina. A 1ª equação é a mesma utilizada pela maioria dos autores brasileiros, onde se estima o consumo mensal nacional de gasolina *per capita* em função do preço real da gasolina e do álcool e do PIB *per capita* mensal. Na 2ª equação é acrescentada uma variável *dummy* de inclinação associada ao preço da gasolina a partir de março de 2003. Essa variável se destina a capturar o efeito do início das vendas de veículos *flex*.

Os dados de consumo mensal de gasolina no Brasil foram obtidos junto à ANP. As séries de preços são do IBGE e equivalem a valores médios mensais dos preços da gasolina e do álcool hidratado no mercado brasileiro, expressos em Reais de setembro de 2006, deflacionados pelo IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo). Os dados relativos ao PIB *per capita* em Reais de setembro de 2006 foram construídos a partir dos valores mensais para o PIB e a população brasileira, cuja fonte é o IBGE.

Os resultados obtidos indicaram que a demanda por gasolina no Brasil é inelástica no longo prazo, tanto em relação a variações nos preços deste combustível, quanto a alterações na renda dos consumidores. Os valores estimados para as elasticidades-preço e renda de longo prazo foram de -0,197 e 0,685, respectivamente. Por sua vez, a variável preço do álcool hidratado mostrou-se não significativa estatisticamente. Segundo o autor, esse resultado aparentemente inusitado pode ser explicado a partir de um problema de multicolinearidade entre o preço da gasolina e do álcool hidratado, provavelmente decorrente das determinações legais que regiam os preços de combustíveis no Brasil até o ano de 2001.

Também foi estimado o coeficiente de uma variável binária de inclinação associada ao preço da gasolina, incluída no modelo com o objetivo de capturar os impactos da entrada do *flex fuel* sobre a curva de demanda por gasolina a partir de março de 2003. Esta variável binária de inclinação apresentou-se com um coeficiente de aproximadamente -0,137. Isto significa que a partir de março de 2003 há uma significativa mudança na elasticidade-preço da demanda por gasolina, que se torna mais elástica, saindo de -0,197 para -0,334. De acordo com o autor, esse resultado indica que o mercado nacional de combustíveis de ciclo Otto²⁰ pode estar passando por mudanças estruturais, para as quais a entrada dos veículos *flex fuel* é a causa mais provável e que o álcool hidratado tem se tornado um substituto menos imperfeito da gasolina.

²⁰ O Ciclo Otto é um ciclo termodinâmico que idealiza o funcionamento de motores de combustão interna de ignição por centelha. Foi definido por Beau de Rochas e implementado com sucesso pelo engenheiro alemão Nikolaus Otto em 1876 e posteriormente por Étienne Lenoir e Rudolf Diesel. Motores baseados neste ciclo equipam a maioria dos automóveis de passeio atualmente.

Schünemann (2007) procurou analisar o impacto na demanda de gasolina automotiva no Brasil gerado pela introdução dos veículos *flex fuel* a partir de 2003 e da expansão do consumo do Gás Natural Veicular (GNV) no passado recente. Com dados anuais e mensais, a autora estimou as elasticidades-renda, preço e cruzada de curto e longo prazos do consumo de gasolina *per capita* no Brasil, utilizando o método de cointegração. Com o intuito de obter resultados mais precisos para as elasticidades e investigar outras possíveis variáveis explicativas do consumo de gasolina ela introduziu as variáveis consumo defasado, frota *per capita*, idade média e eficiência média da frota dos veículos à gasolina. Entre elas, a variável idade média da frota foi a que apresentou melhores resultados. Ela foi estatisticamente significativa e apresentou o sinal esperado em todas as equações de curto e longo prazos, indicando aproximadamente o mesmo coeficiente. As variáveis eficiência média e frota *per capita* foram excluídas dos modelos, dado as suas relações com as variáveis idade média da frota e PIB *per capita*, respectivamente. O consumo defasado de gasolina foi incluído no modelo de correção de erros das regressões mensais e sua inclusão melhorou a capacidade preditiva dos modelos relativamente aos resultados mensais de longo prazo. O preço do álcool hidratado não se mostrou significativo para explicar a demanda de gasolina, dada a influência do preço da gasolina no preço do álcool devido à regulamentação vigente no Brasil até o ano de 2001.

Os resultados obtidos com dados mensais (julho de 2001 a fevereiro de 2007) e sem o preço do álcool indicaram que a gasolina C é um bem inelástico em relação ao preço (-0,380) e à renda (0,210) no curto prazo. No longo prazo, a gasolina C se torna um bem um pouco mais elástico à renda (0,534), mas a inelasticidade em relação ao preço (-0,312) se mantém. A autora indicou ainda que há uma mudança estrutural no mercado de combustíveis ocasionada pelas vendas de veículos *flex*. No entanto, este impacto só é relevante se for considerado o período recente, uma vez que a variável *dummy* incluída para representar o período de venda dos veículos *flex* só foi significativa nas regressões de longo prazo com dados mensais. A pesquisa não pôde obter conclusões sobre a influência da expansão do GNV no mercado de gasolina devido à limitação de dados, uma vez que as poucas observações de dados de consumo de GNV comprometeram a validade estatística dos resultados e o preço do GNV se mostrou uma variável irrelevante para influenciar a decisão dos consumidores, que é influenciada por fatores estruturais do mercado.

Assim, após uma extensa revisão de trabalhos nessa área, é possível afirmar que um expressivo volume de análises confirmou a existência de relações de cointegração entre o consumo de energia, de uma maneira geral, e a demanda de combustíveis, em particular, com a renda do país e os preços desses combustíveis.

Quanto aos estudos nacionais podem ser assinaladas algumas limitações comuns à maioria desses trabalhos. A primeira delas diz respeito ao número reduzido de observações em relação à quantidade de variáveis explicativas, sobretudo nas pesquisas que utilizaram dados anuais, comprometendo a validade estatística dos resultados. O intervalo de tempo considerado por alguns trabalhos, até o início da presente década, é outra limitação. Afinal, a relação entre os preços dos combustíveis era administrada pelo governo, o que termina por distorcer os valores obtidos para as elasticidades. Além disso, não se pôde captar plenamente os efeitos do surgimento da frota *flex* nas elasticidades. Afinal, a introdução dos carros bicompostíveis (março de 2003) era muito recente, com uma participação na frota nacional de veículos leves relativamente pequena na época.

Outro ponto falho é que todos os trabalhos consideraram como variável dependente o consumo *per capita* do combustível analisado, quando o mais correto teria sido considerar o consumo por veículo, já que o crescimento da população não implica necessariamente em mais veículos circulando. Nappo (2007) tomou o consumo de gasolina como variável explicada, sem atentar para o fato de que o consumo pode estar aumentando apenas pela elevação na quantidade de automóveis e não por reduções no preço.

Alguns, ainda, incluíram o consumo defasado da variável dependente como variável explicativa na equação de cointegração, apesar desse método já supor que os coeficientes encontrados estão em equilíbrio ao longo do tempo. Não faz sentido, portanto, incluir uma variável que capte a inércia do consumo de curto prazo em regressões que representam o longo prazo.

Com exceção de Azevedo (2007), para os demais estudos nacionais os coeficientes da variável do combustível substituto não se mostraram estatisticamente significativos, impedindo a análise da relação de substituição entre álcool e gasolina. Os autores atribuem esse resultado aparentemente inusitado ao atrelamento existente entre os preços do álcool

hidratado e da gasolina, decorrente do controle governamental sobre os preços dos combustíveis até o ano de 2001.

Tabela 1 – Teste de Causalidade de Granger

Pairwise Granger Causality Tests

Sample: 2001M07 2008M10

Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Probability
PALC não Granger-Causa PGAS	86	0.81925	0.44438
PGAS não Granger-Causa PALC		1.73725	0.18250

Fonte: Elaboração própria

Nesse sentido, o presente trabalho efetuou um teste de causalidade de Granger²¹ (tabela 1) para verificar com mais clareza a direção dessa causalidade entre os preços dos combustíveis analisados. O teste revelou que nem o preço da gasolina Granger-causa o preço do álcool hidratado nem o preço do álcool hidratado Granger-causa o preço da gasolina, confirmando o que seria de se esperar para o período pós-desregulamentação de preços.

²¹ Testa a hipótese de causalidade entre variáveis, a partir da noção de quanto os valores passados de uma série (x_t) são úteis para prever os valores futuros de uma outra série (y_t), depois dos valores passados de y_t terem sido descontados (Wooldridge, 2003, p. 836).

4. MODELO ECONOMETRICO E FONTE DE DADOS

O modelo econométrico adotado neste trabalho baseia-se em algumas hipóteses simplificadoras: linearidade nos parâmetros; valores dos regressores fixados em amostragem repetida; valor médio condicional do resíduo igual a zero; homocedasticidade; nenhuma autocorrelação entre os resíduos; resíduo e variáveis explicativas independentes; número de observações maior que o número de parâmetros a serem estimados; especificação correta; ausência de multicolinearidade perfeita e, finalmente, distribuição normal dos resíduos. Um modelo com tais características é chamado de modelo clássico de regressão linear normal (MCRLN).

Quanto à especificação da função de demanda de um bem qualquer, de acordo com a teoria econômica requer-se pelo menos duas variáveis básicas: o preço do bem e a renda dos seus consumidores. Os estudos empíricos acerca do consumo de combustíveis, de modo quase generalizado, baseiam-se somente nestas duas variáveis explicativas. Para o Brasil, no entanto, é impensável uma função de demanda por álcool hidratado que ignore a importância da gasolina como uma variável relevante em sua especificação, de modo a verificar a relação de substituição entre os combustíveis concorrentes.

Inicialmente, tentou-se estimar um sistema de equações aparentemente não relacionadas (*seemingly unrelated regressions* - SUR), calculando as demandas por gasolina e por álcool hidratado como função de seus preços e da renda. Entretanto, os resultados para a demanda por gasolina não se mostraram satisfatórios. Assim, a forma funcional do modelo abordada nesta pesquisa considera apenas o consumo por álcool combustível:

$$Calc_t = f(Palc_t, Pgas_t, Y_t) \quad (14)$$

Onde: $Calc_t$ = consumo mensal nacional *por veículo* de álcool hidratado (em litros)

$Palc_t$ = preço real mensal do álcool hidratado (em R\$/litro de out/2008)

$Pgas_t$ = preço real mensal da gasolina (em R\$/litro de out/2008)

Y_t = produção física industrial mensal (índice de base fixa mensal com ajuste sazonal - média de 2002 = 100).

Os dados utilizados nas estimativas compreendem médias mensais, relativas ao período de julho de 2001 a outubro de 2008. As séries do consumo do álcool, preço do álcool e da

gasolina foram obtidas junto à ANP. Devido à indisponibilidade de dados mensais do PIB *per capita*, será utilizada como *proxy* para esta variável a produção física industrial mensal do IBGE para o Brasil. Os dados da frota de automóveis foram levantados no Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN). Para deflacionar os preços foi usado o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI), calculado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e disponibilizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

A função de demanda do álcool hidratado pode ser escrita como:

$$Calc_t = \beta_0 Palc_t^{\beta_1} Pgas_t^{\beta_2} Y_t^{\beta_3} e^{\beta_4 t} DflexPalc_t^{\beta_5} e^{\varepsilon_t} \quad (15)$$

Podemos converter as variáveis para escala logarítmica com o intuito de interpretar os coeficientes como elasticidades e de suavizar a variância das séries. Assim, tomando-se o logaritmo da equação obtém-se a função demanda por álcool de longo prazo a ser estimada²²:

$$\ln Calc_t = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln Palc_t + \beta_2 \ln Pgas_t + \beta_3 \ln Y_t + \beta_4 t + \beta_5 Dflex \ln Palc_t + \varepsilon_t \quad (16)$$

Onde t é a variável de tendência incluída com o objetivo de capturar possíveis avanços tecnológicos e $Dflex$ é uma variável binária associada ao preço do álcool, incluída no modelo com o objetivo de capturar os impactos sobre a curva de demanda por álcool da entrada em circulação, a partir de março de 2003, dos veículos *flex fuel*. A utilização de variáveis binárias (*dummy*) neste caso é particularmente interessante visto que o fato dos veículos serem ou não *flex fuel* caracteriza uma informação de ordem qualitativa, cujo caráter binário recomenda o uso de variáveis *dummy*. Cabe ressaltar, entretanto, que a transformação não foi imediata: o veículo *flex* demorou um certo tempo para ganhar espaço no mercado. Assim, a equação (16) foi estimada várias vezes, alternando-se a data de inclusão da variável binária com o objetivo de observar a partir de quando ela melhor se ajusta aos dados. Concluiu-se que isso ocorreu nove meses após o seu lançamento no Brasil. Portanto, $DflexPalc_t = 0$ quando $t = \text{julho/2001 a dezembro/2003}$ e $DflexPalc_t = 1$ quando $t = \text{janeiro/2004 a outubro/2008}$.

Posteriormente, é realizado o exame da relação de curto prazo mediante a construção e estimação do modelo de correção de erros (MCE), através da seguinte equação:

$$\Delta \ln Calc_t = \ln \alpha_0 + \alpha_1 \Delta \ln Palc_t + \alpha_2 \Delta \ln Pgas_t + \alpha_3 \Delta \ln Y_{t-2} + \alpha_4 \Delta \ln Calc_{t-3} + \alpha_5 \varepsilon_{t-1} + Z_t \quad (17)$$

²² A estimação do modelo e demais procedimentos econométricos foram efetuados a partir do pacote estatístico *EViews 5.0*.

Onde Δ indica o operador de primeira diferença; $Calc_{t-3}$ é o consumo defasado em três períodos do álcool; $\hat{\varepsilon}_{t-1}$ é o resíduo defasado resultante da estimação da equação (16) e Z_t é o resíduo da equação (17), que segue as hipóteses clássicas, a saber, ele tem média zero, variância σ^2 constante e é não-autocorrelacionado. O consumo defasado foi incluído somente na regressão do modelo de correção de erros, pois o método de cointegração já pressupõe que os coeficientes encontrados estão em equilíbrio ao longo do tempo, portanto, não faz sentido incluir uma variável que captaria a inércia do consumo no curto prazo em uma regressão que representa o longo prazo.

O MCE é um mecanismo que permite conduzir as variáveis para o equilíbrio, na medida em que a dinâmica de curto prazo é influenciada pela magnitude do desvio em relação ao equilíbrio de longo prazo. Além disso, será possível determinar a velocidade com que os desequilíbrios são eliminados e que será medido através do coeficiente α_5 de (17).

Desta forma, pretende-se avaliar como se deu a evolução do comportamento do consumo de álcool hidratado ao longo dos 88 meses que vão de julho de 2001 a outubro de 2008. Através do método de cointegração e do mecanismo de correção de erros, que serão explicados mais adiante, serão estimadas as elasticidades preço e renda da demanda por álcool hidratado e a elasticidade preço-cruzada da demanda do álcool em relação à gasolina tanto no curto como no longo prazo.

De acordo com a teoria econômica é de se esperar que a elasticidade preço do álcool, a elasticidade renda e a elasticidade preço-cruzada do álcool em relação à gasolina possuam, respectivamente, os seguintes sinais: negativo, positivo e positivo. Ou, em outras palavras, espera-se encontrar que: o álcool é um bem comum, ou seja, quando seu preço aumenta, a quantidade demandada diminui; normal, isto é, quando a renda do consumidor aumenta, a quantidade demandada também aumenta; possui a gasolina como bem substituto, o que significa que um aumento no preço da gasolina levaria, *coeteris paribus*, a um aumento no consumo do álcool.

Na tabela 2 são apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis a serem utilizadas.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas dos dados

	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio-Padrão	Número de observações
$\ln \text{Calc}_t$	2,8666	2,7627	3,6353	2,2768	0,3614	88
$\ln \text{Palc}_t$	0,5647	0,5594	0,8878	0,3228	0,1277	88
$\ln \text{Pgas}_t$	1,0644	1,0652	1,2245	0,9199	0,0735	88
$\ln Y_t$	4,7017	4,7099	4,8753	4,5396	0,0932	88

Fonte: elaboração própria

5. ESTIMAÇÃO DO MODELO

A fim de estimar as elasticidades do álcool combustível utilizando dados de séries temporais foi adotado o método econométrico de cointegração sugerido em Johansen (1988). Essa metodologia já foi empregada em dois estudos sobre a demanda por gasolina no Brasil: Burnquist & Bacchi (2002) e Nappo (2007).

Inicialmente deve-se analisar o comportamento das séries presentes na equação a ser estimada, de forma a verificar se estas são geradas por processos estocásticos estacionários. Afinal, a utilização de séries não-estacionárias²³ em equações estimadas pelo método de mínimos quadrados ordinários (MQO) em séries temporais gera regressões espúrias²⁴, na qual os valores tipicamente significantes de parâmetros estimados podem não refletir nenhuma relação econômica entre as variáveis envolvidas. As variáveis não-estacionárias tendem a produzir resíduos não-estacionários, violando assim um dos pressupostos básicos da estimação por MQO. Ao se negligenciar esse fato, o resultado da regressão geralmente subestima a variância dos erros, o que compromete os valores da estatística t e, por conseguinte, os testes de hipótese sobre a significância estatística dos parâmetros. Além disso, regressões espúrias costumam produzir coeficientes de determinação (R^2) elevados que, contrariamente à interpretação usual, não refletem necessariamente uma forte associação entre as variáveis dependentes e independentes, mas sim a tendência geral, crescente ou decrescente, dos valores observados.

Um indício de não-estacionariedade é justamente a presença de tendência nas séries de tempo. A tendência existente em séries não estacionárias pode ser eliminada pela inclusão da variável tempo (variável de tendência) entre as variáveis independentes, quando se tratar de um processo de tendência determinista, ou por diferenciação²⁵, quando se tratar de um processo de tendência estocástica.

²³ Uma série y_t é dita estacionária se, para todos os valores de t , é válido que: $E(y_t) = \mu$; $Var(y_t) = \sigma^2$; $Cov(y_t, y_{t+s}) = Cov(y_t, y_{t-s})$. Em outras palavras, a série y_t é estacionária se sua média e sua variância forem constantes ao longo do tempo e o valor da covariância entre dois períodos de tempo depender apenas da distância ou defasagem entre os dois períodos, e não do período de tempo efetivo em que a covariância é calculada (GUJARATI, 2000).

²⁴ A expressão “*spurious regression*”, utilizada para classificar uma regressão como desprovida de sentido econômico, foi primeiramente empregada por Granger & Newbold (1974).

²⁵ O processo de diferenciação para alcançar a estacionariedade está intrinsecamente relacionado ao conceito econométrico de integração, que pode ser assim entendido: uma variável de tendência estocástica $x(t)$ é dita

Portanto, para a utilização do método MQO em séries temporais, sem se correr o risco de regressão espúria, é necessário primeiramente verificar se as séries de tempo em questão são estacionárias. Isto será feito através da aplicação dos testes de raiz unitária, cujo objetivo é determinar o número de raízes sobre o círculo unitário (raízes unitárias) presentes no processo estocástico gerador da série. O número de raízes unitárias, neste caso, corresponde à ordem de integração da série e ao número de diferenças necessário para tornar uma série estacionária.

Caso se conclua, no entanto, que as séries não são estacionárias, é possível ainda a utilização do método MQO, desde que as séries sejam co-integradas. Neste caso, será necessário promover a análise de cointegração entre as variáveis do modelo.

5.1 Teste de Raiz Unitária

Para testar a condição de estacionariedade e determinar a ordem de integração das variáveis definidas neste estudo, utilizou-se o teste de Dickey-Fuller Aumentado - ADF²⁶ (DICKEY & FULLER, 1979), que considera a hipótese de não-estacionariedade a partir da presença de uma raiz unitária, ou seja, testa a hipótese de que o processo é integrado de ordem um contra a hipótese alternativa de que o processo é estacionário em nível.

Muitas séries não são diretamente estacionárias: só serão a partir de sua diferenciação. Além disso, pode ser que seja necessário promover este processo mais de uma vez para que isto ocorra. Se uma série temporal necessitar ser diferenciada uma vez para que se torne estacionária, pode-se dizer que a série original é integrada de ordem 1 ou $I(1)$. Ou seja, a série original é não-estacionária, mas sua primeira diferença ($\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$) é estacionária. A ordem de integração de uma série corresponde ao número de vezes que é preciso diferenciá-la para torná-la estacionária.

O teste ADF considera três possíveis modelos auto-regressivos que podem ser usados para testar a presença de raiz unitária:

integrada de ordem n , com notação $I(n)$, caso sejam necessárias n diferenciações para que $x(t)$ atinja a estacionariedade. Assim, uma variável $I(1)$ é não-estacionária, mas alcança a estacionariedade após uma diferenciação. Já uma variável $I(0)$ é dita estacionária em nível, sem que seja necessária qualquer diferenciação (ENDERS, 2004).

²⁶ Enquanto o teste de Dickey-Fuller (DF) aplica-se somente a processos $AR(1)$, o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) aplica-se a processos $AR(p)$.

$$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + a_2 t + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (\text{i})$$

$$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (\text{ii})$$

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (\text{iii})$$

Onde: $\gamma = -(1 - \sum_{i=1}^p a_i)$, sendo p a ordem do modelo auto-regressivo

$$\beta = -\sum_{j=1}^p a_j$$

A diferença entre os três modelos consiste na presença ou não dos elementos determinísticos a_0 e $a_2 t$. A equação (iii) representa um modelo do tipo “passeio aleatório” puro. Na equação (ii), por sua vez, é acrescentado um intercepto a_0 (também chamado de constante) e na equação (i) é incluído, além do intercepto, um termo de tendência linear temporal $a_2 t$, constituindo o chamado modelo completo.

O parâmetro de interesse do teste é γ . Se $\gamma = 0$, então a seqüência $\{y_t\}$ tem uma raiz unitária. O procedimento consiste em estimar uma (ou mais) das equações acima usando o processo de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) para obter as estimativas do valor de γ e os erros-padrão a ele associados. Vale notar que a estatística t relativa ao coeficiente γ não segue a distribuição t de *Student*. Por isso, a estatística t calculada de maneira tradicional é conhecida como estatística τ (tau), cujos valores críticos foram tabulados por Dickey & Fuller (daí o nome do teste) com base em simulações de Monte Carlo. É importante ressaltar, no entanto, que os valores críticos da estatística τ dependem da forma da equação e do tamanho da amostra, ou seja, esses valores dependem da inclusão ou não de intercepto e/ou termo de tendência linear temporal na equação que está sendo testada. Assim, as estatísticas apropriadas para serem usadas com as equações (i), (ii) e (iii) acima são, respectivamente, as estatísticas τ_τ, τ_μ e τ .

A escolha da versão mais apropriada para realizar o teste, com relação à inclusão ou não de intercepto e/ou termo de tendência linear temporal, é feita a partir da especificação mais geral do modelo, incluindo constante e tendência, passando para modelos mais parcimoniosos se esses termos se apresentarem estatisticamente não significativos, segundo procedimento apresentado em Enders (2004). Os resultados encontram-se na tabela abaixo.

Tabela 3 – Teste de Raiz Unitária ADF

Série	Equação (i)			Equação (ii)			Equação (iii)		
	<i>p</i>	τ_τ	<i>Q</i>	<i>p</i>	τ_μ	<i>Q</i>	<i>p</i>	τ	<i>Q</i>
$Calc_t$	8	-1,107	0,650	8	0,691	0,633	8	2,164	0,712
$\Delta Calc_t$	7	-4,628*	0,754	8	-2,944*	0,863	8	-2,944*	0,863
$Palc_t$	1	-3,171	0,997	1	-2,980	0,978	1	-0,966	0,980
$\Delta Palc_t$	0	-6,002*	0,978	0	-6,022*	0,979	0	-6,022*	0,979
$Pgas_t$	1	-2,429	0,909	1	-2,075	0,918	1	-1,122	0,820
$\Delta Pgas_t$	0	-7,066*	0,819	0	-6,998*	0,822	0	-6,998*	0,822
Y_t	0	-3,905	0,902	0	-0,362	0,889	0	1,952	0,872
ΔY_t	0	-10,106*	0,711	0	-9,682*	0,811	0	-9,682*	0,811

Obs.: - Todas as séries foram convertidas para logaritmo natural.

- Os valores correspondentes ao teste Q referem-se ao seu nível de significância.

- O valor da estatística τ refere-se aos valores calculados por MacKinnon.

(*) = Significativo ao nível de 1%.

Para a determinação do valor de *p* (a ordem do processo auto-regressivo) nos modelos expressos pelas equações (i), (ii) e (iii) foram utilizados os critério de AIC (*Akaike Information Criterion*) e SBC (*Schwarz Bayesian Criterion*) para escolha da melhor defasagem, tendo em seguida se observado a significância estatística da última defasagem para confirmação do valor de *p*²⁷.

²⁷ Para se estimar de maneira apropriada o parâmetro γ e seu erro padrão, é necessário que todos os termos auto-regressivos estejam incluídos na equação que está sendo estimada. Caso o número de defasagens seja insuficientemente pequeno, os resíduos da regressão não se comportarão como ruído branco, o que levará o modelo a não capturar todo processo auto-regressivo dos erros, de modo que γ e seu erro padrão não sejam bem estimados. Por outro lado, a inclusão de mais defasagens que o necessário reduz o poder do teste em rejeitar a

Concluiu-se que a um nível de significância estatística de 1%, a hipótese nula de existência de uma raiz unitária não é rejeitada para nenhuma das variáveis analisadas. Quando as séries são diferenciadas, rejeita-se, a um nível de significância de 1%, a hipótese nula. Isto indica que todas as variáveis do modelo são integradas de ordem $I(1)$. Portanto, cada uma deve ser tomada em sua primeira diferença para tornar-se estacionária.

Deve-se observar, no entanto, que regressões efetuadas a partir de variáveis em diferenças podem conduzir a estimativas inconsistentes dos parâmetros se forem ignoradas possíveis relações de cointegração entre as variáveis do modelo. Para evitar problemas dessa natureza, foram conduzidos testes de cointegração entre as variáveis, que são apresentados na seção seguinte. Desde que as variáveis sejam co-integradas, é possível ainda a utilização do método MQO sem que haja o risco de regressão espúria.

5.2 Análise de Cointegração

Os testes de cointegração assumiram grande relevância no campo da ciência econômica e econométrica, principalmente para aqueles que trabalham com séries temporais. Sua importância reside no fato de possibilitarem estudar e analisar relações estruturais entre variáveis econômicas. Mais precisamente, permitem verificar se existe equilíbrio, ou relacionamento, de longo prazo entre as variáveis econômicas.

Qualquer relação de equilíbrio entre um conjunto de variáveis não-estacionárias implica que suas tendências estocásticas estejam relacionadas de alguma maneira, de modo que essas variáveis não podem mover-se independentemente umas das outras. Na medida em que esta relação entre as tendências estocásticas de variáveis não-estacionárias ocorre de forma consistente ao longo do tempo, dizemos que estas variáveis são co-integradas e que existe uma relação de equilíbrio de longo prazo entre elas.

Uma definição formal de cointegração, conforme Engle & Granger (1987), é a seguinte:

Seja x_t um vetor ($n \times 1$). Os componentes de x_t são ditos co-integrados de ordem (d,b) , denotado por $x_t \sim CI(d,b)$, se:

- 1) todos os componentes de x_t são $I(d)$ e

hipótese nula de uma raiz unitária, devido ao fato de o aumento de defasagens exigir a estimação de parâmetros adicionais, acarretando a perda de graus de liberdade.

2) existe um vetor $\beta \neq 0$ tal que $Z_t = \beta' x_t \sim I(d - b)$, $b > 0$.

O vetor β é chamado vetor de cointegração

Assim, a definição de cointegração requer, em primeiro lugar, que todas as variáveis do modelo sejam integradas de mesma ordem. A segunda condição é que a combinação linear das variáveis do modelo resulte em uma série cuja ordem de integração seja menor que a das séries originais (HENDRY & JUSELIUS, 1999).

Ainda sobre a definição acima, há três pontos importantes a destacar:

i) Da definição original de Engle & Granger, cointegração refere-se a variáveis que são integradas de mesma ordem. No entanto, isto não implica que todas as variáveis integradas de mesma ordem sejam co-integradas. Frequentemente um conjunto de variáveis $I(d)$ não é co-integrado, o que, naturalmente, implica que não há entre estas variáveis uma relação estável de equilíbrio de longo prazo. Também se duas variáveis são integradas de diferentes ordens, elas não podem ser co-integradas.

ii) Se o vetor x_t tem n componentes não-estacionários, podem existir no máximo $n-1$ vetores de cointegração linearmente independentes. O número de vetores de cointegração é chamado de *rank* de cointegração de x_t .

iii) A maior parte da literatura sobre cointegração refere-se ao caso no qual cada variável tem uma única raiz unitária. A razão disso decorre do fato de que a análise tradicional de séries temporais se aplica quase que em sua totalidade a variáveis que são $I(0)$, ou seja, variáveis estacionárias. Além disso, poucas variáveis econômicas são integradas de ordem maior que um. A esse respeito, Nelson & Plosser (1982) conduziram um estudo com cerca de treze importantes variáveis macroeconômicas, demonstrando que elas são integradas de ordem um.

Há alguns tipos de testes de cointegração. Um dos mais utilizados, exatamente pela facilidade de sua aplicação, é o teste denominado de Engle-Granger, o qual foi desenvolvido por Engle & Granger (1987). Outro é o teste de Phillips-Ouliaris, originalmente apresentado em Phillips & Ouliaris (1990). Existe ainda o procedimento de Johansen (1988), que passou a ser amplamente utilizado com o aperfeiçoamento de diversos *softwares*. Apesar de ser mais complexo, isto é, exigir maior esforço, em termos teóricos, para sua aplicação e análise dos resultados, a principal vantagem desse último teste, comparativamente aos dois primeiros,

consiste na determinação do número de vetores de cointegração, ou seja, enquanto os testes de Engle-Granger e Phillips-Ouliaris permitem, somente, verificar se as variáveis são co-integradas ou não, o teste de Johansen permite identificar quantos vetores de cointegração existem entre as variáveis, baseando-se na determinação do *rank* (ou posto) da matriz π ²⁸. No presente estudo será utilizado esse procedimento. Os valores críticos para os vetores multi co-integrados foram apresentados por Johansen & Juselius (1990).

5.2.1 Metodologia de Johansen

Segundo Enders (2004), a metodologia de Johansen pode ser vista como uma generalização multivariada do teste de Dickey-Fuller Aumentado. Esta comparação torna-se mais evidente a partir da observação da equação geral do teste, expressa abaixo:

$$\Delta x_t = \pi x_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \pi_i x_{t-i} + \varepsilon_t \quad (\text{iv})$$

$$\text{Onde: } \pi = -(I - \sum_{i=1}^p A_i)$$

$$\pi_i = - \sum_{j=i+1}^p A_j$$

x_t e ε_t são vetores ($n \times 1$)

A_1 é uma matriz de parâmetros ($n \times n$)

I é uma matriz identidade ($n \times n$)

A metodologia de Johansen para determinação de estacionariedade está fortemente baseada na relação existente entre o *rank* de uma matriz e o seu número de raízes características que diferem de zero. Na verdade, o *rank* de uma matriz é sempre igual ao número de raízes características que diferem de zero nesta matriz. Deste modo, o objetivo principal do teste é determinar o *rank* da matriz π , pois isso permite inferir quantos vetores de cointegração independentes a matriz possui. Quatro situações podem ocorrer:

i) Se $\text{rank}(\pi) = 0$, a matriz é nula, o que significa que não há cointegração.

²⁸ Será definida na próxima seção.

- ii) Se $rank(\pi) = n$, a matriz possui n vetores de cointegração, indicando que o processo vetorial é estacionário.
- iii) Se $rank(\pi) = 1$, há um único vetor de cointegração e, portanto, as variáveis do modelo são co-integradas.
- iv) Se $1 < rank(\pi) < n$, há múltiplos vetores de cointegração.

O teste para determinar o número de raízes características (e, conseqüentemente, o $rank$ da matriz π) que são significativamente diferentes de um utiliza as seguintes estatísticas:

$$\lambda_{\text{traço}}(r) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i)$$

$$\lambda_{\text{máx}}(r, r+1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1})$$

Onde: $\hat{\lambda}_i$ = valores estimados das raízes características (*eigenvalues*) obtidos da matriz π estimada;

T = número de observações usadas.

A estatística $\lambda_{\text{traço}}$ testa a hipótese nula de que o número de vetores de cointegração é menor que ou igual a r contra a hipótese alternativa de que ele é maior que r . O valor de $\lambda_{\text{traço}}$ é igual a zero quando $\lambda_i = 0$, de modo que quanto mais longe de zero estiverem os valores das raízes características, maior será o valor da estatística $\lambda_{\text{traço}}$.

A estatística $\lambda_{\text{máx}}$ testa a hipótese nula de que o número de vetores de cointegração é igual a r contra uma alternativa de $r+1$ vetores de cointegração. Se o valor estimado da raiz característica é próximo de zero, $\lambda_{\text{máx}}$ será pequeno.

Os resultados apresentados na tabela 4 permitem concluir, a um nível de significância de 5%, a existência de um vetor de cointegração entre as variáveis do modelo. Portanto, existe uma relação de equilíbrio de longo prazo entre o preço da gasolina, o preço do álcool hidratado, a renda (expressa pela PFI) e o consumo do álcool no Brasil. Deste modo, podemos regredir as variáveis no nível, pelo método MQO, sem correr o risco de regressões espúrias.

Tabela 4 – Teste de Johansen para cointegração

$\lambda_{traço}$		$\lambda_{máximo}$		Teste do Traço		Teste do Maior Autovalor	
H_0	H_1	H_0	H_1	$-T\sum \ln(1-\lambda_i)$	95%	$-T\ln(1-\lambda_{r+1})$	95%
$r = 0$	$r = 1$	$r = 0$	$r = 1$	58,17255	47,85613	30,94494	27,58434
$r \leq 1$	$r > 2$	$r = 1$	$r = 2$	27,22760	29,79707	20,39002	21,13162
$r \leq 2$	$r > 3$	$r = 2$	$r = 3$	6,837578	15,49471	6,216334	14,26460
$r \leq 3$	$r > 4$	$r = 3$	$r = 4$	0,621244	3,841466	0,621244	3,841466

Obs.: - Valores críticos para o teste de hipóteses em MacKinnon-Haug-Michelis (1999).

- Foram utilizadas 7 defasagens no modelo.

5.3 Análise dos Resultados

- Relações de Longo Prazo

Constatada a presença de cointegração, os parâmetros estimados em (16) pelo método dos MQO são consistentes e podem ser interpretados como elasticidades de longo prazo:

$$\beta_1 = (\partial \ln \text{Calc}_t / \partial \ln \text{Palc}_t) * (\text{Palc}_t / \text{Calc}_t)$$

$$\beta_2 = (\partial \ln \text{Calc}_t / \partial \ln \text{Pgas}_t) * (\text{Pgas}_t / \text{Calc}_t)$$

$$\beta_3 = (\partial \ln \text{Calc}_t / \partial \ln Y_t) * (Y_t / \text{Calc}_t)$$

onde $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ são, respectivamente, as elasticidade-preço do álcool, elasticidade-preço cruzada do álcool com relação à gasolina e elasticidade-renda do álcool.

É possível observar através da tabela 5 que as elasticidades apresentaram os sinais esperados: negativo para a elasticidade-preço e positivo para a elasticidade-preço cruzada e a elasticidade-renda.

O valor observado do R^2 (0,94) sugere que a reta de regressão da amostra se ajusta muito bem aos dados, ou seja, há um considerável ajuste do modelo. Os coeficientes relativos às variáveis $\ln Y_t$, $\ln \text{Palc}_t$, $\ln \text{Pgas}_t$, t e *dummy* mostraram-se estatisticamente significativos, sendo o primeiro ao nível de 10% e os demais ao nível de 1%.

O coeficiente da variável binária faz com que haja duas elasticidades preço, uma associada ao período anterior à introdução dos veículos *flex* e outra associada ao período posterior. A primeira é representada apenas pelo coeficiente do logaritmo dos preços. A segunda é representada pela soma entre o coeficiente do logaritmo dos preços e o coeficiente

da variável binária. Nesse caso, a elasticidade-preço anterior à introdução dos veículos *flex* é de -0,93. A partir de janeiro de 2004, o coeficiente passa a ter o valor de -1,19 [-0,93 + (-0,26)], ou seja, a entrada em circulação dos automóveis *flex fluel* tornou o consumo de álcool hidratado elástico ao seu preço, pois um aumento de 1% no preço desse combustível provoca uma diminuição de aproximadamente 1,19% no seu consumo.

Tabela 5 – Resultados do modelo de cointegração – Regressão Cochrane-Orcutt AR(1)²⁹

Var. dep.: $\ln \text{Calc}_t$			
Regressor	Coeficiente	Estatística t	Probabilidade
Constante	-4,394186	-1,275804	0,2057
$\ln \text{Palc}_t$	-0,934470	-3,819990	0,0003
$\ln \text{Pgas}_t$	1,374651	2,940945	0,0043
$\ln Y_t$	1,255192	1,730883	0,0873
t	0,011449	3,464349	0,0009
<i>dummy</i>	-0,262683	-1,799268	0,0757
R ²	0,944006		
R ² ajustado	0,939806		
Estatística D-W (original) = 0,855324		Número de observações = 88	
Estatística D-W (transformada) = 2,289321		AIC = -1,924803 SBC = -1,726396	
		F = 224,7866 Prob > F = 0,0000	

A introdução dos veículos *flex* causou um aumento na elasticidade-preço da demanda por álcool. Esse é um resultado previsível, dado que a introdução de um bem substituto aumenta o leque de opções disponíveis ao consumidor e este é um dos principais fatores capazes de aumentar a elasticidade-preço da demanda por um bem.

²⁹ A transformação de Cochrane-Orcutt AR(1) é utilizada para corrigir problemas de correlação serial dos resíduos, do tipo AR(1), utilizando variáveis “quase-diferenciadas” para estimação dos coeficientes por MQO. Segundo Wooldridge (2003), para o caso com apenas uma variável explicativa, a transformação Cochrane-Orcutt é a seguinte: $y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + u_t$, para todo $t = 1, 2, \dots, n$. (1) e

$$y_{t-1} = \beta_0 + \beta_1 x_{t-1} + u_{t-1} \quad (2)$$

Se multiplicarmos a equação (2) por ρ e a subtraímos da equação (1), obtemos:

$$y_t - \rho y_{t-1} = (1 - \rho)\beta_0 + \beta_1(x_t - \rho x_{t-1}) + e_t, \text{ onde } |\rho| < 1, t \geq 2 \text{ e } e_t = u_t - \rho u_{t-1} \quad (3)$$

que pode ser escrita como: $y_t^* = (1 - \rho)\beta_0 + \beta_1 x_t^* + e_t$ (4), onde $t \geq 2$ e $y_t^* = y_t - \rho y_{t-1}$, $x_t^* = x_t - \rho x_{t-1}$ são chamadas de variáveis “quase-diferenciadas”. A equação (4), cujos termos de erro e_t são não-correlacionados, é conhecida como transformação Cochrane-Orcutt AR(1).

Os resultados mostram ainda que o álcool hidratado é elástico à sua renda no longo prazo: um crescimento de 10% na renda real dos consumidores resulta em um aumento de aproximadamente 12,55% no consumo de álcool, indicando que ocorrerá um significativo aumento no consumo de álcool combustível à medida que o PIB do Brasil cresça. Essa elevada elasticidade-renda indica que os consumidores do referido combustível são bastante sensíveis a variações na sua renda e que o crescimento da renda disponível provocará um aumento mais do que proporcional na demanda por álcool combustível a longo prazo.

A gasolina apresentou-se como um substituto perfeito para o álcool. Ou seja, a relação de substituição foi confirmada, a um valor elevado (1,37), indicando que no longo prazo a demanda por álcool é elástica ao preço da gasolina. Isso pode ser explicado pela rápida expansão da frota *flex fuel*, que permite ampla liberdade de escolha quanto ao tipo de combustível a ser utilizado, minimizando o custo para o consumidor. Verifica-se que esse valor é semelhante ao verificado em outro estudo sobre álcool hidratado (AZEVEDO, 2007). O crescimento da frota *flex*, por sua vez, é consequência direta do ciclo econômico expansivo da economia brasileira durante o período 2004-2008, quando o PIB cresceu a uma média de 4,7% ao ano.

- Relações de curto prazo

Como as variáveis são co-integradas, há uma relação de equilíbrio a longo prazo entre elas. Naturalmente, a curto prazo pode haver desequilíbrio. Assim, pode-se tratar o termo de erro ε_t em (16) de “erro de equilíbrio” (GUJARATI, 2000) e usá-lo para ligar o comportamento da variável dependente ($\ln Calc_t$) a curto prazo com seu valor a longo prazo.

Portanto, o próximo passo é um estudo das relações de curto prazo mediante a construção e estimação do modelo de correção de erros (MCE) através da equação (17).

Com base na proposição de que a definição de modelos estatísticos deve considerar, a princípio, um contexto geral passando para um específico, foram inicialmente considerados modelos alternativos incluindo um maior número de defasagens das variáveis dependente e explicativas. Dentre os modelos analisados, identificou-se o que apresentou melhor ajustamento, em termos estatísticos, para a condução da presente análise. Tal modelo não incluiu o coeficiente da variável *dummy*, estatisticamente insignificante.

Os parâmetros estimados $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ são, respectivamente, as elasticidades de curto prazo referentes ao preço do álcool, cruzada do álcool em relação ao preço da gasolina e à renda. O parâmetro α_5 representa a velocidade de ajustamento de um eventual choque em relação ao equilíbrio de longo prazo, ou seja, indica qual a proporção do desequilíbrio em $Calc_t$ que é corrigida no período seguinte.

A tabela 6 sumariza os resultados da estimação do modelo de correção de erros. Todos os sinais estão de acordo com a teoria econômica e todas as variáveis de interesse mostraram-se estatisticamente significantes ao nível de 5%. O coeficiente de determinação encontrado para o modelo selecionado foi de 0,46 e os testes de Durbin-Watson e Q de Box-Pierce levaram à não rejeição da hipótese nula de ausência de autocorrelação dos resíduos.

A demanda por álcool mostrou-se inelástica em relação aos preços no curto prazo: um aumento de 1% no preço provoca uma diminuição de 0,75% no consumo. Afinal, uma elevação no preço reduz a quantidade demandada no curto prazo. Todavia, tem seu maior impacto sobre a demanda apenas no longo prazo, ao induzir os consumidores a adquirirem automóveis menores e/ou com consumo mais eficiente de combustível (carros *flex*).

Tabela 6 – Resultados da estimação do modelo de correção de erro

<i>Var. dep.: $\Delta \ln Calc_t$</i>			
<i>Regressor</i>	<i>Coeficiente</i>	<i>Estatística t</i>	<i>Probabilidade</i>
Constante	0,005232	0,559552	0,5774
$\Delta \ln P_{alc_t}$	-0,748291	-3,614873	0,0005
$\Delta \ln P_{gas_t}$	0,874158	2,064824	0,0423
$\Delta \ln Y_{t-2}$	1,313707	2,188534	0,0317
$\Delta Calc_{t-3}$	0,200813	2,397885	0,0189
ε_{t-1}	-0,539264	-4,767282	0,0000
R^2	0,457194		
R^2 ajustado	0,421947		
Estatística D-W = 2,072544		AIC = -2,106734 SBC = -1,931878	
		F = 12,97109 Prob>F = 0,0000	

Porém, os estoques de automóveis são alterados lentamente e, dessa maneira, a quantidade demandada de álcool será também lentamente reduzida, de tal forma que o efeito do aumento do preço será mais significativo no longo prazo, quando um percentual cada vez maior do estoque de veículos possuir a tecnologia *flex*.

Conforme esperado, a elasticidade preço de longo prazo encontrada no vetor de cointegração apresentou-se superior à de curto prazo no modelo de correção de erros. Isso não ocorreu, todavia, no caso da elasticidade renda, tendo-se obtido um valor relativo à elasticidade de longo prazo (1,25) ligeiramente inferior ao da elasticidade de curto prazo com duas defasagens (1,31). Apesar desse resultado conflitante com as evidências empíricas de existência de elasticidades maiores no longo prazo, considera-se o resultado para curto prazo bastante robusto, sendo o coeficiente significativo a 5% de probabilidade.

Para a elasticidade preço-cruzada do álcool em relação à gasolina o valor obtido foi de 0,87, caracterizando a gasolina como um substituto imperfeito do álcool no curto prazo. Isso ocorre devido à impossibilidade dos proprietários de veículos movidos exclusivamente à gasolina ou a álcool comprarem automóveis bicompostíveis no curto prazo.

Um resultado importante observado na tabela 6 foi a alta significância do parâmetro estimado do ajustamento da velocidade ($\hat{\varepsilon}_{t-1}$), o que confirma a relação de cointegração entre as variáveis do modelo (16). O valor estimado para o parâmetro (-0,54) significa que o consumo de álcool ajusta-se em direção ao seu nível de equilíbrio de longo prazo com cerca da metade do ajuste ocorrendo dentro do primeiro período. Ou seja, um aumento de 1% na demanda por álcool no período $t-1$ acima do que seria previsto pela equação de cointegração, levaria a uma redução na demanda por álcool no período seguinte de aproximadamente 0,54%.

5.4 Uma análise comparativa

Estudos que procuram analisar as elasticidades do álcool combustível são escassos na literatura. A grande maioria ocupou-se em estudar as elasticidades da gasolina. Além disso, como visto anteriormente no tópico 3.2, os estudos que estimaram regressões utilizando conjuntamente o preço do álcool e da gasolina não obtiveram coeficientes significativos para essas variáveis, sendo que o preço do álcool não foi significativo em nenhum estudo, a não ser neste e em Azevedo (2007).

Dessa maneira, fica prejudica uma comparação dos valores aqui obtidos com os de outras pesquisas. De qualquer forma, a tabela 7 sumariza os principais resultados dos trabalhos analisados no tópico 3.

Tabela 7 – Comparativo de Elasticidade dos Combustíveis no Brasil e no Mundo

<i>Estudo</i>	<i>Período de Estimação</i>	<i>Combustível</i>	<i>Preço</i>	<u><i>Elasticidades</i></u>		
				<i>Renda</i>	<i>Cruzada</i>	<i>Binária*</i>
Presente estudo – Brasil	Jul.2001-Out.2008	Álcool	-0,748 -0,934	1,314 1,255	0,874 ^a 1,374	- -0,263
Azevedo (2007) - Brasil	Jan.2002-Jun.2006	Álcool	-1,047 -0,694	0,433 0,895	1,301 ^a 1,374	- -
Schünemann (2007) – Brasil	Jul.2001-Fev.2007	Gasolina	-0,380 -0,312	0,210 0,534	- -	- -
Nappo (2007) - Brasil	Ago.1994-Jul.2006	Gasolina	- -0,197	- 0,685	- -	- -0,137
Roppa (2005) – Brasil	1979-2000	Gasolina	-0,073 -0,634	0,472 0,164	- -	- -
Alves & Bueno (2003) – Brasil	1974-1999	Gasolina	-0,092 -0,465	0,122 0,122	- -	- -
Burnquist & Bacchi (2002) – Brasil	1973-1998	Gasolina	-0,319 -0,227	0,600 0,959	- -	- -
Rodríguez (2006) – Rep. Dominicana	1997.1-2006.1	GLP	- -0,290	- 0,420	- 0,280 ^b	- -
Cheung & Thomson (2004) – China	1980-1999	Gasolina	-0,190 -0,560	1,640 0,970	- -	- -
Amenguel & Cubas (2002) – Uruguai	1988-2001	Gasolina Diesel	- -0,770 - -0,450	- 0,600 - 1,710	- 0,240 ^c - 0,340 ^b	- - - -
Ramanathan (1999) – Índia	1972-1994	Gasolina	-0,210 -0,320	1,180 2,680	- -	- -
Eltony & Al-Mutairi (1995)	1970-1989	Gasolina	-0,370 -0,460	0,470 0,920	- -	- -

- Kuwait						
Bentzen (1994) - Dinamarca	1948-1991	Gasolina	-0,320 -0,410	0,890 1,040	- -	- -

^a Com relação à gasolina. ^b Com relação ao álcool hidratado. ^c Com relação ao óleo diesel.

* Coeficiente da variável binária associada ao preço do combustível em questão.

OBS: Os valores na linha de cima das variáveis preço, renda, cruzada e binária representam as elasticidades de curto prazo, enquanto os valores na linha de baixo representam as elasticidades de longo prazo.

Essa maior elasticidade preço no Brasil era esperada devido à presença dos automóveis bicomcombustíveis, ao contrário do que ocorre nos outros países. Dessa forma, a possível utilização da gasolina acentua os impactos das variações do preço do álcool combustível sobre o seu consumo, contribuindo para tornar a demanda mais preço-elástica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mercado de combustíveis brasileiro guarda a especificidade de ter o álcool hidratado com um papel de destaque na movimentação da frota de veículos automotores. Tal fato foi possibilitado pelo contexto histórico em que o mercado se desenvolveu, ressaltando-se principalmente as consequências da experiência do Proálcool.

Assim, ao longo desta dissertação procurou-se analisar a evolução da demanda por álcool hidratado, no âmbito nacional, para o período pós-liberalização de preços dos combustíveis. Buscou-se ainda avaliar o grau de substituição entre álcool e gasolina, principalmente após o surgimento dos veículos *flex fuel*, preenchendo a lacuna de estudos sobre as elasticidades do álcool combustível. Em meio a uma vasta gama de estudos voltados para o consumo de gasolina, pretendeu-se trazer uma contribuição à literatura econômica olhando o tema dessa nova perspectiva.

A técnica de cointegração e o método de correção de erros serviram de instrumentais para que isso fosse feito. Estes métodos foram utilizados no intuito de calcular as elasticidades de longo e curto prazos da demanda por álcool hidratado e, através disso, auxiliar na formulação e avaliação de políticas econômicas e na produção de previsões.

A elasticidade-renda do álcool, como esperado, apresentou-se positiva tanto no curto (1,314) quanto no longo prazo (1,255) e os resultados permitem caracterizar o álcool como um bem elástico quanto à renda, dado que as elasticidades-renda estimadas apresentam-se maiores que a unidade. Já a elasticidade-preço é maior no longo (-0,93) do que no curto prazo (-0,75), assim como estabelece a teoria econômica. Além disso, é mais elástica do que a observada em uma série de estudos sobre a gasolina realizados para outros países. Isso se deve à presença da tecnologia *flex fuel*.

A elasticidade preço-cruzada do álcool em relação à gasolina no curto prazo foi de 0,87, caracterizando a gasolina como um substituto imperfeito do álcool. Isso pode ser explicado pela dificuldade, no curto prazo, dos proprietários de veículos movidos exclusivamente à gasolina ou a álcool comprarem automóveis bicompostíveis. No longo prazo, entretanto, a gasolina apresentou-se como um substituto perfeito para o álcool, ou seja, a relação de substituição foi confirmada, a um valor elevado (1,37), indicando que no longo prazo a demanda por álcool é sensível ao preço da gasolina, ou seja, os consumidores ignoram as

diferenças entre os combustíveis, considerando apenas o seu preço e o seu poder calorífico. Além disso, o valor obtido foi idêntico ao de Azevedo (2007).

A variável binária de inclinação associada ao preço do álcool apresentou-se com o sinal esperado e foi estatisticamente significativa, com um coeficiente de aproximadamente -0,263. Isso significa que há uma expressiva mudança na elasticidade-preço da demanda por álcool, que se torna elástica, saindo de -0,93 para -1,19. Apresentou-se próxima ainda ao valor obtido por Nappo (2007): -0,14. A pequena diferença entre os valores é explicada pela menor participação dos *flex* na frota nacional durante o período analisado por este último autor (até julho de 2006). Portanto, seria de se esperar que a variável *dummy* do presente trabalho apresentasse um valor mais elevado, como de fato ocorreu.

Neste sentido, acredita-se que o aumento da participação dos veículos *flex fuel* na frota automotiva nacional vai limitar a capacidade de reajuste dos preços do álcool e da gasolina. Caso o preço do álcool sofra um forte reajuste, que não seja acompanhado pela gasolina ou vice-versa, a tendência é que a gasolina passe a ser mais usada pelos motoristas de automóveis bicomcombustíveis.

Assim, com a renovação da frota automotiva centrada cada vez mais nos veículos *flex fuel*, é razoável supor que as mudanças trazidas por esta tecnologia tendam a se acentuar, promovendo novas alterações no comportamento da demanda por álcool no Brasil, particularmente no aumento da elasticidade-preço e do grau de substituição entre álcool e gasolina.

Não foi possível obter conclusões sobre a influência da expansão do GNV (gás natural veicular) no mercado de álcool devido à limitação de dados disponíveis. Assim, como sugestão para estudos posteriores, fica a tarefa de obter tais dados e realizar um teste mais sofisticado, com a inclusão de um segundo combustível substituto.

REFERÊNCIAS

ALVES, D.C.O.; BUENO, R.D.L.S. **Short-run, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil**. Energy Economics, v.25, p.191-199, 2003.

AMENGUAL, D.; CUBAS, G. **Imposición óptima a las naftas y el gasoil: Un análisis empírico para Uruguay 1988-2001**. XVII Jornada Anual de Economía, Banco Central de Reserva de Uruguay, 2002.

ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira – 2008**.

ARAÚJO, J.L.; OLIVEIRA, A. **Política energética brasileira: mudança de rumo?** In: ENERGÍA, REFORMAS INSTITUCIONALES Y DESARROLLO EN AMÉRICA LATINA, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria. Anais... Rio de Janeiro. Instituto de Economia/UFRJ. p.499-529, 2003.

AZEVEDO, B.S. **Análise das elasticidades preço e renda da demanda por combustíveis no Brasil e desagregadas por regiões geográficas**. Dissertação, Ibmec, 2007.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Séries temporais**. Disponível em <http://www.bcb.gov.br>.

BENTZEN, J. **An empirical analysis of gasoline demand in Denmark using cointegration techniques**. Energy Economics, v.16(2), p.139-143, 1994.

BLUM, U.C.H.; FOOS, G.; GAUDRY, M.J.I. **Aggregate time series gasoline demand models: review of the literature and new evidence for West Germany**. Trans. Res., v.22A(2), p.75-88, 1988.

BRASIL, MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Balanço energético nacional**. Brasília, 2008.

BRITISH PETROLEUM. **BP 2008 Statistical Review of World Energy**. Disponível em: www.bp.com. Acesso em: novembro de 2008.

BURNQUIST, H. L.; BACCHI, M. R. P. **A Demanda por Gasolina no Brasil: Uma Análise Utilizando Técnicas de Cointegração**. In: XL Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Passo Fundo, RS, 2002.

CHEUNG, K.-Y.; THOMSON E. **The Demand for Gasoline in China: a Cointegration Analysis**. Journal of Applied Statistics, 31(5): 533-544, 2004.

CORREIA, E. L. **A Retomada do Uso de Álcool Combustível no Brasil**. Dissertação, FEA/UFJF, 2007.

DAHL, C., STERNER, T. **Analysing gasoline demand elasticities: a survey**. Energy Economics, v.13 (3), p.203-210, 1991.

DICKEY, D.A.; FULLER, W.A. **Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root**. Journal of the American Statistical Association, v.74, n.366, p.427-431, 1979.

ELTONY, M.N.; AL-MUTAIRI, N.H. **Demand for gasoline in Kuwait: an empirical analysis using co-integration techniques**. Energy Economics, v.17(3), p.249-253, 1995.

ENDERS, W. **Applied Econometric Time Series**. 2ª ed, Ed. Wiley, 2004.

ENGLE, R.F.; GRANGER, C.W.J. **Co-integration and error correction: representation, estimation and testing**. Econometrica, v.55(2), p.251-276, 1987.

ENGLE, R.F.; YOO, B.S. **Forecasting and testing in co-integrated system**. Journal of Econometrics, v.5, p.143-159, 1987.

GRANGER, C.W.J.; NEWBOLD, P. **Spurious Regression in econometrics**. Journal of Econometrics, v.2, p.111-120, 1974.

GUJARATI, D.N. **Econometria Básica**. Ed. Makron Books, 3ª ed., 2000.

HENDRY, D.; JUSELIUS, K. **Explaining co-integration analysis: Part I and II**. Disponível em: <http://www.econ.ku.dk/okokj/> Acesso em: setembro 1999.

IOOTTY, M. *et alli*. **Uma análise da competitividade preço do GNV frente à gasolina: estimação das elasticidades da demanda por GNV no Brasil no período recente**. Anais da Rio Oil & Gas Expo and Conference, 2004.

JOHANSEN, S. **Statistical analysis on cointegration vectors**. Journal of Economic Dynamics and Control, v. 12, p. 231-254, 1988.

JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. **Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with applications to the demand for money**. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, v. 52, n. 2, p. 169-210, 1990.

KAYSER, H. A. **Gasoline demand and car choice estimating gasoline demand using household information**. Energy Economics, v.22, p.331-348, 2000.

MACKINNON, J. G.; HAUG, A. A.; MICHELIS, L. **Numerical Distribution Functions of Likelihood Ratio Tests for Cointegration**. Journal of Applied Econometrics, v. 14(5), p. 563-77, Sept.-Oct, 1999.

MARJOTTA-MAISTRO. **Ajuste nos mercados de álcool e gasolina no processo de desregulamentação**. Tese ESALQ/USP, 2002.

McRAE, R. **Gasoline demand in developing Asian countries**. Energy Journal, v.15(1), p.143-155, 1994.

NAPPO, M. **A demanda por gasolina no Brasil: uma avaliação de suas elasticidades após a introdução dos carros biocombustível**. Dissertação FGV-SP, 2007.

NELSON, C.R.; PLOSSER, C.I. **Trends and random walks in macroeconomic time series: some evidence and implications**. Journal of Monetary Economics, v.10, 1982.

OLIVEIRA, A. **Reassessing the Brazilian alcohol programme**. Energy Police, v.19, issue 1, p.47-55, 1991.

PHILLIPS, P. C. B.; OULIARIS, S. **Asymptotic properties of residual based tests for cointegration**. Econometrica, Chicago, v. 58, n. 1, p. 165-93, Jan. 1990.

PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D.L. **Microeconomia**. Ed. Prentice Hall, 5ª ed., 2002.

RAMANATHAN, R. **Short and long-run elasticities of gasoline demand in India: an empirical analysis using co-integration techniques**. Energy Economics, v.21(4), p.321-330, 1999.

RODRÍGUEZ, M. F. **Estimación de la Demanda de Combustibles en República Dominicana**. Secretariado Técnico de la Presidencia - Unidad de Análisis Económico. República Dominicana: Texto de Discusión 6, Nov. 2006

ROPPA, B.F. **Evolução do consumo de gasolina no Brasil e suas elasticidades: 1973 a 2003**. Monografia, UFRJ, 2005.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO – UNICA. Disponível em: www.unica.com.br.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory Econometrics: A Modern Approach**, 2ª ed., 2003.

ANEXO A – Dados utilizados na estimação

<i>Período</i>	<i>Cons. Álcool</i>	<i>Frota veíc.</i>	<i>Preço Álc.</i>	<i>Preço Gas.</i>	<i>PFI</i>
2001.7	282258437	20.732.924	1,983	3,303	97,7
2001.8	284236559	20.839.553	1,975	3,332	97,72
2001.9	262666627	20.919.084	1,993	3,333	95,85
2001.10	293394956	21.009.559	1,987	3,402	93,65
2001.11	275323900	21.118.767	1,961	3,378	94,74
2001.12	304030617	21.223.986	1,950	3,363	95,02
2002.1	277311187	21.313.458	1,927	3,003	97,38
2002.2	246957158	21.404.612	1,907	2,848	99,13
2002.3	264581734	21.516.004	1,904	2,968	100,32
2002.4	307761178	21.630.062	1,891	3,207	99,13
2002.5	316488943	21.728.580	1,856	3,189	97,86
2002.6	310521705	21.823.036	1,804	3,115	98,99
2002.7	352412704	21.918.390	1,677	3,152	99,89
2002.8	336652888	22.028.269	1,589	3,051	99,39
2002.9	378499189	22.138.464	1,587	2,957	99,92
2002.10	390388562	22.267.679	1,652	2,869	104,45
2002.11	286504207	22.374.478	1,998	3,045	103,28
2002.12	323800423	22.486.611	1,968	2,999	100,25
2003.1	311382618	22.582.714	2,033	3,168	98,66
2003.2	245168569	22.682.613	2,265	3,21	98,26
2003.3	236818518	22.767.794	2,253	3,146	98,39
2003.4	237013304	22.858.134	2,209	3,105	98,73
2003.5	240525637	22.945.241	2,145	3,009	97,65
2003.6	224405242	23.026.545	1,933	2,905	96,33
2003.7	269249990	23.119.032	1,729	2,832	97,27
2003.8	248127393	23.201.111	1,725	2,82	98,3
2003.9	251868486	23.304.655	1,742	2,831	102,36
2003.10	299343175	23.421.514	1,690	2,81	104,54
2003.11	281154236	23.528.685	1,647	2,791	105,83
2003.12	400265100	23.669.032	1,658	2,781	103,67
2004.1	339806445	23.757.230	1,664	2,772	103,57
2004.2	320649701	23.841.990	1,598	2,736	103,38
2004.3	380617930	23.955.259	1,428	2,681	105,56
2004.4	371601373	24.045.646	1,381	2,639	105,67
2004.5	395184682	24.143.571	1,387	2,615	107,62
2004.6	367283243	24.248.903	1,479	2,685	107,69
2004.7	418630748	24.357.928	1,496	2,713	109,32
2004.8	347227818	24.462.707	1,604	2,703	110,08
2004.9	375857890	24.573.429	1,610	2,686	110,81

2004.10	388804558	24.682.409	1,695	2,719	111,18
2004.11	374273554	24.793.249	1,757	2,733	110,94
2004.12	432988103	24.936.451	1,784	2,819	111,13
2005.1	347508741	25.020.325	1,762	2,806	110,69
2005.2	320373091	25.111.459	1,740	2,787	108,61
2005.3	355718155	25.230.572	1,724	2,761	110,79
2005.4	340473097	25.339.779	1,713	2,752	110,99
2005.5	361111949	25.454.308	1,621	2,742	111,86
2005.6	369529839	25.571.978	1,486	2,722	115,01
2005.7	371124089	25.682.366	1,536	2,74	111,86
2005.8	407608884	25.803.326	1,574	2,77	112,57
2005.9	445284490	25.918.916	1,642	2,95	111,17
2005.10	408760714	26.030.172	1,784	3,013	111,09
2005.11	427192612	26.159.769	1,803	3,004	111,85
2005.12	512537208	26.309.256	1,900	3,013	114,94
2006.1	495710744	26.416.664	2,090	3,039	112,97
2006.2	474548741	26.520.583	2,137	3,048	114,81
2006.3	424645214	26.645.691	2,427	3,156	113,83
2006.4	390736654	26.749.924	2,430	3,158	114,44
2006.5	474446283	26.881.187	2,151	3,13	115,54
2006.6	484035845	27.000.057	1,948	3,078	113,25
2006.7	513375528	27.135.247	1,952	3,079	115,3
2006.8	537207301	27.280.097	1,949	3,065	115,57
2006.9	566178374	27.409.400	1,882	3,05	114,89
2006.10	568982902	27.551.548	1,803	3,025	115,39
2006.11	584201058	27.700.608	1,770	2,995	116,47
2006.12	672484172	27.868.564	1,762	2,981	117,25
2007.1	634521183	27.992.900	1,866	2,966	116,95
2007.2	580580374	28.112.002	1,859	2,945	118,08
2007.3	697902963	28.268.008	1,852	2,94	119,6
2007.4	645850866	28.412.381	1,945	2,957	119,63
2007.5	671353873	28.584.069	1,948	2,958	121,21
2007.6	708818858	28.745.669	1,762	2,932	121,61
2007.7	761090571	28.921.658	1,626	2,898	121,66
2007.8	836187256	29.110.270	1,555	2,845	123,58
2007.9	819240442	29.273.941	1,512	2,804	122,35
2007.10	992144015	29.469.043	1,482	2,784	127,6
2007.11	978165175	29.658.342	1,553	2,765	124,96
2007.12	1040980126	29.851.610	1,631	2,742	124,14
2008.1	954499504	30.021.842	1,622	2,716	126,28
2008.2	938023615	30.181.137	1,585	2,695	125,74
2008.3	998958621	30.364.216	1,586	2,681	126,43
2008.4	1051581381	30.570.513	1,569	2,648	126,65

2008.5	1057735076	30.763.763	1,543	2,601	125,47
2008.6	1023566369	30.965.442	1,491	2,549	129,23
2008.7	1104781994	31.191.133	1,473	2,523	131,01
2008.8	1120726323	31.380.364	1,490	2,535	129,09
2008.9	1193422644	31.589.257	1,499	2,531	131,01
2008.10	1204556400	31.770.936	1,506	2,509	128,79