

CAIO AUGUSTO MIRRA BARONE BARTILOTTI

**O MERCADO BRASILEIRO DE GASOLINA C: ANÁLISE E
PROPOSIÇÃO DE MODELOS**

**Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção.**

São Paulo

2012

CAIO AUGUSTO MIRRA BARONE BARTILOTTI

**O MERCADO BRASILEIRO DE GASOLINA C: ANÁLISE E
PROPOSIÇÃO DE MODELOS**

**Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção.**

**Orientador: Prof. Dra. Celma de
Oliveira Ribeiro**

São Paulo

2012

2242444
TF-2012
B282 m
H2012N

DEDALUS - Acervo - EPRO



32100012283

ACOMPANHA CD

FICHA CATALOGRÁFICA

Bartilotti, Caio Augusto Mirra Barone

**O mercado brasileiro de gasolina C: análise e proposição de Modelos / C.A.M.B. Bartilotti. -- São Paulo, 2012.
153 p.**

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

**1. Combustíveis 2. Gasolina 3. Demanda 4. Regressão linear
5. Modelos (Análise multivariada) I. Universidade de São Paulo.
Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção
II. t.**

DEDICATÓRIA

À minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Marcia Regina e Antonio Sergio, pelo apoio incondicional e indispensável na busca dos meus objetivos.

À professora Celma de Oliveira Ribeiro, pela orientação e pelo auxílio no trabalho, mas, principalmente, pelo entusiasmo demonstrado em todas as nossas discussões.

Aos meus amigos politécnicos, que me acompanharam durante toda esta longa jornada e que a tornaram mais divertida. Muitos dos momentos pelos quais passamos juntos nos últimos seis anos ficarão retidos indefinidamente na memória e certamente serão motivo de risadas futuras.

Aos amigos com os quais vivi na França entre 2009 e 2011 e que em dois anos se tornaram praticamente uma família. Embora estejamos separados pela distância e distribuídos pelos diversos cantos do mundo, a amizade permanece e o anseio por um reencontro apenas cresce.

*"I have no special talents. I am only
passionately curious."*

Albert Einstein (1879-1955)

RESUMO

O trabalho tem como objetivos constituir um estudo do mercado brasileiro de combustíveis e determinar os fatores que ditam o consumo de gasolina automotiva no país. A análise realizada sobre a evolução do mercado, envolvendo tópicos como o processamento e a produção de derivados de petróleo, o uso do etanol como combustível veicular, e a estrutura e os principais agentes da distribuição de combustíveis no país, levou a uma melhor compreensão qualitativa da dinâmica de tal mercado. O levantamento e a posterior aplicação ao caso brasileiro de modelos matemáticos utilizados por pesquisadores da atualidade no estudo dos mercados de combustíveis de diversas localidades apresentaram resultados interessantes e em linha com os trabalhos internacionais e forneceram subsídios para a proposição de outros modelos. Finalmente, os modelos propostos neste trabalho para o equacionamento do consumo de gasolina no país geraram resultados satisfatórios, na medida em que tiveram uma melhor qualidade de ajuste e que foram mais bem capazes de reproduzir o comportamento sazonal da demanda, além de terem discriminado quais variáveis influenciam diretamente o consumo de gasolina.

Palavras-chave: Combustíveis, Gasolina, Demanda, Regressão linear, Modelos (Análise multivariada).

ABSTRACT

The purpose of this paper is to provide a study of the Brazilian fuel market and determine the factors that dictate the automotive gasoline consumption in the country. The market's evolution analysis, that included topics such as the processing and production of oil derivatives, the use of ethanol as a car fuel and the structure and the main agents of fuel distribution in Brazil, led to a better qualitative comprehension of this market's dynamics. The collecting and further appliance to the Brazilian case study of mathematic models used by current researchers studying fuel markets in different places presented interesting results and in line with international papers, also providing aid to the proposition of further models. Ultimately, the models for equating the gasoline consumption in the country presented in this paper brought forth satisfactory results, as they had a better adjustment quality and were capable of reproducing the seasonal behavior of the demand, besides having discriminated the variables that influence gasoline consumption directly.

Key-words: Fuels, Gasoline, Demand, Linear Regression, Models (multivariate analysis).

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Mapa de localização das refinarias e centrais petroquímicas do Brasil.....	62
Figura 3.2 - Estrutura do setor de combustíveis.	74
Figura 3.3 - Logística da distribuição de combustíveis.	75
Figura 3.4 - Consolidação na distribuição de combustíveis.	76
Figura 5.1- Rotina para cálculo das projeções.....	114

LISTA DE QUADROS

Quadro A.1 - Resultados completos da regressão para o Modelo I.	125
Quadro A.2 - Resultados completos da regressão para o Modelo II.	126
Quadro A.3 - Resultados completos da regressão para o Modelo III.	126
Quadro A.4 - Resultados completos da regressão para o Modelo IV.	127
Quadro A.5 - Resultados completos da regressão para o Modelo V.	127
Quadro A.6 - Resultados completos da regressão para o Modelo VI.	128
Quadro A.7 - Resultados completos da regressão para o Modelo VII.	128
Quadro B.1- Resultados do filtro de Kalman I.	129
Quadro B.2 - Resultados do filtro de Kalman II.	130
Quadro C.1 - VIFs para Modelo I.	132
Quadro C.2 - VIFs para Modelo II.	132
Quadro C.3 - VIFs para Modelo III.	133
Quadro C.4 - VIFs para Modelo IV.	133
Quadro C.5 - VIFs para Modelo V.	134
Quadro C.6 - VIFs para Modelo VI.	134
Quadro C.7 - VIFs para Modelo VII.	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Evolução da capacidade de refino, em barris de petróleo por dia, por refinaria brasileira.	61
Tabela 4.1 - Coeficientes e <i>p-values</i> para o Modelo I.	88
Tabela 4.2 - Coeficientes e <i>p-values</i> para o Modelo II.	91
Tabela 4.3 - Coeficientes e <i>p-values</i> para o Modelo III.	93
Tabela 4.4 - Coeficientes e <i>p-values</i> para o Modelo IV.	95
Tabela 4.5 – Coeficientes e <i>p-values</i> para o Modelo IV.	97
Tabela 4.6 - Comparação entre os modelos I, II, III, IV e V.	98
Tabela 5.1 - Estatísticas T calculadas para os testes de sazonalidade.	105
Tabela 5.2 – Coeficientes e <i>p-values</i> para o Modelo VI.	108
Tabela 5.3 - Coeficientes e <i>p-values</i> para o Modelo VII.	112
Tabela 5.4 - Comparação entre os modelos V, VI, e VII.	113
Tabela 5.5 - Erros de projeção para os modelos V, VI e VII.	117
Tabela D.1- Volumes vendidos de gasolina C, em metros cúbicos (m ³).	137
Tabela D.2 - Logaritmo natural dos volumes vendidos de gasolina C.	137
Tabela D.3 - Postos R _{ij}	138
Tabela D.4 - Postos R [*] _{ij}	138
Tabela D.5 - Cálculo das estatísticas T ₁ e T ₂	139
Tabela F.1 - Histórico das vendas de combustíveis pelas distribuidoras, em metros cúbicos (m ³).	144

Tabela F.2 - Histórico das vendas de combustíveis pelas distribuidoras, em metros cúbicos (m ³) – continuação.....	145
Tabela F.3 - Histórico das vendas de combustíveis pelas distribuidoras, em metros cúbicos (m ³) – continuação.....	146
Tabela F.4 - Histórico das vendas de combustíveis pelas distribuidoras, em metros cúbicos (m ³) – final.....	147
Tabela G.1 - Histórico dos preços médios aos consumidores dos combustíveis.	148
Tabela G.2 - Histórico dos preços médios aos consumidores dos combustíveis – continuação.	149
Tabela G.3 - Histórico dos preços médios aos consumidores dos combustíveis – final.....	150
Tabela H.1 - Histórico da frota brasileira de veículos, por tipo de combustível.	151
Tabela H.2 - Histórico da frota brasileira de veículos, por tipo de combustível - continuação.	152
Tabela H.3 - Histórico da frota brasileira de veículos, por tipo de combustível – final.....	153

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos
ANOVA	Análise de Variância
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
bbl	Barril de petróleo
CNP	Conselho Nacional do Petróleo
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IEA	<i>International Energy Agency</i>
MDD	Modelos de Defasagem Distribuída Finita
MEE	Modelos de Espaço de Estados
MLD	Modelo Linear Dinâmico
PPN	Papel de Probabilidade Normal
SINDICOM	Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes
Sindipeças	Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores
tep	Tonelada equivalente de petróleo
TRR	Transportadores Revendedores Retalhistas
UNICA	União da Indústria de Cana-de-Açúcar

SUMÁRIO

1	Introdução	29
1.1	Descrição da Empresa e das Atividades do Autor como Estagiário.....	29
1.2	Objetivos do Trabalho	30
1.3	Motivação do Trabalho.....	31
1.4	Metodologia de Pesquisa	32
1.5	Estrutura do Trabalho	33
2	Revisão Bibliográfica.....	35
2.1	Análise de Regressão Linear	35
2.2	Dados de Séries Temporais	39
2.3	Modelos de Espaço de Estado	40
2.4	O Filtro de Kalman.....	44
2.5	A Modelagem do Consumo de Combustíveis na Literatura.....	46
3	O Mercado Brasileiro de Combustíveis.....	54
3.1	Panorama da Matriz Energética Brasileira	54
3.2	Processamento e Produção de Derivados de Petróleo no Brasil.....	56
3.2.1	<i>Breve Histórico da Indústria de Refino Brasileira.....</i>	<i>56</i>
3.2.2	<i>Situação Atual da Indústria de Refino Brasileira.....</i>	<i>59</i>
3.2.3	<i>Perfil de Produção das Refinarias Brasileiras.....</i>	<i>63</i>
3.3	Evolução do Mercado Brasileiro de Etanol	65
3.4	Histórico e Perfil da Demanda	68
3.5	Estrutura e Principais Participantes	74
4	Modelos Aplicados ao Mercado Brasileiro de Gasolina C.....	78
4.1	Hipóteses e Variáveis Explicativas	78
4.1.1	<i>Preço dos derivados de petróleo e de produtos substitutos.....</i>	<i>78</i>
4.1.2	<i>Frota de veículos</i>	<i>81</i>
4.1.3	<i>Produto interno bruto.....</i>	<i>85</i>
4.2	Notação e Dados Utilizados	86
4.3	Modelo I: Preço da Gasolina e PIB	87
4.4	Modelo II: Preço da Gasolina, PIB e Consumo Defasado.....	90
4.5	Modelo III: Preço da Gasolina, PIB e Frotas de Veículos.....	92
4.6	Modelo IV: Preços da Gasolina e do Etanol e PIB.....	94
4.7	Modelo V: <i>Stepwise</i>	96

4.8	Análise Comparativa dos Modelos.....	98
4.9	Aplicação do Filtro de Kalman.....	99
5	Proposição de Modelos com Componente Sazonal.....	103
5.1	Modelo VI: Preços, PIB, Consumo Defasado e Sazonalidade I.....	105
5.2	Modelo VII: Preços, PIB, Consumo Defasado e Sazonalidade II	108
5.3	Análise Comparativa dos Modelos.....	113
6	Conclusões	118
6.1	Conclusões do Trabalho	118
6.2	Futuras Extensões.....	119
	Referências Bibliográficas	120
	Apêndice A – Resultados completos das regressões	125
	Apêndice B – Resultados completos da aplicação do Filtro de Kalman.....	129
	Apêndice C – A questão da multicolinearidade	131
	Apêndice D – Testes para sazonalidade determinística	136
	Apêndice E – Gráficos de normalidade dos resíduos	140
	Anexo A – Histórico das vendas de combustíveis	144
	Anexo B – Histórico dos preços ao consumidor dos combustíveis	148
	Anexo C – Histórico da frota brasileira de veículos	151

1 INTRODUÇÃO

1.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DAS ATIVIDADES DO AUTOR COMO ESTAGIÁRIO

Com início em julho de 2011, o estágio foi realizado em um banco de investimentos na área de *Equity Research* ou, em uma tradução literal, de pesquisa de investimentos em ações. O UBS Investment Bank, uma organização multinacional de grande porte, presta serviços financeiros de administração de patrimônios e de grandes riquezas, de assessoramento financeiro corporativo, de corretagem e distribuição de títulos e valores mobiliários e de emissão de recomendações e de estratégias de investimentos.

De maneira mais específica, a área de *Equity Research* dedica-se ao estudo e à análise de empresas de capital aberto com o intuito de emitir uma recomendação de investimento. Analistas de valores mobiliários procuram desenvolver e, posteriormente, comunicar a investidores, oportunidades de investimento a partir de projeções dos resultados futuros de empresas e *insights* a respeito do valor, dos riscos e da volatilidade dos papéis que estejam dentro do seu universo de cobertura. Para reunir as informações necessárias a fim de realizar tais atividades, analistas utilizam relatórios periódicos emitidos pelas empresas em conformidade com a legislação vigente, participam de conferências telefônicas com executivos de tais empresas, acompanham o fluxo ininterrupto de notícias e usam bancos de dados históricos.

Com base em toda essa análise, analistas de *Equity Research* veem-se capazes de sustentar um *call*, isto é, uma recomendação a investidores, que pode ser de três tipos: *Buy* (comprar), *Hold* (manter) e *Sell* (vender). Quando um analista emite um *call* de *Buy* para um determinado papel, ele acredita que há um potencial suficiente de aumento do valor de mercado desse papel que justifique o investimento, e que, portanto, investidores deveriam aumentar sua exposição a esse papel. De maneira contrária, um *call* de *Sell* significa que investidores deveriam reduzir sua exposição, uma vez que o analista acredita que o papel tenderá a perder valor de mercado. Um *call* de *Hold* é visto como neutro, ou seja, o analista não acredita que há *upside* ou *downside* suficientes para recomendar a compra ou a venda de uma determinada ação.

Dentro desse contexto, o autor foi alocado na equipe responsável pela análise de empresas brasileiras dos setores de petróleo e gás, de serviços à indústria de petróleo, de distribuição de combustíveis e de energia elétrica. Empresas como Petrobras, OGX Petróleo e Gás, Queiroz Galvão Exploração e Produção, HRT Participações, OSX Brasil, Ultrapar, Eletrobrás e Eletropaulo são alguns exemplos de companhias estudadas pela equipe.

Assim, as atividades conferidas ao estagiário estavam relacionadas principalmente à análise e ao acompanhamento das empresas do universo de cobertura da equipe, bem como dos seus respectivos setores de atuação. A lista abaixo, embora não exaustiva, apresenta algumas das atividades desenvolvidas pelo estagiário:

- Desenvolvimento e manutenção de modelos para avaliação de empresas;
- Estruturação e atualização de bases de dados necessários para as análises;
- Redação de relatórios setoriais ou sobre uma empresa em específico;
- Preparação de apresentações e materiais para investidores e empresas;
- Monitoramento do fluxo diário de notícias e do comportamento das ações cobertas pela equipe no mercado de capitais;

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho tem como objetivos estruturar um estudo do mercado brasileiro de combustíveis, desde a sua produção até a sua distribuição, e determinar os fatores que ditam o consumo de gasolina automotiva no país.

Assim, o projeto tem como objetivos iniciais responder as questões “o que, quanto e onde é produzido?” e “quanto e como é distribuído?”. Uma vez tais perguntas respondidas, o trabalho tem como objetivos principais realizar um levantamento dos modelos empregados na atualidade para o estudo do consumo de combustíveis em diversas localidades, aplicar tais modelos ao mercado brasileiro de gasolina C e, finalmente, propor um novo equacionamento para o fenômeno.

Efetivamente, o presente trabalho procura aprimorar o entendimento do mercado brasileiro de combustíveis, permitindo que os analistas da instituição tenham um conhecimento profundo da dinâmica e de quais fatores influenciam esse mercado. Desse

modo, este trabalho deve ser encarado como um estudo que complemente as atividades atualmente desempenhadas pelos analistas da instituição e que amplie a sua capacidade de análise de mercados e de possíveis investimentos.

Uma vez que o autor fora alocado na equipe responsável pela análise de empresas brasileiras dos setores de petróleo e gás, de serviços à indústria de petróleo, de distribuição de combustíveis e de energia elétrica, os produtos e resultados do presente estudo certamente servirão como pontos de partida para a realização de futuros trabalhos da organização, dada a enorme relação entre as empresas sob cobertura pela equipe e o tema desenvolvido pelo trabalho.

Finalmente, é correto assinalar que todas as atividades necessárias ao desenvolvimento do presente trabalho, incluindo a coleta e o tratamento dos dados utilizados para as análises e a realização das análises em si, foram planejadas, organizadas e executadas pelo próprio autor. Assim, pode-se dizer que o projeto exigiu grande dedicação e é, integralmente, de autoria do mesmo.

1.3 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

Segundo Martins (2000), um tema de pesquisa deve ser original, importante e viável.

Sobre a originalidade, o autor diz que um trabalho de pesquisa que introduza avanços na área de estudo à qual se dedique é, de fato, um trabalho cujo tema é original. Nesse caso, o presente trabalho pode ser considerado original no sentido em que não foram encontrados na bibliografia trabalhos que realizassem o mesmo tipo de estudo e aplicação de modelos ao mercado brasileiro de gasolina C.

Quanto à importância, um trabalho de pesquisa deve tratar de um tema relevante. O presente trabalho tem como tema central o mercado de combustíveis no Brasil, que movimenta anualmente mais de 120 bilhões de litros e R\$240 bilhões, segundo dados da ANP (2012) e do SINDICOM (2012), e que representa uma grande parcela de toda a energia consumida no país. Dessa forma, pode-se dizer que o presente projeto possui um tema relevante para a economia brasileira.

Em termos de viabilidade, pode-se afirmar que o presente projeto é factível na medida em que todas as informações necessárias e imprescindíveis ao seu desenvolvimento são publicamente disponibilizadas por instituições competentes e reconhecidas.

Assim, o tema do presente trabalho reúne condições consideradas necessárias por Martins (2000) para ser reconhecido como um bom tema para um trabalho de pesquisa, cujos resultados trarão novos conhecimentos para a área de estudo à qual ele se dedica. Tal fato, isoladamente, já constitui grande parcela da motivação para o desenvolvimento deste trabalho de formatura.

Adicionado a isso, o tema do trabalho possui uma ligação direta com as atividades desenvolvidas pelo autor no seu estágio. A possibilidade de agregar conhecimento sobre o mercado de combustíveis brasileiro e sobre a sua dinâmica à empresa em que o estágio se desenvolveu constitui a parcela remanescente da motivação. Certamente, os resultados e conclusões deste trabalho serão utilizados nas análises desenvolvidas pela empresa e permitirão a entrega de melhores produtos aos seus clientes.

1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

Como ficará evidenciado no decorrer do texto, o presente trabalho deve ser visto como uma composição de duas fases distintas, mas intimamente interligadas: uma fase inicial de revisão bibliográfica e de levantamento de modelos aplicados a mercados de combustíveis desenvolvidos por pesquisadores da atualidade; e uma fase posterior de aplicação ao caso brasileiro dos modelos que foram encontrados na bibliografia consultada e de elaboração e aplicação de novos modelos buscando um melhor equacionamento do consumo de gasolina no país.

Sucintamente, o método adotado no trabalho pode ser definido como empírico-analítico. Segundo Martins (2000:26), abordagens empírico-analíticas:

(...) são abordagens que apresentam em comum a utilização de técnicas de coleta, tratamento e análise de dados marcadamente quantitativas. Privilegiam estudos práticos. Suas propostas têm caráter técnico, restaurador e incrementalista. Têm forte preocupação causal entre as variáveis. A validação da prova científica é

buscada através de teste dos instrumentos, graus de significância e sistematização das definições operacionais.

Assim, o presente trabalho possui características de uma pesquisa com base empírica que visa um aprimoramento da prática através da integração dos tipos de pensamento indutivo e dedutivo via a realização de testes, o que Cooper e Schindler (2003) denominam *movimento duplo do pensamento científico*.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em seis partes como forma de desenvolver os conceitos e análises necessários para se atingir os objetivos propostos.

No Capítulo 1, são apresentados os objetivos do trabalho. Procura-se desenvolver a relação entre as atividades do autor como estagiário e o tema desenvolvido, relação da qual nasceu a motivação para o trabalho e que justifica a sua realização.

Na continuação, no Capítulo 2, são apresentados as informações e os resultados colhidos através da revisão bibliográfica do tema, e que fornecem os conceitos necessários à compreensão deste trabalho. Inicialmente, discute-se sobre alguns tópicos de estatística e de modelagem matemática que serão utilizados nos modelos descritos posteriormente. Em seguida, são apresentados modelos utilizados por pesquisadores da atualidade no estudo dos mercados de combustíveis em diversos países, bem como algumas de suas conclusões.

Adiante, no Capítulo 3, é efetuado um estudo do mercado brasileiro de combustíveis. Um panorama da matriz energética brasileira é apresentado, seguido de um detalhamento do perfil de produção de combustíveis no Brasil, da evolução do mercado brasileiro de etanol e de sua posterior distribuição e venda aos consumidores.

Já no Capítulo 4, efetua-se a aplicação ao mercado brasileiro de gasolina automotiva de diversos modelos propostos pelos autores estudados no Capítulo 2. Primeiro, define-se, com base nos conhecimentos apresentados nos Capítulos 2 e 3, quais variáveis irão compor os modelos em questão e determina-se uma notação que será respeitada em todo o texto. Segundo, tais modelos são testados com séries históricas reais, na tentativa de se identificar

tendências e fatores mais ou menos determinantes para o consumo de gasolina automotiva no Brasil.

No Capítulo 5, uma nova classe de modelos é proposta para o tratamento e análise dos dados de consumo de gasolina no país. São introduzidos modelos que incluam componentes sazonais em seu equacionamento.

Por fim, no Capítulo 6, o trabalho é concluído. Os principais resultados obtidos são sintetizados e as conclusões finais e as possibilidades de futuras extensões do trabalho são apresentadas. As referências bibliográficas, os apêndices e os anexos encerram o documento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR

Segundo Wooldridge (2010), muitos dos estudos em econometria procuram, dadas x e y duas variáveis que representem alguma população, entender como y varia com variações em x ou, em outras palavras, explicar y em termos de x .

Para tanto, podemos escrever uma equação que relacione y a x e que defina o *modelo de regressão linear simples*:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + u \quad \text{Eq. 2.1}$$

Quando relacionadas pela Eq. 2.1, as variáveis y e x assumem os nomes *variável dependente* e *variável independente*, respectivamente. A variável u , por sua vez, é conhecida como *termo de erro* ou *perturbação* da relação entre y e x e deve ser entendida como a representação de todos os fatores, além de x , que afetam y .

A questão que nos colocamos no momento é como podemos estimar os parâmetros β_0 e β_1 para uma determinada população representada por x e y . Para tal, devemos considerar uma amostra aleatória de tamanho n dessa população, à qual nos referiremos por $\{(x_i, y_i): i = 1, \dots, n\}$. Assim, para cada i , podemos escrever:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + u_i \quad \text{Eq. 2.2}$$

Na Eq. 2.2, é importante notar que u_i contém todos os fatores, além de x_i , que afetam y_i e é, portanto, o termo de erro para a observação i .

Se $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ forem as estimativas escolhidas para os parâmetros desconhecidos da Eq. 2.2 dada a amostra de dados considerada, podemos definir um *valor estimado* para y quando $x = x_i$ como sendo:

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i \quad \text{Eq. 2.3}$$

Evidentemente, é esperado que tais estimativas para os valores de y envolvam resíduos. Assim, dados o valor verdadeiro de y_i e o seu valor estimado $\hat{y}_i$, definiremos o resíduo para a observação i através da Eq. 2.4:

$$\hat{u}_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i \quad \text{Eq. 2.4}$$

Finalmente, escolheremos $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ com o intuito de tornar mínima a soma dos quadrados dos resíduos dada por:

$$\sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i)^2 \quad \text{Eq. 2.5}$$

Da otimização utilizada em cálculo, determinar $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ corresponde a resolver:

$$\frac{\partial}{\partial \hat{\beta}_0} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i)^2 = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i) = 0 \quad \text{Eq. 2.6}$$

E:

$$\frac{\partial}{\partial \hat{\beta}_1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i)^2 = -2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i) = 0 \quad \text{Eq. 2.7}$$

Cujas soluções são dadas por:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Eq. 2.8}$$

E:

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \quad \text{Eq. 2.9}$$

Onde $\bar{y} = n^{-1} \sum_{i=1}^n y_i$ e $\bar{x} = n^{-1} \sum_{i=1}^n x_i$ são as médias amostrais de y_i e x_i , respectivamente.

No entanto, ainda segundo Wooldridge (2010), o emprego da análise de regressão simples em trabalhos empíricos apresenta como principal desvantagem o fato de ser difícil de se chegar a conclusões *ceteris paribus* sobre como y é afetada por x . Tal constatação decorre da hipótese fundamental para a construção do modelo descrito pela Eq. 2.1, de que todos os outros fatores além de x que afetam y não sejam correlacionados com x , que é normalmente falsa.

A análise de regressão múltipla permite controlar explicitamente quais outros fatores afetam simultaneamente a variável dependente e é, portanto, mais receptiva à análise *ceteris paribus*. Naturalmente, a inclusão de mais fatores ao modelo que sejam úteis para explicar y permitirá que mais da variação de y seja explicada, levando conseqüentemente à construção de modelos melhores para a previsão da variável dependente.

Aplicado a uma população, o modelo de regressão linear múltipla pode ser escrito como:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \cdots + \beta_n x_n + u \quad \text{Eq. 2.10}$$

De maneira semelhante ao caso do modelo de regressão linear simples, a variável u é o *termo de erro* ou *perturbação* da relação entre y e $x_1, x_2, \dots, x_k$ e deve ser entendida como a representação de todos os fatores, além de $x_1, x_2, \dots, x_k$, que afetam y .

Da Eq. 2.10, o termo β_0 é denominado *intercepto*, ao passo em que os termos $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$, associados respectivamente a $x_1, x_2, \dots, x_k$, são denominados *parâmetros de inclinação*.

Novamente, a fim de estimarmos $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$, devemos considerar uma amostra aleatória de tamanho n da população, à qual nos referiremos por $\{(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}, y_i): i = 1, \dots, n\}$. Assim, para cada i , podemos escrever:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \cdots + \beta_k x_{ik} + u_i \quad \text{Eq. 2.11}$$

Se dissermos que $\hat{\beta}_0$ é a estimativa de β_0 , $\hat{\beta}_1$ é a estimativa de β_1 , $\hat{\beta}_2$ é a estimativa de β_2 , e assim por diante, queremos determinar $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k$ tais que a expressão da Eq. 2.12 tenha o menor valor possível.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2 &= \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \\ &= \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \hat{\beta}_2 x_{i2} - \cdots - \hat{\beta}_k x_{ik})^2 \end{aligned} \quad \text{Eq. 2.12}$$

Tomando as derivadas parciais em relação a $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k$, minimizar a soma dos resíduos quadrados descrita pela Eq. 2.12 corresponde a encontrar as soluções de:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \hat{\beta}_2 x_{i2} - \cdots - \hat{\beta}_k x_{ik}) = 0 \quad \text{Eq. 2.13}$$

$$\sum_{i=1}^n x_{i1} (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \hat{\beta}_2 x_{i2} - \cdots - \hat{\beta}_k x_{ik}) = 0 \quad \text{Eq. 2.14}$$

$$\sum_{i=1}^n x_{i2} (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \hat{\beta}_2 x_{i2} - \cdots - \hat{\beta}_k x_{ik}) = 0 \quad \text{Eq. 2.15}$$

Até:

$$\sum_{i=1}^n x_{ik} (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \hat{\beta}_2 x_{i2} - \cdots - \hat{\beta}_k x_{ik}) = 0 \quad \text{Eq. 2.16}$$

Para tal, se fizermos:

$$\begin{aligned} \bullet \quad Y &= \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \\ \bullet \quad X &= \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2k} \\ 1 & x_{31} & x_{32} & \cdots & x_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix} \\ \bullet \quad B &= \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_3 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_k \end{bmatrix} \end{aligned}$$

As soluções $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k$ das Eq. 2.13-Eq. 2.16 são facilmente obtidas por:

$$B = (X'X)^{-1}X'Y \quad \text{Eq. 2.17}$$

2.2 DADOS DE SÉRIES TEMPORAIS

Conjuntos de dados de séries temporais possuem, como o próprio nome sugere, uma ordenação temporal, e tal característica os torna diferentes de conjuntos de dados de corte transversal.

Tomemos como exemplo um conjunto de dados de séries temporais relativos aos preços e aos volumes consumidos de combustíveis no Brasil. Nesse conjunto de dados, é necessário que saibamos que os dados de janeiro de 2011 precedem imediatamente os dados de fevereiro de 2011, uma vez que, em casos como esse, o passado pode afetar o futuro.

Anteriormente, discutimos a aplicação do modelo de regressão linear e a estimação dos coeficientes da regressão baseados na hipótese de que as amostras haviam sido colhidas de maneira aleatória de certa população. No entanto, para os conjuntos de dados de séries temporais, essa aleatoriedade pode não ser imediatamente evidente.

De acordo com Wooldridge (2010), *processo estocástico* ou *processo de série temporal* é o nome que damos a uma sequência de variáveis aleatórias indexadas pelo tempo. Assim, ao obtermos e analisarmos um conjunto de dados de séries temporais estamos, efetivamente, obtendo e analisando uma *realização* do processo dentre as demais que eram possíveis. Muito provavelmente, se as condições históricas tivessem sido outras, obteríamos outra realização do processo estocástico – e essa é a razão pela qual os dados de séries temporais são considerados como o resultado de variáveis aleatórias.

Para a análise de dados de séries temporais, diversos modelos de regressão têm sido utilizados por serem facilmente estimados pelo método dos mínimos quadrados ordinários, tais como os modelos estáticos e os modelos de defasagem distribuída finita (MDD).

No caso dos modelos estáticos, se consideramos um conjunto de séries temporais que contenha informações sobre duas variáveis, y e z , sendo y_t e z_t datadas contemporaneamente, podemos relacionar y a z por:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 z_t + u_t, t = 1, 2, \dots, n. \quad \text{Eq. 2.18}$$

Naturalmente, não há a necessidade de nos restringirmos a uma única variável explicativa: em um modelo estático de regressão, podemos incluir diversas variáveis explicativas a fim de explicar as variações da variável dependente.

No caso dos modelos de defasagem distribuída finita, uma ou mais variáveis explicativas afetam y com defasagens:

$$y_t = \alpha_t + \delta_0 z_t + \delta_1 z_{t-1} + \delta_2 z_{t-2} + u_t \quad \text{Eq. 2.19}$$

A Eq. 2.19 apresenta um MDD de ordem dois, facilmente extensível a uma ordem q .

2.3 MODELOS DE ESPAÇO DE ESTADO

Segundo Morettin e Tolo (2004), qualquer modelo linear de séries temporais q -dimensionais pode ser representado na forma de espaços de estados. Essa representação procura relacionar o vetor de observações $\{Z_t\}$ e o vetor de ruídos $\{v_t\}$ através de um processo de Markov $\{X_t\}$ p -dimensional denominado vetor de estados.

Em sua forma básica, o modelo de espaço de estados (MEE), também denominado modelo linear dinâmico (MLD), é constituído por duas equações:

$$Z_t = A_t X_t + v_t \quad \text{Eq. 2.20}$$

$$X_t = G_t X_{t-1} + w_t, t = 1, \dots, N \quad \text{Eq. 2.21}$$

Observamos que:

- A_t é a matriz do sistema, de ordem $(q \times p)$;
- v_t é o vetor ruído da observação, de ordem $(q \times 1)$, não correlacionado, com média zero e matriz de covariâncias R ;
- G_t é a matriz de transição, de ordem $(p \times p)$;
- w_t é um vetor de ruídos não correlacionados, representando a perturbação do sistema, de ordem $(p \times 1)$, com média zero e matriz de covariâncias Q .

Também segundo Morettin e Tolo (2004), a Eq. 2.20 é conhecida como *equação de observação*, enquanto que a Eq. 2.21 é denominada *equação do estado* ou *equação do sistema*.

Para a aplicação dos modelos lineares dinâmicos, é assumido que:

- o estado inicial X_0 do processo de Markov tem média μ_0 e matriz de covariâncias Σ_0 , isto é:

$$E(X_0) = \mu_0 \quad \text{Eq. 2.22}$$

$$Var(X_0) = \Sigma_0 \quad \text{Eq. 2.23}$$

- v_t e w_t , os vetores de ruídos, são não correlacionados entre si e não correlacionados com o estado inicial, equivalente a:

$$E(v_t w'_s) = 0 \text{ para todo } t, s = 1, \dots, N \quad \text{Eq. 2.24}$$

$$E(v_t X'_0) = 0 \text{ e } E(w_t X'_0) = 0 \text{ para todo } t = 1, \dots, N \quad \text{Eq. 2.25}$$

As matrizes A_t e G_t são tidas com não estocásticas, o que implica no fato de que se houver qualquer variação no tempo, essa será pré-determinada. No caso particular em que as matrizes forem constantes no tempo, isto é, se:

$$A_t = A, t = 1, \dots, N \quad \text{Eq. 2.26}$$

$$G_t = G, t = 1, \dots, N \quad \text{Eq. 2.27}$$

Dizemos que o sistema é invariante no tempo ou *homogêneo no tempo*.

Na notação de Harvey (1989), a forma geral de espaço de estados pode ser aplicada a uma série temporal multivariada y_t com N elementos. Essas variáveis observáveis são relacionadas ao vetor de estados α_t de ordem $(m \times 1)$, através da *equação de medida*:

$$y_t = Z_t \alpha_t + d_t + \varepsilon_t, t = 1, \dots, T \quad \text{Eq. 2.28}$$

Observamos que:

- Z_t é uma matriz de ordem $(N \times m)$;
- d_t é um vetor de ordem $(N \times 1)$;
- ε_t é um vetor de ordem $(N \times 1)$ de perturbações não correlacionadas, com média zero e matriz de covariâncias H_t .

Geralmente, os elementos de α_t não são observáveis. No entanto, como apontado previamente, sabe-se que eles são gerados por um processo de Markov de primeira ordem através da *equação de transição*:

$$\alpha_t = T_t \alpha_{t-1} + c_t + R_t \eta_t, t = 1, \dots, T \quad \text{Eq. 2.29}$$

Onde:

- T_t é uma matriz de ordem $(m \times m)$;
- c_t é um vetor de ordem $(m \times 1)$;
- R_t é uma matriz de ordem $(m \times g)$;
- η_t é um vetor de ordem $(g \times 1)$ de perturbações não correlacionadas, com média zero e matriz de covariâncias Q_t .

A Eq. 2.29 também pode ser deslocada em um período para frente, isto é:

$$\alpha_{t+1} = T_t \alpha_t + c_t + R_t \eta_t, t = 1, \dots, T \quad \text{Eq. 2.30}$$

De maneira semelhante a Morettin e Tolo (2004), Harvey (1989) completa a especificação do modelo de espaço de estados com as seguintes hipóteses:

- o vetor de estado inicial, α_0 tem média a_0 e matriz de covariâncias P_0 , ou seja:

$$E(\alpha_0) = a_0 \quad \text{Eq. 2.31}$$

$$Var(\alpha_0) = P_0 \quad \text{Eq. 2.32}$$

- as perturbações ε_t e η_t são não correlacionadas entre si em todos os períodos de tempo e não correlacionadas com o estado inicial, isto é:

$$E(\varepsilon_t \eta'_s) = 0 \text{ para todo } t, s = 1, \dots, T \quad \text{Eq. 2.33}$$

$$E(\varepsilon_t \alpha'_0) = 0 \text{ e } E(\eta_t \alpha'_0) = 0 \text{ para todo } t = 1, \dots, T \quad \text{Eq. 2.34}$$

As matrizes Z_t , d_t e H_t na *equação de medida* e as matrizes T_t , c_t , R_t e Q_t na *equação de transição* são chamadas de *matrizes do sistema* e são assumidas não estocásticas. Assim, como discutido anteriormente, embora elas possam mudar com o tempo, elas o farão de maneira pré-determinada. Isso implica no fato de que o sistema é linear e, para qualquer valor

de t , y_t pode ser expresso como uma combinação linear de valores presentes e passados de ε_t e de η_t e do vetor de estado inicial, α_0 .

Tomemos como exemplo um modelo auto-regressivo de ordem 2, denominado AR(2):

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + a_t, t = 1, \dots, T \quad \text{Eq. 2.35}$$

Uma representação possível em espaço de estados do modelo descrito pela Eq. 2.35, seguindo a notação de Morettin e Tolo (2004), é dada por:

$$Z_t = [1 \quad 0]x_t \quad \text{Eq. 2.36}$$

$$x_t = \begin{bmatrix} Z_t \\ \phi_2 Z_{t-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_1 & 1 \\ \phi_2 & 0 \end{bmatrix} x_{t-1} + \begin{bmatrix} a_t \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{Eq. 2.37}$$

Como outro exemplo, tomemos o modelo de regressão linear com coeficientes dinâmicos, cujas equações são dadas por:

$$Z_t = Y'_t \beta_t + \varepsilon_t \quad \text{Eq. 2.38}$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \delta \beta_t \quad \text{Eq. 2.39}$$

Onde:

- Z_t é a observação escalar;
- Y_t é o vetor de variáveis independentes;
- β_t é o vetor de coeficientes desconhecidos.

Sua representação na forma de espaço de estados dada por:

$$Z_t = A_t X_t + v_t \quad \text{Eq. 2.40}$$

$$X_t = G_t X_{t-1} + w_t \quad \text{Eq. 2.41}$$

Onde:

- $A_t = Y_t$;
- $X_t = \beta_t$;
- $G_t = 1$;
- $v_t = \varepsilon_t$;

- $w_t = \delta\beta_t$.

2.4 O FILTRO DE KALMAN

Uma vez que um modelo tenha sido colocado na forma de espaço de estados, a aplicação de uma série de importantes algoritmos torna-se possível, no centro dos quais está o filtro de Kalman.

Introduzido por Kalman (1960), o filtro de Kalman é um procedimento recursivo para calcular o estimador ótimo do vetor de estado no tempo t com base na informação disponível no tempo t . Retomando a linguagem de Harvey (1989), essa informação consiste nas observações até e incluindo y_t . As matrizes do sistema, juntamente com α_0 e P_0 , são assumidas como conhecidas em todos os períodos de tempo e então não precisam ser explicitamente incluídas no conjunto de informações.

Consideremos o modelo de espaço de estados previamente descrito pelas equações Eq. 2.28 e Eq. 2.29:

$$y_t = Z_t\alpha_t + d_t + \varepsilon_t, t = 1, \dots, T \quad \text{Eq. 2.42}$$

$$\alpha_t = T_t\alpha_{t-1} + c_t + R_t\eta_t, t = 1, \dots, T \quad \text{Eq. 2.43}$$

Seja a_{t-1} o estimador ótimo de α_{t-1} com base nas observações até e incluindo y_{t-1} , e P_{t-1} a matriz de covariâncias de ordem $(m \times m)$ do erro de estimação, isto é:

$$P_{t-1} = E[(\alpha_{t-1} - a_{t-1})(\alpha_{t-1} - a_{t-1})'] \quad \text{Eq. 2.44}$$

Dados a_{t-1} e P_{t-1} , o estimador ótimo de α_t é dado por:

$$a_{t|t-1} = T_t a_{t-1} + c_t \quad \text{Eq. 2.45}$$

Enquanto que a matriz de covariância do erro de estimação é dada por:

$$P_{t|t-1} = T_t P_{t-1} T_t' + R_t Q_t R_t' \quad \text{Eq. 2.46}$$

As equações Eq. 2.45 e Eq. 2.46 são conhecidas como as *equações de previsão*.

Uma vez que uma nova observação y_t torna-se disponível, o estimador de α_t , $a_{t|t-1}$, pode ser atualizado através das *equações de atualização* (ou *equações de filtragem*):

$$a_t = a_{t|t-1} + P_{t|t-1} Z'_t F_t^{-1} (y_t - Z_t a_{t|t-1} - d_t) \quad \text{Eq. 2.47}$$

$$P_t = P_{t|t-1} - P_{t|t-1} Z'_t F_t^{-1} Z_t P_{t|t-1} \quad \text{Eq. 2.48}$$

Onde:

$$F_t = Z_t P_{t|t-1} Z'_t + H_t, t = 1, \dots, T \quad \text{Eq. 2.49}$$

O conjunto das equações Eq. 2.45, Eq. 2.46, Eq. 2.47, Eq. 2.48 e Eq. 2.49 compõe o filtro de Kalman. Essas equações podem ser escritas como um conjunto único de recursões que vão diretamente de a_{t-1} a a_t ou, alternativamente, de $a_{t|t-1}$. Neste último caso:

$$a_{t+1|t} = (T_{t+1} - K_t Z_t) a_{t|t-1} + K_t y_t + (c_{t+1} - K_t d_t) \quad \text{Eq. 2.50}$$

Onde a matriz K_t , chamada de matriz de ganho, é dada por:

$$K_t = T_{t+1} P_{t|t-1} Z'_t F_t^{-1}, t = 1, \dots, T \quad \text{Eq. 2.51}$$

A recursão para a matriz de covariâncias do erro de estimação é dada por:

$$P_{t+1|t} = T_{t+1} (P_{t|t-1} - P_{t|t-1} Z'_t F_t^{-1} Z_t P_{t|t-1}) T'_{t+1} + R_{t+1} Q_{t+1} R'_{t+1}, t = 1, \dots, T \quad \text{Eq. 2.52}$$

Os valores iniciais para o filtro de Kalman podem ser especificados em função de a_0 e P_0 ou de $a_{1|0}$ e $P_{1|0}$. Dadas essas condições iniciais, o filtro de Kalman constrói o estimador ótimo do vetor de estados toda vez que uma nova observação torna-se disponível. Quando todas as T observações tiverem sido processadas, o filtro produz o estimador ótimo do vetor de estados atual e/ou o vetor de estados do próximo período de tempo.

2.5 A MODELAGEM DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS NA LITERATURA

Segundo Dahl e Sterner (1991), a gasolina se tornou o mais estudado dos diferentes produtos derivados do petróleo na medida em que a mobilidade proporcionada pelos automóveis particulares revolucionou o transporte no mundo industrializado e vem fazendo o mesmo nas economias em desenvolvimento.

Sendo uma das *commodities* mais fortemente procuradas, a previsão do consumo de gasolina é de interesse não só para os produtores que pretendem aumentar suas capacidades de produção, mas também para os países consumidores que estejam preocupados com a balança de pagamentos e com o aumento da dependência energética. Atualmente, o Brasil é um grande importador de gasolina dada a incapacidade dos produtores nacionais de suprirem a demanda pelo produto.

Com o intuito de fornecer aos responsáveis pela criação de políticas econômicas e sociais as melhores técnicas para o estudo do mercado de gasolina, Dahl e Sterner (1991) realizaram um estudo comparativo de diversos modelos aplicados à demanda de gasolina que haviam sido desenvolvidos até então. Comparando-os sob diversas características, os autores foram capazes de classificar esses modelos em dez diferentes categorias, partindo de modelos estáticos simples e chegando até modelos dinâmicos mais elaborados.

O modelo mais simples apresentado pelos autores resume-se a um modelo estático segundo o qual a demanda de gasolina G é uma função do preço da gasolina P e da renda Y :

$$G = f_1(P, Y) \quad \text{Eq. 2.53}$$

É interessante notar que, segundo os autores, modelos que não incluíssem alguma medida de preço e de renda foram considerados mal especificados e não foram levados em consideração na elaboração do estudo.

O segundo conjunto de modelos apresentado procura capturar o fato de que a adaptação do consumo frente a mudanças nas condições da economia não é imediata. Para incorporar essa dependência dinâmica no consumo de gasolina, entendida como uma inércia do comportamento econômico, esses modelos passaram a enxergar a demanda G não apenas

como função do preço da gasolina P e da renda Y , mas também como função da quantidade de gasolina demandada em um período de tempo imediatamente anterior G_{t-1} :

$$G = f_2(P, Y, G_{t-1}) \quad \text{Eq. 2.54}$$

Dado o fato de que a maior parte da gasolina consumida é utilizada como fonte de energia para sistemas de transporte, os autores apontam que um típico conjunto de modelos procura introduzir o tamanho da frota de veículos V como fator explicativo da demanda de gasolina G :

$$G = f_3(P, Y, V) \quad \text{Eq. 2.55}$$

No entanto, esses modelos ignoram completamente o fato de que a frota de veículos V sofre alterações tecnológicas ao longo do tempo. Ou seja, eles não consideram as características da frota, como o consumo médio por veículo, como fatores que influenciem a demanda por gasolina G . Assim, outra classe de modelos inclui as características da frota de veículos no equacionamento através de um vetor $CHAR$ contendo informações como idade média da frota, consumo médio por quilômetro etc.:

$$G = f_4(P, Y, V, CHAR) \quad \text{Eq. 2.56}$$

Voltando aos modelos dinâmicos, a demanda de gasolina também pode ser estimada a partir de diferentes combinações de parâmetros defasados e atuais:

$$G = f_5(P_t, P_{t-1}, \dots, P_{t-k}, Y_t, Y_{t-1}, \dots, Y_{t-k}) \quad \text{Eq. 2.57}$$

$$G = f_6(P_t, P_{t-1}, \dots, P_{t-k}, Y_t, Y_{t-1}, \dots, Y_{t-k}, G_{t-1}) \quad \text{Eq. 2.58}$$

$$G = f_7(P, Y, G_{t-1}, G_{t-2}) \quad \text{Eq. 2.59}$$

$$G = f_8(P_t, P_{t-1}, \dots, P_{t-k}, Y_t, Y_{t-1}, \dots, Y_{t-k}, V) \quad \text{Eq. 2.60}$$

$$G = f_9(P, Y, V, G_{t-1}) \quad \text{Eq. 2.61}$$

Onde P_{t-k} e Y_{t-k} são, respectivamente, o preço da gasolina e a renda observados em k períodos anteriores a t .

A última abordagem analisada por Dahl e Sterner (1991) procura modelar a demanda de gasolina combinando parâmetros como o preço da gasolina P_{gas} , o preço de veículos P_{veh} , o preço de outros meios de transporte P_{trans} e valores defasados de renda Y e de demanda G :

$$G = f_{10}(P_{gas}, P_{trans}, Y, P_{veh}, P_{gas_{t-1}}, Y_{t-1}, G_{t-1}) \quad \text{Eq. 2.62}$$

Assim como Dahl e Sterner (1991), Drollas (1984) compilou uma série de estudos sobre a demanda de gasolina e apontou para o fato de que a grande maioria dos pesquisadores procurou determinar as elasticidades da demanda de gasolina relativas ao preço e a alguma forma de renda. Em todos os estudos comentados pelo autore, chegou-se à conclusão de que um aumento dos níveis de preço leva a uma redução da demanda, ao passo em que um crescimento da renda leva a uma demanda maior.

Ainda segundo Drollas (1984), os resultados encontrados pelos diversos estudos permitiram afirmar a existência de uma inércia considerável no consumo de gasolina, inércia essa devida essencialmente ao lento processo de renovação do estoque existente de veículos e à persistência de certos hábitos de consumo da população. De maneira complementar, os autores mostraram a existência de evidências apontando para o fato de que os atrasos nas respostas do consumo frente a mudanças nas condições econômicas variam em tamanho ao longo dos anos.

Em trabalho sobre a demanda de derivados de petróleo na Espanha, Pedregal et al. (2009) optaram por aplicar ao problema a metodologia dos componentes não-observáveis, que permite a decomposição de séries temporais em componentes não-observáveis mas dotados de sentido econômico, como tendência e sazonalidade:

$$z_t = T_t + S_t + Au_t + v_t \quad \text{Eq. 2.63}$$

Onde:

- z_t é um vetor com os valores das séries temporais a serem estudadas;
- T_t é um vetor de tendências de longo prazo;
- S_t é um vetor de componentes sazonais;
- Au_t é um termo incluído para permitir relacionamentos lineares entre variáveis exógenas, descritas por u_t , e a saída z_t ;
- v_t é um vetor de ruídos

O modelo da Eq. 2.63 torna-se completo com a especificação das dinâmicas de cada um dos componentes, juntamente com as matrizes de covariâncias de todos os ruídos envolvidos.

A tendência T_t , segundo os autores, pode ser modelada da seguinte maneira:

$$\begin{bmatrix} T \\ D \end{bmatrix}_t = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T \\ D \end{bmatrix}_{t-1} + \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix}_t \quad \text{Eq. 2.64}$$

Onde:

- D_t é um vetor adicional necessário para especificar a tendência;
- I é a matriz identidade;
- w_1 e w_2 são dois vetores de ruídos com matrizes de covariâncias Q_1 e Q_2 , independentes entre si e independentes do componente irregular v_t ;

O componente sazonal S_t é modelado como uma soma de subcomponentes:

$$\begin{bmatrix} S_i \\ S'_i \end{bmatrix}_t = \begin{bmatrix} \cos(2\pi/P_i)I & \sin(2\pi/P_i)I \\ -\sin(2\pi/P_i)I & \cos(2\pi/P_i)I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_i \\ S'_i \end{bmatrix}_{t-1} + \begin{bmatrix} w_{i,1} \\ w_{i,2} \end{bmatrix}_t, i$$

$$= 1, 2, \dots, 6 \quad \text{Eq. 2.65}$$

$$S_t = \sum_{i=1}^6 S_i \quad \text{Eq. 2.66}$$

$$P_i = 12/i \quad \text{Eq. 2.67}$$

Onde:

- S'_i são estados adicionais necessários para especificar o componente sazonal;
- $w_{i,1}$ e $w_{i,2}$ são dois vetores de ruídos com matrizes de covariâncias $Q_{i,1}$ e $Q_{i,2}$, independentes entre si e independentes dos outros ruídos do modelo;
- $P_i = 12/i$ uma vez que os dados analisados possuíam frequência mensal (i.e., 12 observações no ano).

Finalmente, o componente v_t é um vetor de ruídos independentes dos outros ruídos do modelo e cuja matriz de covariâncias é chamada R .

Para efetivamente modelar a demanda por derivados de petróleo na Espanha, esses autores optaram por desenvolver dois modelos independentes para analisar duas partes diferentes de um mesmo sistema: um modelo de transportes e um modelo industrial e residencial. O modelo de transportes foi aplicado à demanda dos derivados de petróleo destinados aos meios

de transporte, como gasolina, diesel e querosene. O modelo industrial e residencial foi aplicado no estudo da demanda de combustíveis comumente utilizados em atividades industriais e residenciais, como diesel e gás liquefeito de petróleo.

Como base de dados para os estudos, os autores utilizaram:

- A demanda mensal, em barris por dia, dos cinco principais derivados de petróleo (gasolina, óleo diesel, querosene, combustíveis residenciais e gás liquefeito de petróleo);
- A demanda mensal de gás natural e de eletricidade, em barris equivalentes de petróleo, como uma medida de analisar a relação de substituição entre essas fontes de energia e os derivados de petróleo;
- Séries de preços dos produtos analisados;
- O PIB mensal da Espanha como medida da renda disponível;
- Demais variáveis capazes de afetar a demanda de derivados de petróleo, como temperatura.

Sene (2012), estudando a demanda de gasolina $Y(t)$ no Senegal, propôs um modelo linear e um modelo log-linear:

$$Y(t) = \beta_0 + \beta_1(pop) + \beta_2(gas\ Price) + \beta_3(Inc) + \beta_4(Ppt) + \beta_5 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{Eq. 2.68}$$

$$\log Y(t) = \gamma_0 + \gamma_1 \log(Pop) + \gamma_2 \log(gas\ Price) + \gamma_3 \log(Inc) + \gamma_4 \log(Ppt) + \gamma_5 \log(Y_{t-1}) + \varepsilon_t \quad \text{Eq. 2.69}$$

Onde:

- $Y(t)$ é a quantidade demandada de gasolina em um determinado período de tempo;
- Pop é a população total do Senegal;
- $Gas\ price$ é o índice de preços reais da gasolina;
- Inc é a renda per capita;
- Ppt é o índice de preços dos transportes públicos;
- ε_t é um erro aleatório, cuja distribuição é assumida normal.

Baseando-se na teoria econômica, o autor foi capaz de fazer inferências sobre os sinais dos coeficientes β e γ a serem determinados. Com o aumento da renda per capita Inc , é natural assumir que as compras de veículos também aumentem, fato que implicaria em um consequente aumento da demanda por gasolina $Y(t)$ – portanto, os coeficientes β_3 e γ_3 devem ser positivos. De maneira análoga, com um aumento da população Pop espera-se que a demanda também aumente, o que significa que β_1 e γ_1 também devem ser positivos. Por outro lado, um aumento do preço da gasolina $Gas\ price$ deve levar a um menor consumo do derivado, fazendo com que β_2 e γ_2 sejam negativos, ao mesmo tempo em que um aumento dos preços dos transportes públicos Ppt deve induzir as pessoas a viajarem menos, reduzindo assim a demanda de gasolina – β_4 e γ_4 devem ser, portanto, negativos.

A partir da aplicação dos modelos propostos a um conjunto de dados de séries temporais referente ao consumo de gasolina no Senegal entre 1970 e 2008, o autor confirmou suas induções e verificou que o modelo log-linear forneceu melhores resultados na estimação de parâmetros. Sene (2012), assim como Moosa (1998), chegou à conclusão de que o maior determinante da demanda por petróleo e seus derivados é, no longo prazo, a atividade econômica como *proxy* pelo PIB ou pela renda.

Park e Zhao (2010) analisaram a demanda de gasolina nos Estados Unidos utilizando um modelo dinâmico. Com base em dados mensais de janeiro de 1976 a julho de 2008, os autores procuraram estudar o comportamento da demanda por gasolina em função de parâmetros como o preço da gasolina e a renda:

$$g_{mj} = \beta_0 + \beta_{1mj}p_{mj} + \beta_{2mj}y_{mj} + \varepsilon_m + \varepsilon_{mj},$$

$$m = 1, 2, \dots, 12, j = 1, 2, \dots, T$$
Eq. 2.70

Onde:

- m e j são índices que representam mês e ano, respectivamente;
- g_{mj} é a demanda per capita de gasolina;
- p_{mj} é o preço da gasolina;
- y_{mj} é a renda disponível per capita;
- ε_m é um fator sazonal de demanda, não observável;
- ε_{mj} é o termo de erro, cuja média é tida como sendo nula;

Segundo Mork (1989) e Clements e Krolzig (2002), o consumo de gasolina e o ciclo econômico são correlacionados, e portanto deve existir uma relação entre variáveis macroeconômicas e a demanda por gasolina. Para levar esse fator em consideração, Park e Zhao (2010) introduziram no modelo a taxa de juros americana, denominada r_{mj} :

$$g_{mj} = \beta_0 + \beta_{1mj}p_{mj} + \beta_{2mj}y_{mj} + \beta_{3mj}r_{mj} + \varepsilon_m + \varepsilon_{mj},$$

$$m = 1, 2, \dots, 12, j = 1, 2, \dots, T$$
Eq. 2.71

Bhattacharyya e Black (2009) analisaram a demanda doméstica por produtos derivados do petróleo em países do Oriente Médio e do norte da África empregando dados de séries temporais referentes ao período entre 1982 e 2005. Segundo os autores, compreender a demanda doméstica por derivados de petróleo em países produtores do óleo é importante devido à existência de fornecimento subsidiado, à perda de renda cambial e aos efeitos ambientais do uso do petróleo e de seus derivados.

Utilizando o modelo log-linear da Eq. 2.72, os autores estudaram a evolução da demanda por quatro produtos derivados do petróleo (gasolina, diesel, querosene e óleo combustível) em países como Argélia, Irã, Kuwait, Líbia, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos e Catar.

$$\log Q_{ijt} = a_{ijt} + b_1 \log P_{ijt} + b_2 \log Y_{jt} + b_3 \log Q_{ijt-1} + e_t$$
Eq. 2.72

Onde:

- Q_{ijt} é o consumo per capita do produto i no país j no tempo t ;
- P_{ijt} é o preço real do produto i no país j no tempo t ;
- Y_{jt} é a renda per capita real no país j no tempo t ;
- Q_{ijt-1} é o consumo per capita do produto i no país j no tempo $t - 1$;
- e_t é o termo de erro, normalmente distribuído.

Os resultados da pesquisa mostraram que a demanda cresceu rapidamente nesses países muito provavelmente devido ao fato de que os preços dos combustíveis foram mantidos extremamente baixos enquanto que a renda aumentou consideravelmente. Segundo os autores, quando aplicado aos dados relacionados à gasolina, o modelo da Eq. 2.72 apresentou os melhores resultados em termos de qualidade de ajuste e de significância dos coeficientes estimados.

Em uma publicação técnica da ANP, Carvalho; Cunha e Nascimento (2010) identificaram e avaliaram os fundamentos da demanda de GLP no Brasil empregando o modelo:

$$\ln(DP13) = \ln(\alpha_1) + \alpha_2 \ln(Yr) + \alpha_3 Pr \ln(Pr) + \alpha_4 \ln(Pr) \quad \text{Eq. 2.73}$$

Onde:

- $DP13$ é a demanda residencial de GLP;
- α_i são constantes a serem determinadas;
- Pr é o preço real de P13 (embalagem de 13kg de GLP);
- Yr é a renda real.

Segundo Pacini e Silveira (2011), a introdução de veículos *flex-fuel* no Brasil a partir de 2003 permitiu que motoristas brasileiros pudessem escolher entre gasolina e etanol hidratado como combustível veicular dependendo dos preços relativos e das economias de cada combustível.

Analisando dados de preços e de consumo do mercado brasileiro, os autores mostraram que o etanol hidratado tem sido geralmente o combustível com o melhor custo-benefício no país, mas não necessariamente em todos os estados.

Além mais, os resultados da pesquisa indicaram que os consumidores brasileiros tendem a optar pelo etanol mesmo quando esse combustível não é a melhor opção do ponto de vista econômico. Adaptando a ideia do custo de oportunidade, Pacini e Silveira (2011) procuraram estimar o custo aos consumidores quando os mesmos optaram pelo etanol em momentos nos quais o preço do mesmo excedia o limite imposto pelo preço da gasolina e pela relação das capacidades energéticas de ambos os tipos de combustível.

3 O MERCADO BRASILEIRO DE COMBUSTÍVEIS

3.1 PANORAMA DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

O Brasil possui hoje uma das matrizes energéticas mais renováveis do mundo, com 47,5% da produção de energia primária em 2010 tendo sido provenientes de fontes renováveis como recursos hídricos, biomassa (lenha e produtos de cana) e outras fontes renováveis (EPE, 2011).

Essas estatísticas contrastam fortemente com a média mundial: dados da *International Energy Agency* apontam que apenas 10,0% e 2,2% da oferta de energia no mundo são provenientes de fontes renováveis e de recursos hídricos, respectivamente.

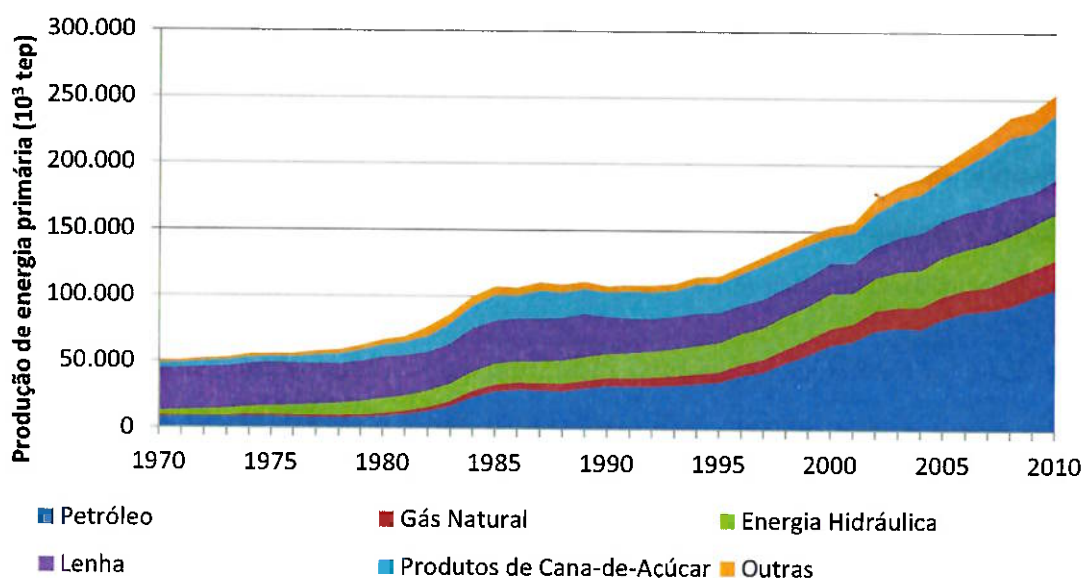


Gráfico 3.1 - Produção de energia primária no Brasil por fonte, em milhares de toneladas equivalentes de petróleo (10^3 tep).

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2011).

No entanto, o Brasil ainda é um país cuja matriz energética é bastante dependente de fontes não renováveis. Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (2011), nos últimos 40 anos a importância das fontes não renováveis de energia na produção de energia primária aumentou consideravelmente, como é possível se observar no Gráfico 3.2.

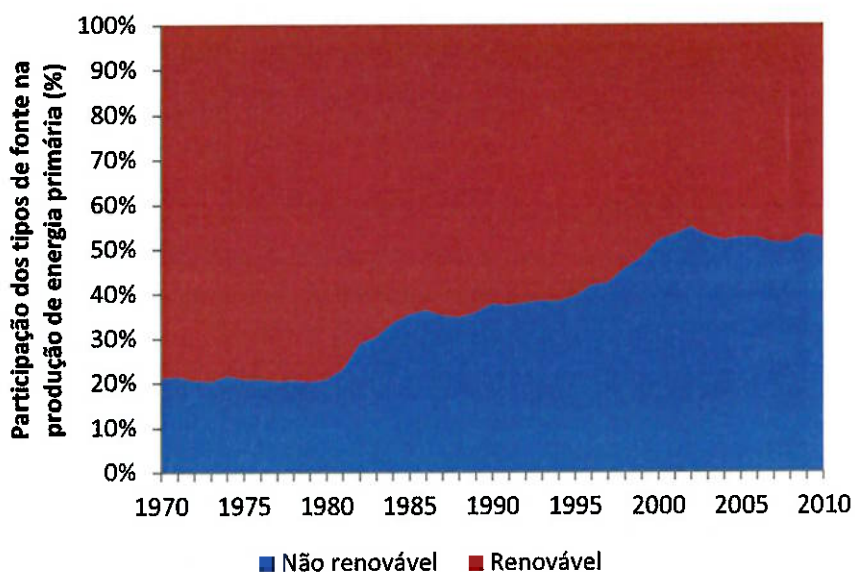


Gráfico 3.2 - Contribuição de fontes renováveis e não renováveis na produção de energia primária do Brasil.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2011).

Desde 1970, as contribuições de cada fonte não renovável (petróleo, gás natural, carvão vapor, carvão metalúrgico e urânio) para a produção de energia primária brasileira podem ser observadas no Gráfico 3.3.

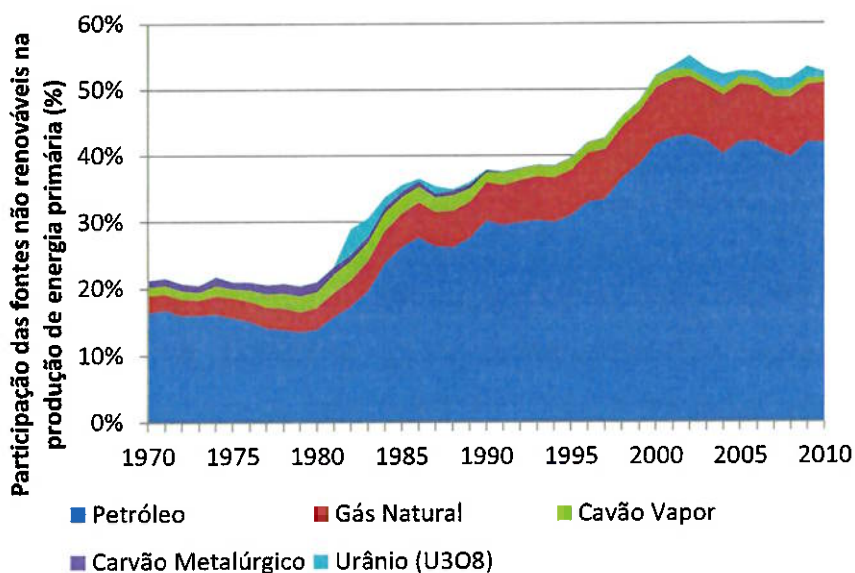


Gráfico 3.3 - Participação das fontes não renováveis na produção de energia (% por fonte).

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2011).

É interessante notar a elevada participação do petróleo na composição da matriz energética brasileira, responsável pela produção de 42.0% da energia primária em 2010.

Olhando para o consumo final por fonte de energia, também fica clara a importância do petróleo e de seus derivados no *mix* energético:

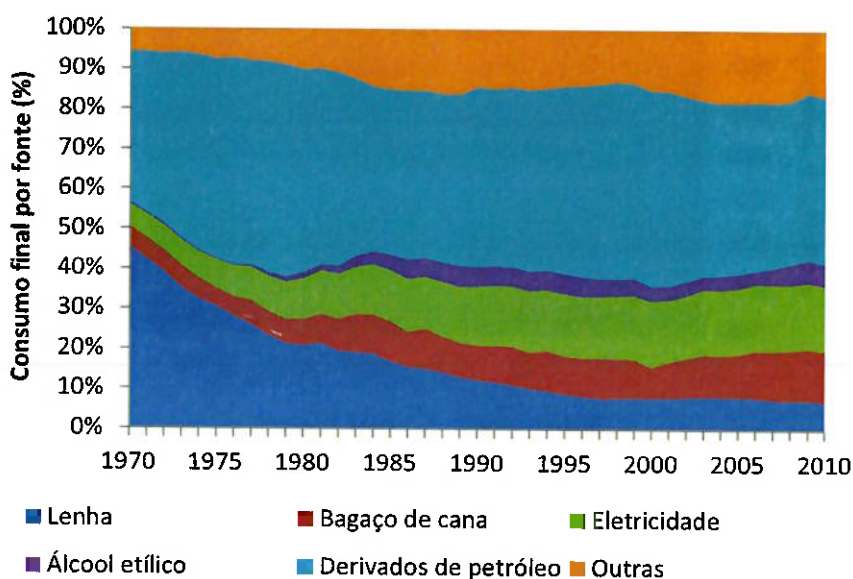


Gráfico 3.4 - Consumo final por fonte (em % por fonte).

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2011).

3.2 PROCESSAMENTO E PRODUÇÃO DE DERIVADOS DE PETRÓLEO NO BRASIL

3.2.1 BREVE HISTÓRICO DA INDÚSTRIA DE REFINO BRASILEIRA

Fundada em 1933, na cidade de Uruguaiana (RS), e fruto de um acordo entre empresários brasileiros e argentinos, a Destilaria Rio-Grandense de Petróleo S/A deu início às atividades de processamento e refino de petróleo no Brasil com uma capacidade de 150 barris de petróleo por dia.

Usando matéria prima majoritariamente importada da Argentina e do Uruguai, as atividades da destilaria foram severamente impactadas por uma medida do Governo argentino que impossibilitava a reexportação de petróleo do país e que, consequentemente, inviabilizava o recebimento de óleo cru por parte da destilaria.

Dadas essas mudanças conjunturais, empresários brasileiros, argentinos e uruguaios decidiram instalar uma nova refinaria na cidade de Rio Grande, também no Rio Grande do

Sul, dada sua localização estratégica onde coexistiam fáceis condições de acesso aos meios de transporte rodoviário, férreo e marítimo e às redes elétrica e de água potável (TAVARES, 2005). Inaugurada em 1937, a Ipiranga S/A – Companhia Brasileira de Petróleo, atual Refinaria de Petróleo Riograndense S/A, passou a processar cerca de 1.000 barris de petróleo por dia. Nessa mesma época, e também tendo origem na iniciativa privada, a refinaria das Indústrias Matarazzo de Energia foi fundada e deu início às suas atividades de refino com capacidade de aproximadamente 150 barris de petróleo por dia.

Em abril de 1938, o Governo brasileiro de Getúlio Vargas declarou, através do Decreto-Lei N° 395¹, o abastecimento nacional de petróleo como serviço de utilidade pública, englobando as atividades de produção, importação, refino, transporte, distribuição e comércio de petróleo bruto e seus derivados. A partir desse momento, o Governo Federal passou a ter autoridade exclusiva para autorizar a construção e determinar as especificações (localização, capacidade, natureza e qualidade dos produtos refinados) de quaisquer refinarias ou depósitos de armazenagem, cujo capital social, direção e gerência deveriam ser constituídos unicamente por brasileiros natos.

No mesmo decreto, Vargas criou o Conselho Nacional do Petróleo (CNP), entidade que foi responsável pela política nacional para o setor de petróleo até a criação da Petróleo Brasileiro S.A. em 1953 através da Lei N° 2.004².

Com a descoberta de petróleo em poços perfurados na Bahia a partir 1939, o CNP autorizou a implantação de instalações rudimentares de refino no estado, onde em 1946 o Governo de Eurico Gaspar Dutra aprovaria a construção da Refina de Mataripe – hoje conhecida como Refinaria Landulpho Alves (RLAM), pertencente à Petrobras. No mesmo ano, a iniciativa privada recebeu autorização para construir a Refinaria de Manguinhos, no estado de Rio de Janeiro, que entraria em operação em 1954 com capacidade para refinar 10.000 barris de petróleo por dia, e a Refinaria e Exploração de Petróleo União, localizada entre os municípios de Santo André (SP) e Mauá (SP), que também passaria a operar em 1954 com capacidade de processamento de 20.000 barris de petróleo por dia.

Ainda sob a gestão de Dutra, em 1949 o CNP determinou que fosse construída a Refinaria Presidente Bernardes (RPBC) na cidade paulista de Cubatão. Inaugurada em 1955 pelo Presidente João Café Filho, a RPBC tinha capacidade para processar 45.000 barris de petróleo

¹ <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=12685>

² http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L2004.htm

por dia. No ano seguinte, em 1956, seria inaugurada no município de Manaus (AM), sob a presença do Presidente Juscelino Kubitschek, a Refinaria de Manaus (REMAN) com capacidade inicial de 5.000 barris por dia de petróleo.

A partir de 1953, quando foi instituído o monopólio estatal da exploração, do refino e do transporte de petróleo, apenas a Petrobras construiu unidades de processamento e de refino no Brasil. A Refinaria Duque de Caxias (REDUC), construída no também município de Duque de Caxias (RJ), foi inaugurada em 1961 com uma capacidade inicial para 90.000 barris de petróleo por dia.

Em 1966, a Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste (LUBNOR), localizada em Fortaleza (CE), entraria em operação sob o nome de Fábrica de Asfalto de Fortaleza (ASFOR). Dois anos depois, em 1968, a Petrobras inauguraria a Refinaria Gabriel Passos (REGAP), na divisa dos municípios de Betim (MG) e Ibitiré (MG), e a Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP), em Canoas (RS), ambas com capacidade para 45.000 barris de petróleo por dia cada. Em 1972, três anos após o início de suas obras de construção, a Refinaria de Paulínia (REPLAN) entraria em operação, sendo capaz de processar até 126.000 barris de petróleo por dia.

Em 1974, a Petrobras adquiriria o controle da Refinaria e Exploração de Petróleo União, alterando seu nome para Refinaria de Capuava (RECAP), e o controle da Refinaria de Manaus (REMAN). Dois anos mais tarde, em 1976, a Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), entraria em operação na cidade de Araucária (PR) e, em 1980, seis anos após o início de sua construção, a Refinaria Henrique Lage (REVAP) seria inaugurada em São José dos Campos (SP).

Finalmente, a última refinaria da Petrobras a entrar em operação foi a Refinaria Potiguar Clara Camarão (RPCC), pertencente ao Polo Industrial de Guamaré localizado no município de Guamaré (RN).

Em 1995, a Petrobras viu o monopólio estatal do petróleo ser quebrado legalmente pela Ementa Constitucional Nº 9³, que modificou o Artigo 177 da Constituição Federal. Após quarenta e quatro anos, em 1997, o fim do monopólio foi efetivamente viabilizado pela Lei do Petróleo (Lei Nº 9478⁴), que também determinava a criação da Agência Nacional do Petróleo,

³ http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/Constituicao/Emendas/Emc/emc09.htm

⁴ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19478.htm

Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Tal marco regulatório tornou possível a participação do setor privado nas atividades de pesquisa, exploração, extração, refino, exportação, importação e distribuição de petróleo. Em 2007, várias décadas após a inauguração de uma refinaria privada no país, a refinaria Univen entraria em operação no estado de São Paulo com capacidade para processar 7.000 barris de petróleo por dia; em 2008, seria a vez da também privada Dax Oil ser inaugurada no estado Bahia, sendo capaz de processar em torno de 2.000 barris de petróleo por dia.

3.2.2 SITUAÇÃO ATUAL DA INDÚSTRIA DE REFINO BRASILEIRA

Atualmente, a capacidade de refino brasileira é de 2,1 milhões de barris de petróleo por dia. Entre 2001 e 2011, essa capacidade cresceu a uma taxa de 0,78% ao ano, crescimento extremamente reduzido que se justifica pela ausência de investimentos maciços destinados à indústria de refino em períodos anteriores. Desde que foram inauguradas, as unidades de refino brasileiras passaram por mudanças e atualizações que permitiram apenas incrementos marginais de suas capacidades de refino (TAVARES, 2005).

Das dezesseis refinarias em operação no Brasil, doze pertencem à Petrobras, o equivalente a 2,0 milhões de barris de petróleo por dia ou a 98% da capacidade nacional de refino. A essas, a Petrobras pretende adicionar quatro novas refinarias:

- Refinaria Abreu e Lima (RNEST): com capacidade nominal de refino de 230.000 barris de petróleo por dia, está prevista para entrar em operação em duas fases (primeiro trem com partida esperada para novembro de 2014 e segundo trem com partida esperada para maio de 2015);
- Comperj: o primeiro trem, com capacidade para 165.000 barris de petróleo por dia, já está em implantação e deve entrar em operação em abril de 2015. O segundo trem, com capacidade para 300.000 barris de petróleo por dia, ainda está sob avaliação da companhia e deve ser inaugurado em 2018;
- Refinaria Premium I: com o projeto ainda em avaliação pela Petrobras, a refinaria terá capacidade para refinar 600.000 barris de petróleo por dia a partir de 2017/2018;

- Refinaria Premium II: semelhantemente à Refinaria Premium I, a Refinaria Premium II ainda está sob avaliação da Petrobras. Com partida prevista para 2017/2018, a refinaria terá capacidade para 300.000 barris de petróleo por dia.

Abaixo, no Gráfico 3.5, é possível observar a evolução da capacidade brasileira de refino, em barris de petróleo por dia, desde 1997 até 2011, e as projeções feitas pela Petrobras com base no início previsto das novas refinarias. O fator de utilização é calculado em função da quantidade de petróleo efetivamente processada nas refinarias.

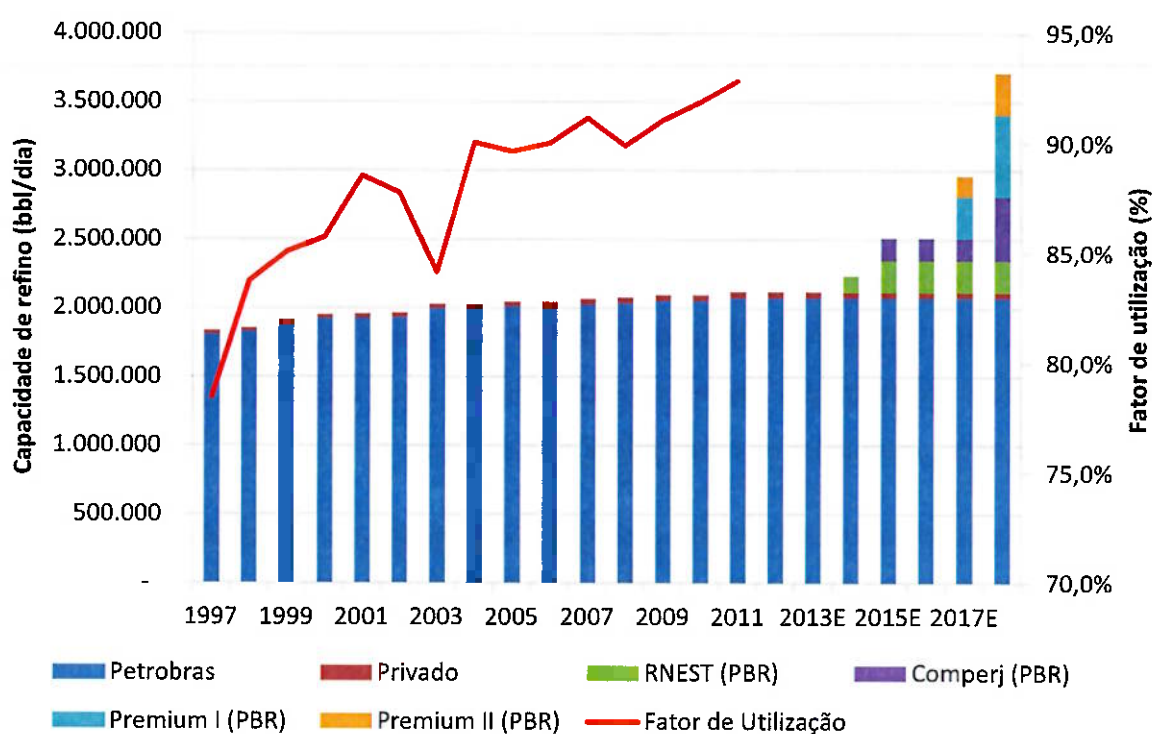


Gráfico 3.5 - Evolução da capacidade brasileira de refino, em barris de petróleo por dia (eixo à esquerda), e fator histórico de utilização das refinarias, em porcentagem da capacidade nominal (eixo à direita).

Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de ANP (2012) e Petrobras (2012).

Na próxima página, a Tabela 3.1 apresenta a evolução da capacidade de refino por refinaria brasileira.

Refinarias (Unidade da Federação)	Capacidade de refino (bbl/dia)														
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Total¹	1.833.606	1.852.475	1.913.361	1.950.471	1.956.760	1.961.968	2.027.068	2.027.068	2.044.050	2.044.050	2.063.549	2.076.600	2.092.639	2.092.639	2.115.855
Rio-grandense (RS)	12.580	12.580	12.580	12.580	12.580	16.982	16.982	16.982	16.982	16.982	16.982	16.982	16.982	16.982	17.014
Lubnor (CE)	6.290	6.290	6.290	6.290	6.290	6.290	6.290	6.290	6.919	6.919	6.919	8.177	8.177	8.177	8.177
Manguinhos (RJ)	10.001	10.001	13.838	13.838	13.838	13.838	13.838	13.838	13.838	13.838	13.838	13.838	13.838	13.838	13.838
RECAP (SP)	44.029	44.029	44.029	53.463	53.463	53.463	53.463	53.463	53.463	53.463	53.463	53.463	53.463	53.463	53.463
REDUC (RJ)	226.433	226.433	226.433	242.158	242.158	242.158	242.158	242.158	242.158	242.158	242.158	242.158	242.158	242.158	242.158
REFAP (RS)	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	201.274
REGAP (MG)	144.666	144.666	144.666	144.666	150.955	150.955	150.955	150.955	150.955	150.955	150.955	150.955	150.955	150.955	150.955
REMAN (AM)	14.026	14.026	45.916	45.916	45.916	45.916	45.916	45.916	45.916	45.916	45.916	45.916	45.916	45.916	45.916
REPAR (PR)	169.825	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	188.694	201.274	220.143	220.143	220.143	220.143
REPLAN (SP)	327.070	327.070	352.229	352.229	352.229	352.229	364.809	364.809	364.809	364.809	364.809	383.678	415.128	415.128	415.128
REVAP (SP)	213.854	213.854	213.854	225.804	225.804	226.433	251.592	251.592	251.592	251.592	251.592	251.592	251.592	251.592	251.592
RLAM (BA)	306.314	306.314	306.314	306.314	306.314	295.621	322.982	322.982	322.982	322.982	322.982	295.307	279.897	279.897	279.897
RPBC (SP)	169.825	169.825	169.825	169.825	169.825	169.825	169.825	169.825	169.825	169.825	169.825	169.825	169.825	169.825	169.825
RPC (RN)	-	-	-	-	-	10.869	10.869	10.869	27.222	27.222	27.222	27.222	27.222	27.222	35.223
Univen (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.919	6.919	6.919	6.919	9.158
Dax Oil (BA)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.730	1.730	1.730	2.095
RNEST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comperj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Premium I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Premium II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total¹ (bbl/dia-calendário)	1.741.926	1.759.851	1.817.693	1.852.947	1.858.922	1.863.870	1.925.714	1.925.714	1.941.848	1.941.848	1.960.371	1.972.770	1.988.007	1.988.007	2.010.062
Fator de Utilização² (%)	78,4	83,7	85,1	85,7	88,5	87,7	84,1	90,0	89,6	90,0	91,1	89,9	91,1	91,9	92,8

Tabela 3.1 - Evolução da capacidade de refino, em barris de petróleo por dia, por refinaria brasileira.

Fonte: ANP (2012).

¹ Capacidade nominal em bbl/dia.² Capacidade de refino calendário-dia, considerando-se o fator médio de 95%.³ Fator de utilização das refinarias, considerando o petróleo processado no ano.

Um aspecto interessante de algumas refinarias brasileiras é a sua localização próxima aos maiores centros consumidores, fato que permite uma minimização dos custos logísticos de distribuição dos combustíveis refinados e um acesso mais rápido a esses centros. Outro aspecto importante é que as refinarias foram instaladas, em sua maioria, na região Sudeste, próximas aos principais centros produtores de petróleo no Brasil, a fim de maximizar possíveis economias de escala na atividade do refino.

A Figura 3.1 permite uma visualização da distribuição espacial das refinarias no território brasileiro.



Figura 3.1 - Mapa de localização das refinarias e centrais petroquímicas do Brasil.

Fonte: SINDICOM (2012).

3.2.3 PERFIL DE PRODUÇÃO DAS REFINARIAS BRASILEIRAS

Nos últimos dez anos, o perfil de produção das refinarias brasileiras pouco se alterou. Óleo diesel, gasolina A e óleo combustível destacam-se como os principais derivados produzidos, representando 71,9% da produção total desde 2000. O Gráfico 3.6 apresenta o comportamento da produção brasileira de derivados de petróleo por produto.

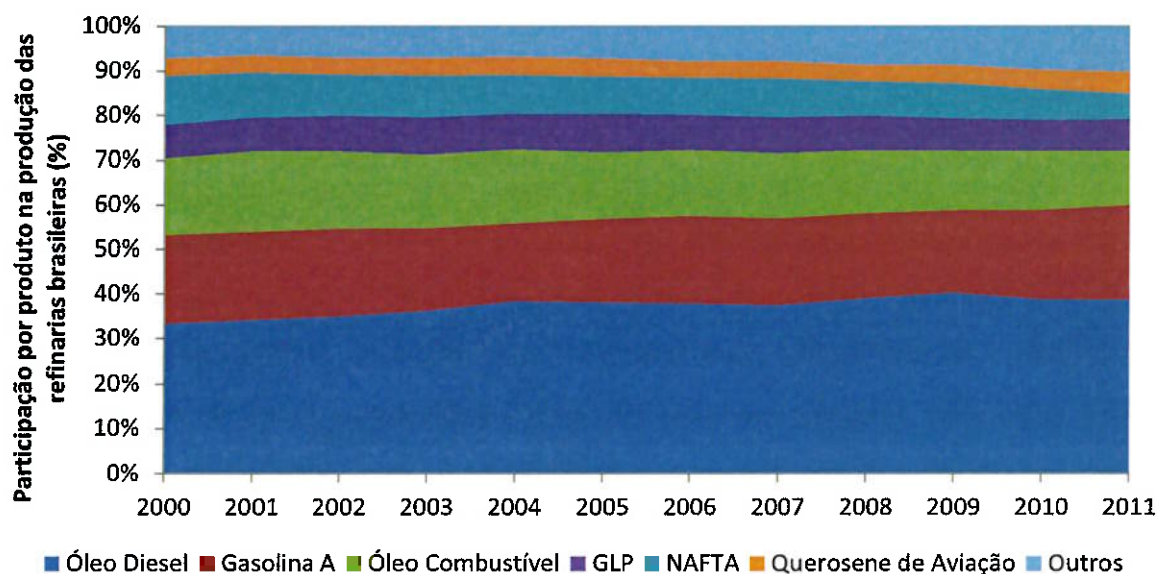


Gráfico 3.6 - Evolução do perfil de produção das refinarias brasileiras, por produto.

Fonte: ANP (2012).

Entre 2000 e 2010, a produção nacional de derivados de petróleo cresceu, em volume, 14,8%, o que equivale a uma taxa de crescimento anual de 1,4% no período. Tal crescimento é a razão pelo aumento do fator de utilização das refinarias brasileiras, como mostrado no Gráfico 3.5, dada a reduzida expansão de suas capacidades nominais de processamento no mesmo período.

A produção do principal derivado de petróleo, o óleo diesel, cresceu, em volume, 33,8% entre 2000 e 2010, ou 3,0% ao ano no período, em linha com o crescimento do consumo de 33,5% ou 2,9% ao ano no período. No Brasil, o óleo diesel tem sua principal aplicação no setor de transportes, que entre 2000 e 2010 foi responsável em média por 78,0% do consumo, dos quais 96,8% devem-se ao transporte rodoviário, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (2011).

O derivado do petróleo essencial à preparação da gasolina automotiva, a gasolina A, sofreu um aumento no volume produzido pelas refinarias brasileiras de 15,8% entre 2000 e 2010, ou 1,5% ao ano no período, em uma tentativa frustrada de acompanhar o crescimento do consumo. Nos mesmos dez anos, o consumo de gasolina cresceu 32,5%, ou 2,9% ao ano no período – consumo esse que se deve de maneira praticamente exclusiva ao transporte rodoviário, responsável, na média dos últimos 10 anos, por 99,6% do consumo de gasolina segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2011).

É interessante notar que, entre 2000 e 2010, a produção de óleo combustível sofreu uma redução, em volume, de 13,6%, ou 1,4% ao ano no período. Sendo composto por partes remanescentes da destilação das frações do petróleo, o óleo combustível é, por natureza, um óleo pesado majoritariamente utilizado na indústria para o aquecimento de fornos e caldeiras. No entanto, dados da Empresa de Pesquisa Energética (2011) apontam para uma redução do uso de óleo combustível pelo setor industrial, em volume, de 54,3% ou 7,5% ao ano no período entre 2000 e 2010 – fato potencialmente explicado pelo rápido crescimento, em volume, do consumo de gás natural pela indústria no mesmo período: 141,7% ou 9,2% ao ano.

O Gráfico 3.7 permite a visualização da produção de derivados de petróleo por refinarias brasileiras em volumes absolutos (barris).

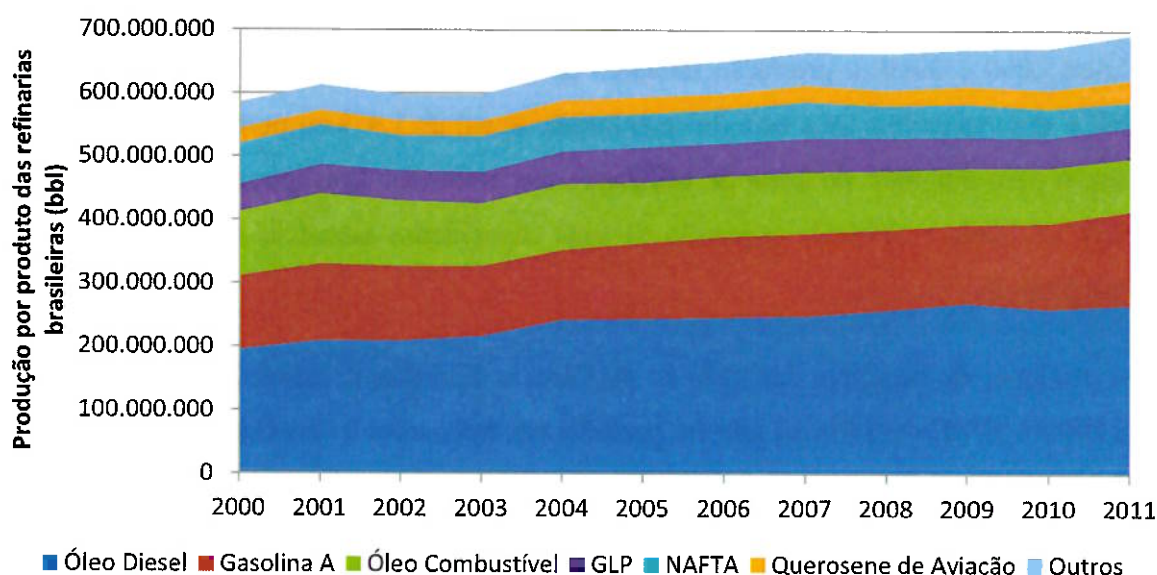


Gráfico 3.7 – Produção de derivados de petróleo pelas refinarias brasileiras por produto, em barris.

Fonte: ANP (2012).

3.3 EVOLUÇÃO DO MERCADO BRASILEIRO DE ETANOL

Como veremos adiante, a infraestrutura energética brasileira no setor de transporte tem características únicas. Em praticamente nenhum outro país a energia gerada por fontes renováveis tem participação tão expressiva no setor de transportes, em particular no caso do uso de etanol como combustível pela frota de veículos. Segundo dados da União da Indústria de Cana-de-Açúcar, o consumo total de etanol (etanol anidro mais etanol hidratado) foi superior, em volume, ao consumo de gasolina A (sem adição de etanol anidro) em dezesseis dos últimos quarenta e um meses (UNICA, 2012).

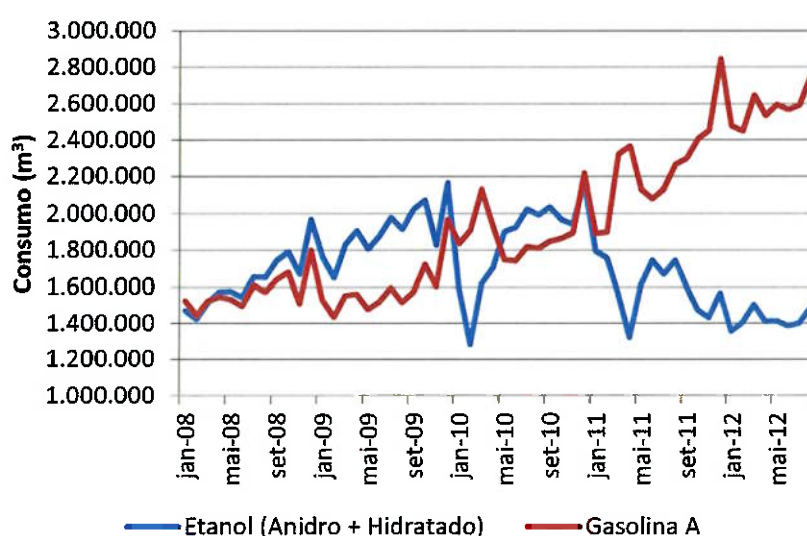


Gráfico 3.8 - Consumo total de etanol (anidro e hidratado) e de gasolina A.

Fonte: ÚNICA (2012).

Nos últimos anos, à exceção das safras de 2009/2010 e de 2011/2012, a produção brasileira de etanol apresentou uma tendência clara de crescimento. Entre as safras de 2000/2001 e 2011/2012, foi constatado um aumento na produção de 114,2%, ou 7,2% ao ano no período. A partir introdução dos veículos *flex-fuel*, a demanda de etanol pelo mercado brasileiro de combustíveis cresceu aceleradamente, dada a competitividade em termos de custo-benefício observada em determinados períodos do passado recente.

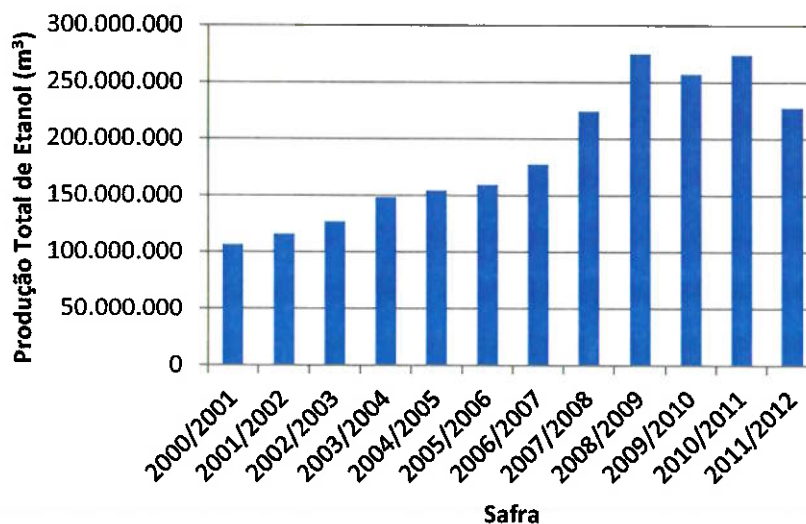


Gráfico 3.9 - Produção total de etanol (anidro e hidratado).

Fonte: ÚNICA (2012).

Desde a criação do Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool), o Governo brasileiro tornou obrigatória a mistura de etanol na gasolina, embora o teor mínimo exigido pela legislação tenha variado com o decorrer do tempo. Com o controle da mistura em suas mãos, o Governo detém uma ferramenta macroeconômica importante, na medida em que pode aumentar ou reduzir o teor mínimo de etanol em função da capacidade de produção das usinas, das quebras de safra, do preço do petróleo e do outros fatores.

Entre 1979 e 1985, o Governo brasileiro limitou o preço do etanol a 65% do preço da gasolina, tornando-o extremamente competitivo para os consumidores. Tal fato, adicionado ao crescimento acelerado da frota movida unicamente a álcool e a uma valorização do açúcar nos mercados internacionais, levou a um desequilíbrio entre a oferta e a demanda de etanol. Como o mercado não podia responder – por lei – via um aumento de preços, essa situação levou a uma evidente ruptura de estoque do combustível⁵ e ao término do Pró-Álcool no início na década de 90.

Entre 1990 e 2003, o mercado brasileiro de etanol limitou-se às quantidades mínimas exigidas por lei na gasolina e à demanda da frota remanescente de veículos movidos a álcool.

⁵ http://veja.abril.com.br/arquivo_veja/capa_24051989.shtml

Em 1993, o Governo brasileiro havia fixado, através da Lei N° 8.723⁶ de 28 de outubro de 1993, em 23% o percentual obrigatório de adição de etanol anidro combustível à gasolina.

No entanto, em 2003, a chegada da tecnologia *flex-fuel* alterou radicalmente o mercado brasileiro de veículos e, conseqüentemente, o mercado de combustíveis. Segundo dados da ANFAVEA (2011), em 2005 o número de veículos *flex-fuel* licenciados já havia ultrapassado o licenciamento de veículos movidos unicamente à gasolina – em pouco tempo, uma parcela importante da frota brasileira de veículos tornou-se capaz de utilizar etanol ou gasolina como combustível de maneira totalmente equivalente.

Assim, os consumidores passaram a responder às flutuações dos preços dos combustíveis, podendo optar diariamente pela fonte que se mostrasse mais vantajosa. Essas novas condições levaram ao estabelecimento de uma importante relação entre os mercados de gasolina e de etanol, uma vez que impactos no preço e na disponibilidade de um dos tipos de combustível poderiam acarretar em aumento ou em diminuição da demanda pelo outro tipo.

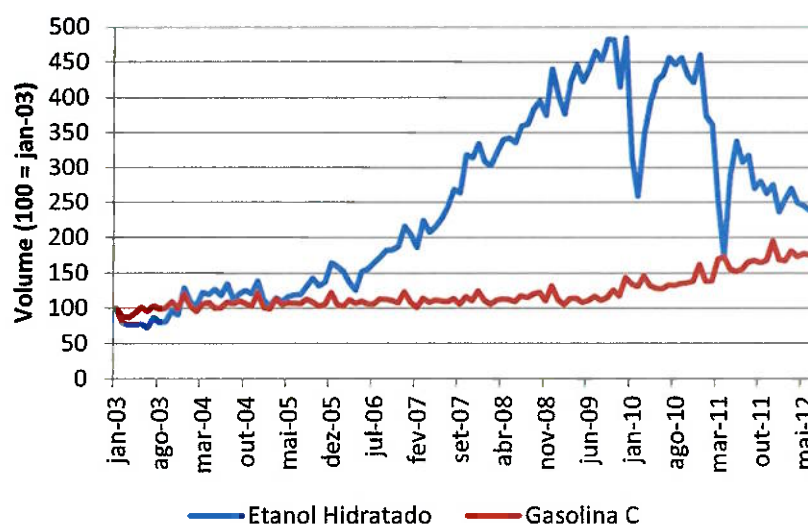


Gráfico 3.10 - Crescimento dos volumes consumidos de Etanol Hidratado e de Gasolina C, com base em Janeiro de 2003.

Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de ÚNICA (2012).

No Gráfico 3.10, é possível observar a rápida aceitação do etanol como combustível após introdução dos veículos *flex-fuel*. Tomando como base os volumes consumidos em janeiro de 2003, é fácil notar um crescimento mais acelerado da demanda de álcool quando comparado ao crescimento da demanda de gasolina.

⁶ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8723.htm

3.4 HISTÓRICO E PERFIL DA DEMANDA

No Brasil, a ANP e o SINDICOM definem como combustíveis os seguintes produtos:

- Óleo diesel;
- Gasolinas (gasolina C e gasolina de aviação);
- Etanol hidratado;
- Querosenes (querosene de aviação e querosene iluminante);
- Óleo combustível;
- Gás natural veicular.

Tais produtos são utilizados majoritariamente pelo setor de transportes, que inclui as categorias automotivo, transportador e aviação, e representa uma grande parte do consumo brasileiro de energia: em 2010, ele foi responsável por 28,8% do consumo total, participação essa não muito distante da média de 27,3% observada entre 2000 e 2010 (EPE, 2011).

O Gráfico 3.11 mostra a evolução do consumo final de energia por setor no Brasil, em milhares de toneladas equivalentes de petróleo. A categoria Outros inclui, em ordem decrescente de relevância, os setores energético, agropecuário, comercial e público.

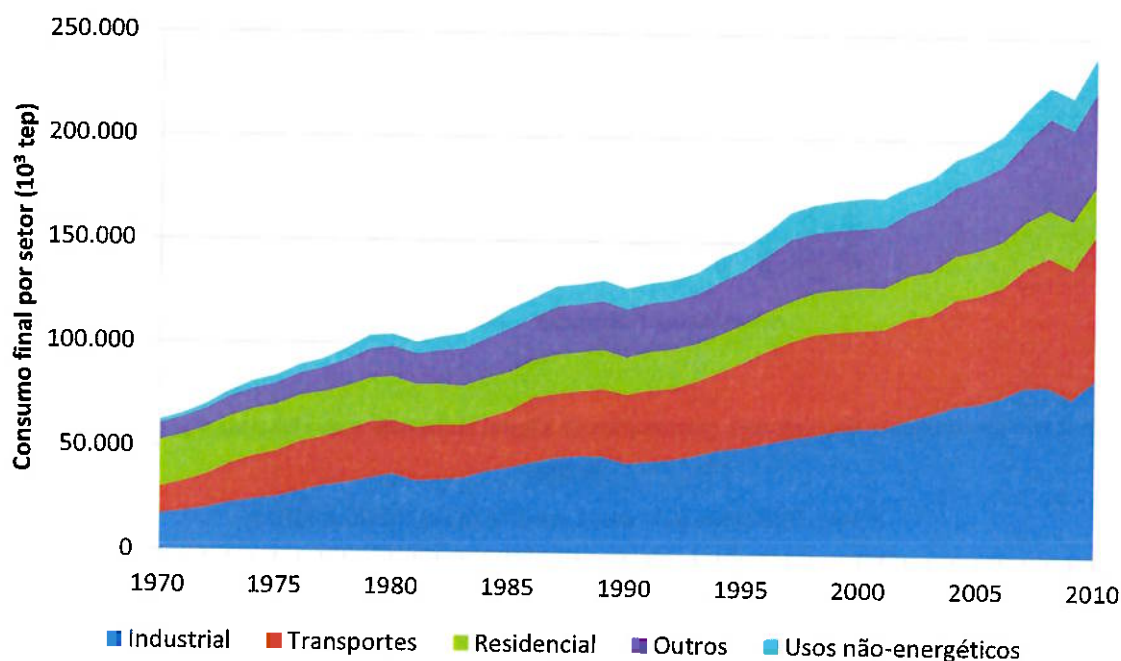


Gráfico 3.11 - Consumo final de energia por setor, em milhares de toneladas equivalentes de petróleo (10^3 tep).

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2011).

Nesse mesmo período de 2000 a 2010, o consumo de energia pelos transportes cresceu, em medidas equivalentes de petróleo, 46,5%, ou 3,9% ao ano. Tal crescimento mostra-se significativo quando comparado ao crescimento de 40,0%, ou 3,4% ao ano, do consumo pelo setor industrial, esse último responsável por 36,6% do consumo total na média de 2000 a 2010.

Assim, fica evidente a parcela significativa do consumo de energia no país atribuída ao setor de transportes, sendo muito provável que sua importância relativa mantenha a tendência de crescimento apresentada até o momento.

Dados do consumo final de derivados de petróleo e gás natural por setor também apontam para uma participação elevada do setor de transportes, como pode ser observado no Gráfico 3.12.

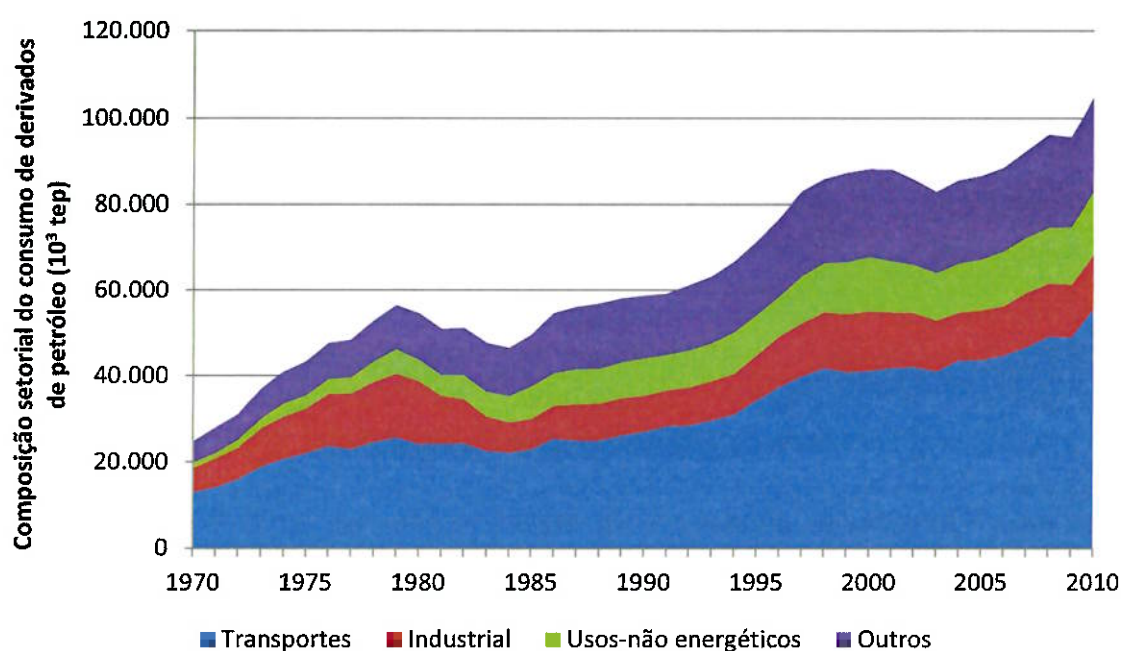


Gráfico 3.12 - Consumo final de derivados de petróleo por setor, em milhares de toneladas equivalentes de petróleo (10^3 tep).

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2011).

Entre 2000 e 2010, o consumo desse tipo de energia pelo setor de transportes cresceu, em medidas equivalentes de petróleo, 34,7%, ou 3,0% ao ano no período, contra um crescimento menos expressivo de 18,6%, ou 1,7% ao ano, do consumo total da energia gerada por essa fonte. Tais fatos levaram a um aumento significativo da importância relativa do setor de transportes, que em 2000 era responsável por 46,7% do consumo, passando a 53,1% em 2010.

No Gráfico 3.13, é possível observar a evolução do consumo de energia pelo setor de transportes por fonte de energia. Em medidas equivalentes de petróleo, o consumo de álcool pelo setor cresceu 7,5% ao ano entre 2000 e 2010, uma taxa de crescimento expressiva se comparado ao crescimento de 2,8% ao ano de crescimento do consumo de gasolina automotiva e de 3,4% ao ano de crescimento do consumo de óleo diesel.

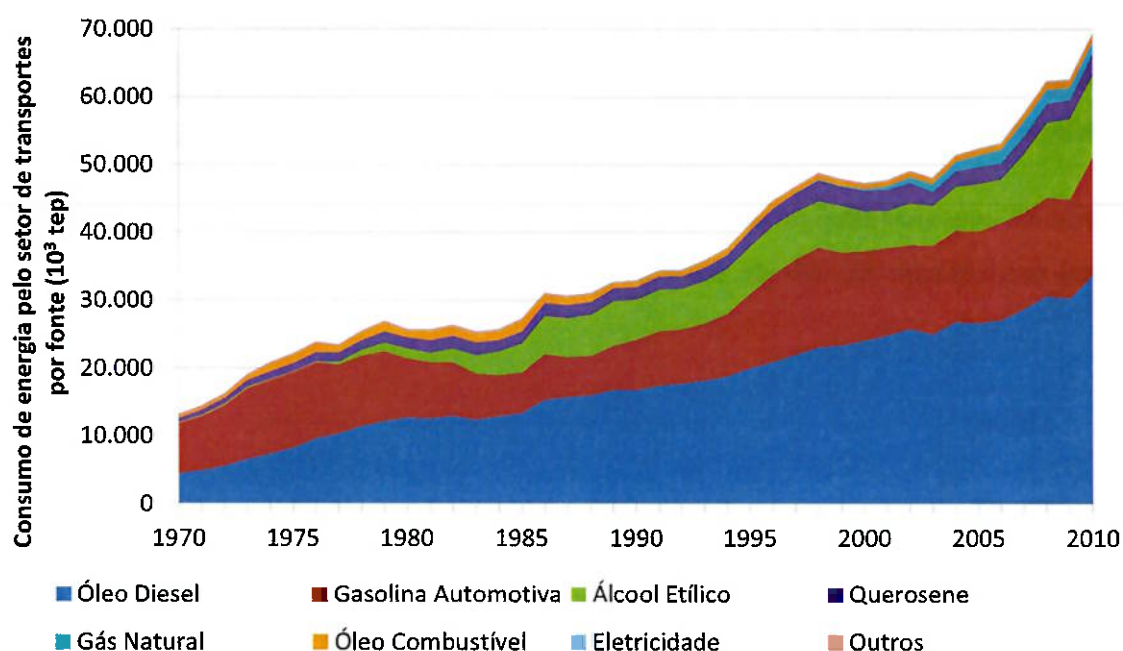


Gráfico 3.13 - Consumo de energia pelo setor de transportes, em milhares de toneladas equivalentes de petróleo (10³ tep).

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2011).

Com uma estimativa de faturamento de R\$240 bilhões em 2011, o mercado total de combustíveis atingiu a marca de aproximadamente 122 bilhões de litros vendidos pelas distribuidoras, o que representa um crescimento em volume de 3,6% em relação ao ano de 2010 (ANP, 2012).

O combustível mais representativo para o setor de transportes, o óleo diesel, apresentou um crescimento do consumo de 48,7% entre 2000 e 2011, equivalente a um crescimento de 3,7% ao ano no período. No entanto, entre 2009 e 2011, esse crescimento foi mais acelerado do que o crescimento observado entre 2000 e 2008: 8,6% ao ano contra 2,4% ao ano, respectivamente. O Gráfico 3.14 apresenta o consumo histórico mensal do óleo diesel no Brasil.

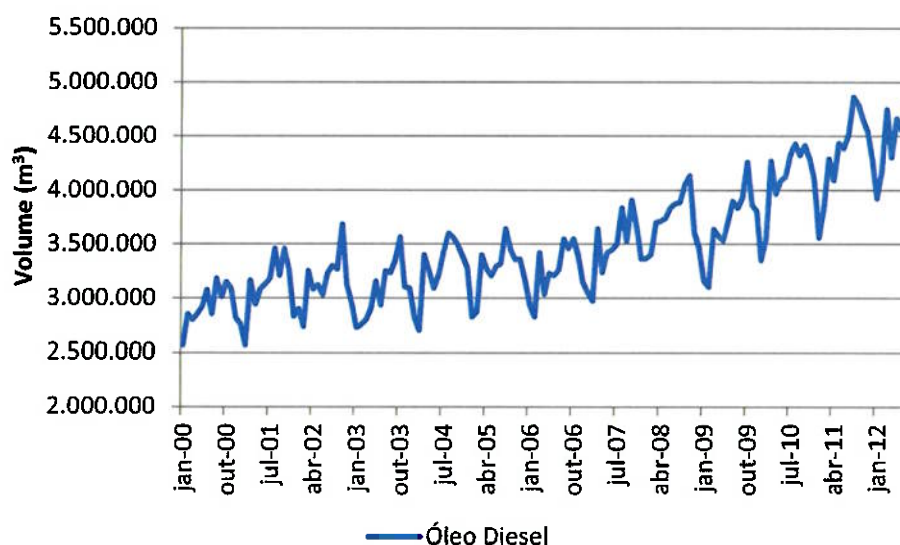


Gráfico 3.14 - Histórico do consumo mensal de óleo diesel, em metros cúbicos (m³).

Fonte: ANP (2012).

Entre 2000 e 2011, o volume de gasolina C consumido no Brasil cresceu 56,8%, ou 4,2% ao ano no período. Até junho de 2012, o volume vendido pelas distribuidoras totalizou 22,3 milhões de litros, ou 62,7% do total de 2011, indicando que o ano de 2012 provavelmente terminará com um aumento expressivo do consumo de gasolina.

É interessante notar que, assim como no caso do óleo diesel, o consumo de gasolina C no Brasil cresceu em um ritmo muito mais acelerado entre 2009 e 2011 do que no período compreendido entre 2000 e 2008: 18,1% ao ano contra 1,3%. O Gráfico 3.15 mostra o consumo mensal histórico de gasolina C no país para o período entre janeiro de 2000 e julho de 2012.

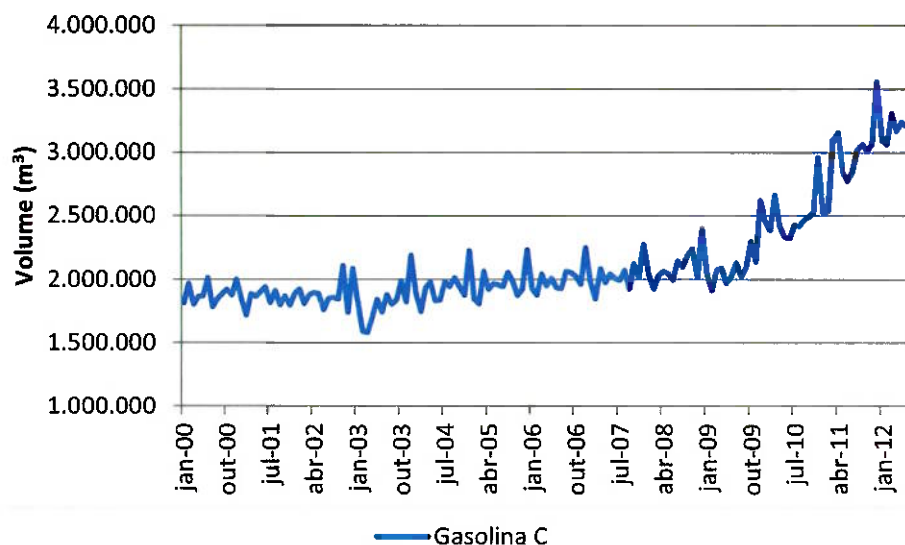


Gráfico 3.15 - Histórico do consumo mensal de gasolina C, em metros cúbicos (m³).

Fonte: ANP (2012).

Uma análise mais detalhada do consumo revela um comportamento sazonal importante: os volumes mensais vendidos pelas distribuidoras oscilam segundo um padrão relativamente estável. No início do ano, em janeiro e em fevereiro, observa-se uma desaceleração do consumo, seguida de um aumento no mês de março; nos meses de abril, maio e junho há uma nova redução do volume demandado e um posterior aumento nos meses de julho, agosto, setembro e outubro; finalmente, em novembro, o consumo tende a diminuir novamente antes de aumentar no mês de dezembro.

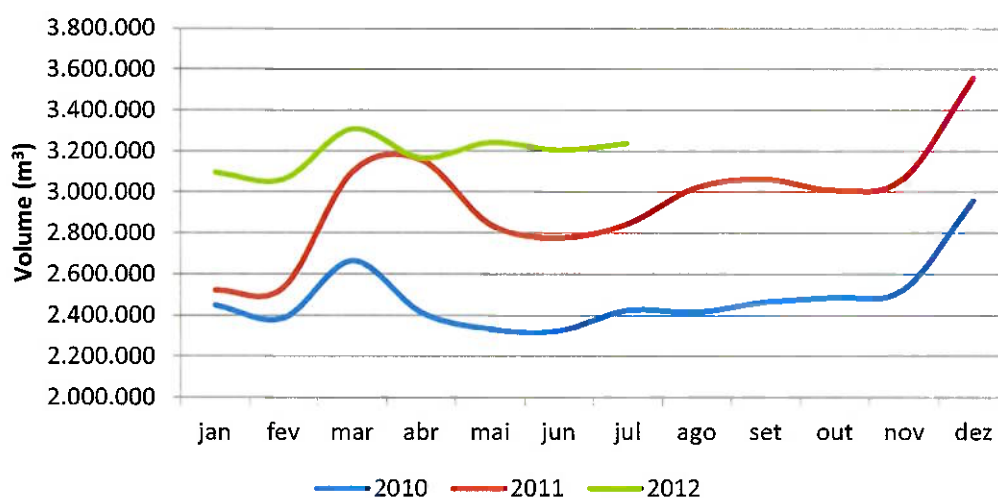


Gráfico 3.16 - Comportamento sazonal do consumo de gasolina C.

Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de ANP (2012).

No caso do etanol hidratado, o volume consumido mensalmente no Brasil cresceu 136,8%, ou 8,2% ao ano no período entre 2000 e 2011. No entanto, desde julho de 2009, esse volume vem sofrendo uma acelerada redução dada a não competitividade do etanol nos atuais níveis de preço.

Segundo dados da ANP, 1 barril de etanol é equivalente a 0,58 barril equivalente de petróleo, enquanto que 1 barril de gasolina C é equivalente a 0,83 barril equivalente de petróleo. Ou seja, o etanol é competitivo quando:

$$\frac{P_{etan}}{P_{gas}} \leq \frac{0,58}{0,83} = 0,70 \quad \text{Eq. 3.1}$$

De fato, ao se observar o consumo de etanol hidratado nos últimos anos, é possível notar que, quando o preço do etanol excede o valor limite imposto pelo preço da gasolina, ocorre uma drástica redução do seu consumo.

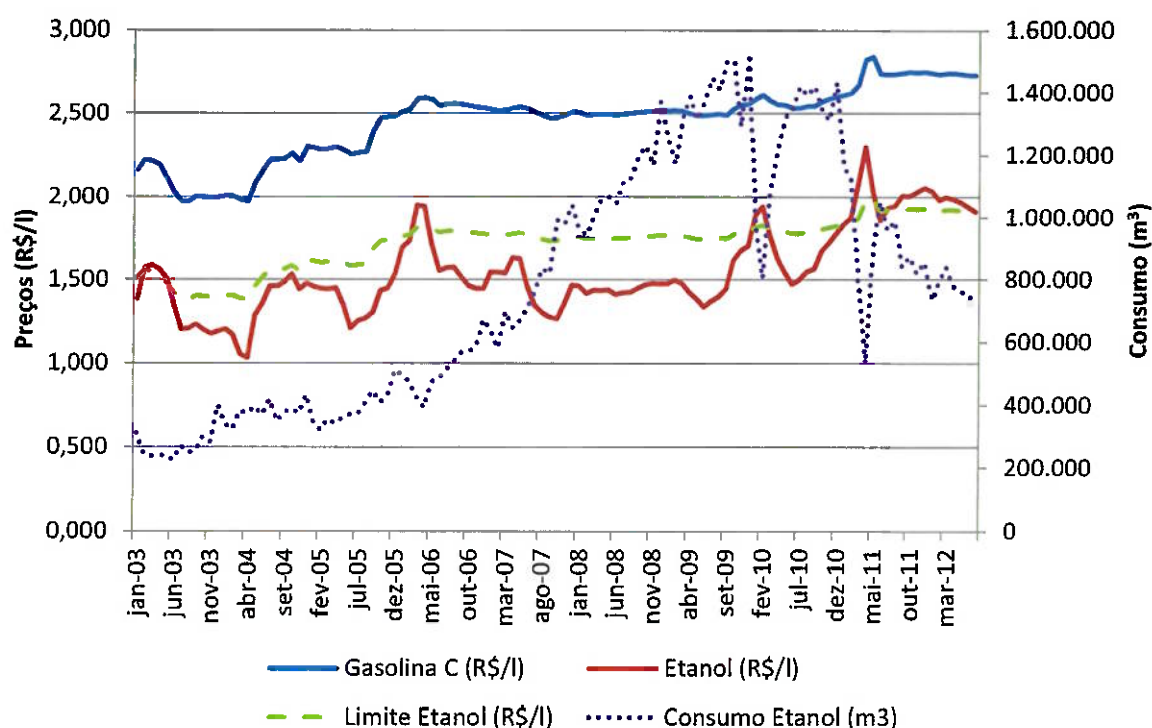


Gráfico 3.17 - Consumo de etanol como combustível automotivo e níveis de preços da gasolina e do etanol.

Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de ANP (2012).

Em 2009, 2011 e, mais recentemente, no início de 2012, o preço do etanol hidratado ultrapassou o limite de atratividade, o que levou a reduções do consumo como evidenciado no Gráfico 3.17.

3.5 ESTRUTURA E PRINCIPAIS PARTICIPANTES

No Brasil, o fluxo de combustíveis percorre três fases distintas antes de chegar aos consumidores finais: a produção, a distribuição e a revenda.

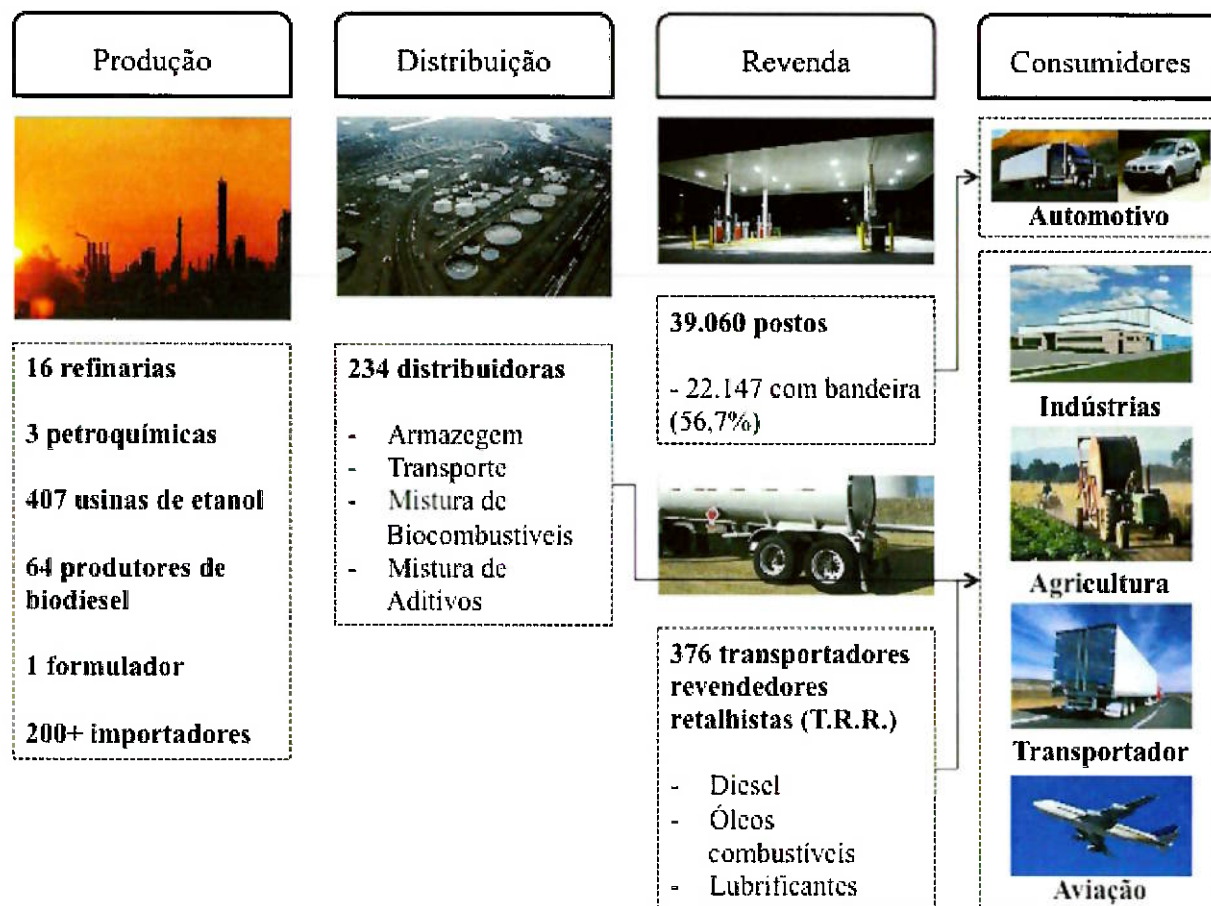


Figura 3.2 - Estrutura do setor de combustíveis.

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de SINDICOM (2012) e ANP (2012).

A produção dos combustíveis derivados de petróleo, como já amplamente discutido no presente trabalho, é feita majoritariamente pelas dezesseis refinarias nacionais. Outros agentes, como as petroquímicas, contribuem com produções em menores escalas de gasolina.

Os bicomcombustíveis, como o etanol e o biodiesel, são fabricados por produtores especializados. Atualmente, quatrocentas e sete usinas de etanol processam a cana-de-açúcar a fim de produzir o etanol que será misturado à gasolina no forma de etanol anidro ou que será ofertado como combustível diretamente aos consumidores na forma de etanol hidratado.

Contribuem também para o volume de combustíveis ofertado as centenas de importadores ativos no país. Devido ao acelerado crescimento da demanda por gasolina num passado

recente e ao não acompanhamento do mesmo por parte da cadeia produtora brasileira, os importadores passaram a assumir uma participação importante na garantia do suprimento do mercado nacional: só no período de agosto de 2011 a julho de 2012, o volume importado de gasolina foi 162,5% maior do que o volume importado entre janeiro de 2000 e julho de 2011, segundo dados da ANP (2012).

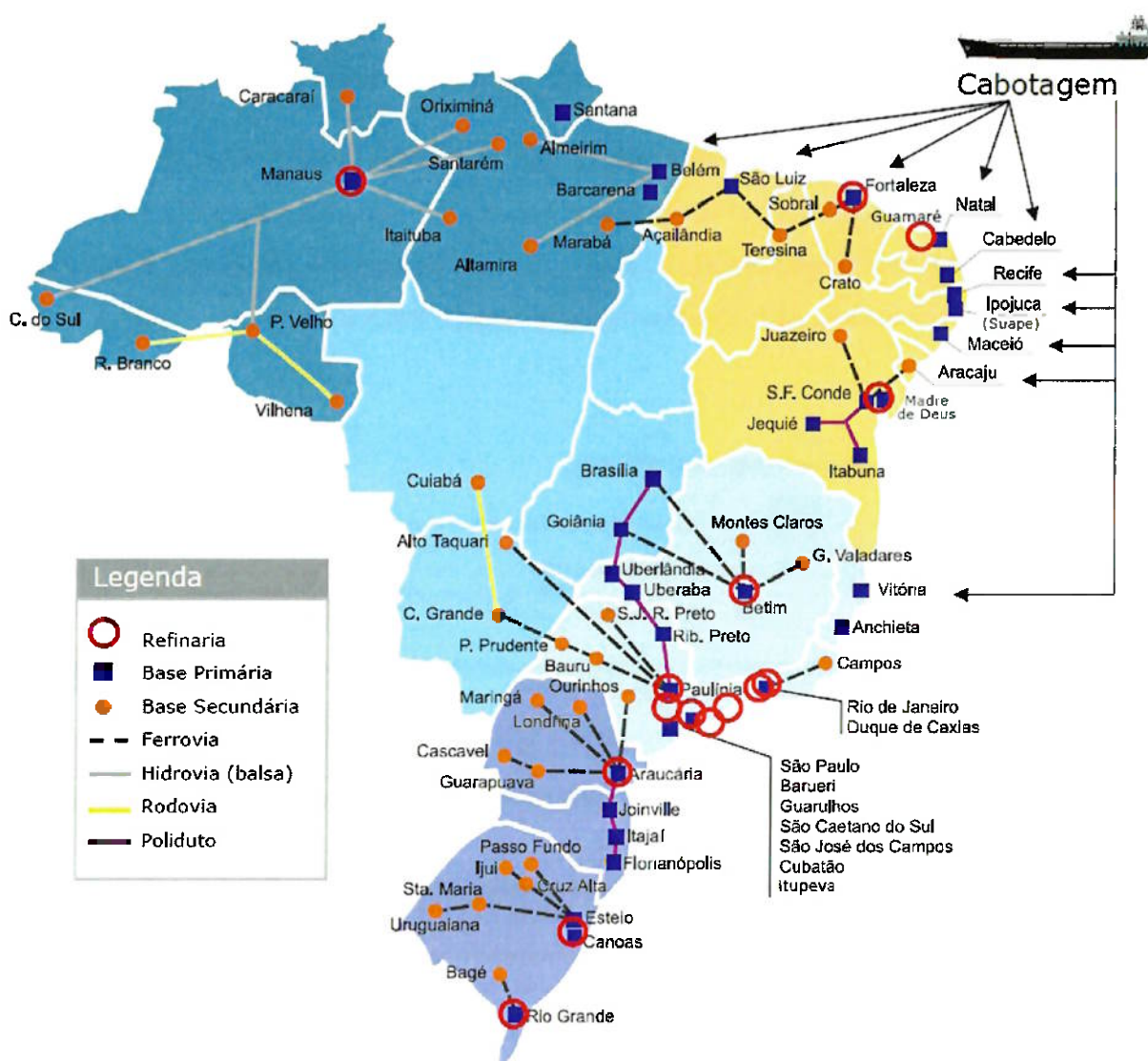


Figura 3.3 - Logística da distribuição de combustíveis.

Fonte: SINDICOM (2012).

A fase da distribuição dos combustíveis é realizada pelas duzentas e trinta e quatro distribuidoras ativas no país. Essas distribuidoras fazem a armazenagem e o transporte dos combustíveis, além de efetuarem a mistura de aditivos (nos casos da gasolina, do diesel e do etanol) e a mistura de bicompostíveis (no caso do biodiesel no diesel e do etanol anidro na gasolina A). Devido ao seu elevado consumo, alguns setores da economia, como indústrias,

agricultura, transportes e aviação, podem ser atendidos diretamente pelas distribuidoras. No Brasil, a logística da distribuição de combustíveis mobiliza diversos meios de transporte e permite o acesso às mais de duzentas e setenta bases de distribuição espalhadas em torno de setenta cidades brasileiras.

Finalmente, o conjunto de 39.060 estações de serviços automotivos (postos) e de 376 transportadores revendedores retalhistas (TRR) garante o restante do atendimento aos consumidores.

Um fato interessante de ser observado é que, nos últimos vinte anos, o mercado de combustíveis brasileiro passou por um processo contínuo de consolidação: entre 1990 e 2011, as oito maiores revendedoras se reorganizaram e, através de fusões e aquisições, reduziram-se a quatro (BR Distribuidora, ALE Combustíveis, Ipiranga e Raízen).

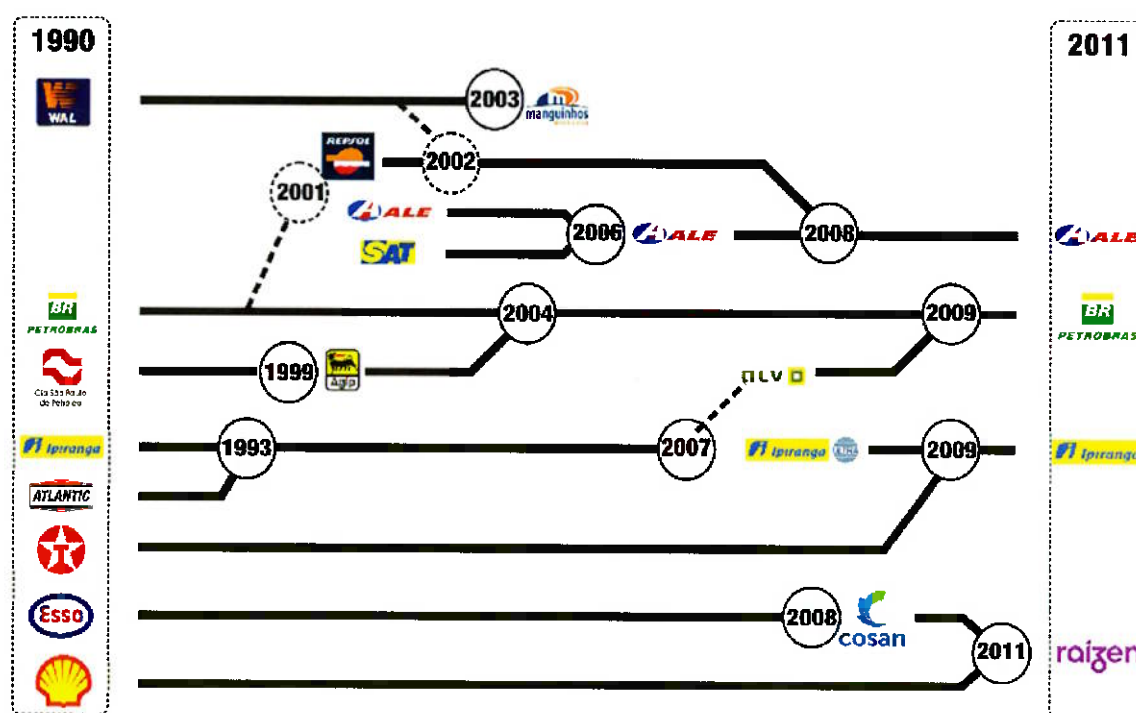


Figura 3.4 - Consolidação na distribuição de combustíveis.

Fonte: SINDICOM (2012).

Esse processo de consolidação levou a uma concentração das participações de mercado em um menor número de empresas: se em junho de 2008 as quatro maiores do mercado de gasolina automotiva eram responsáveis por 62,1% do volume vendido, em junho de 2012 essa participação passou para 73,7%, um aumento de 11,6% em apenas quatro anos.

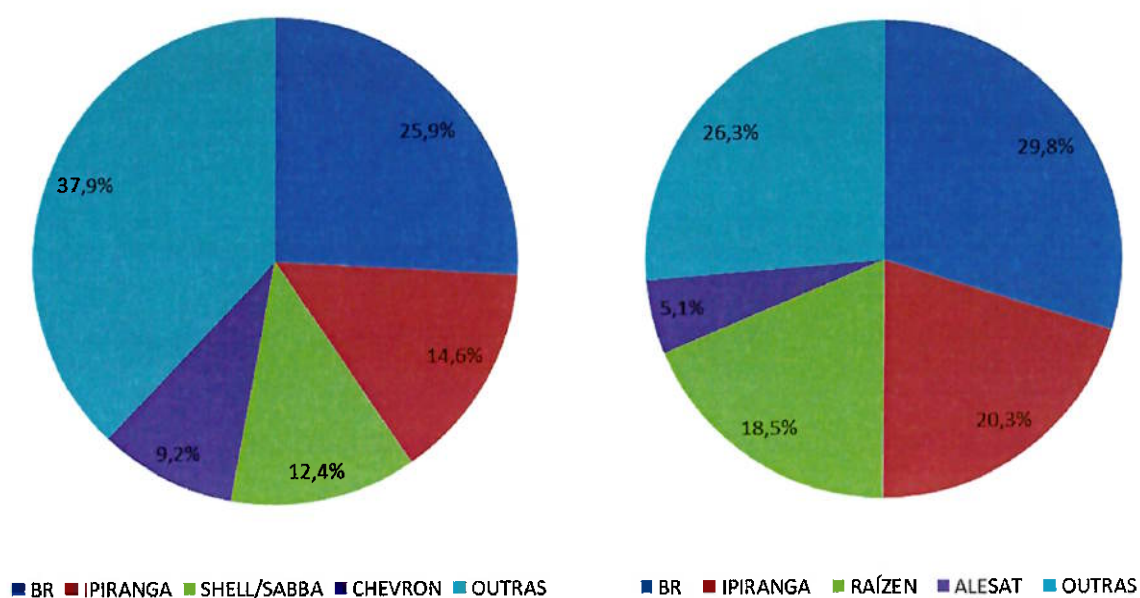


Gráfico 3.18 - Evolução da participação das quatro maiores distribuidoras no mercado de Gasolina C: o gráfico à esquerda mostra a situação em junho de 2008 e o gráfico à direita, a situação em junho de 2012.

4 MODELOS APLICADOS AO MERCADO BRASILEIRO DE GASOLINA C

4.1 HIPÓTESES E VARIÁVEIS EXPLICATIVAS

4.1.1 *PREÇO DOS DERIVADOS DE PETRÓLEO E DE PRODUTOS SUBSTITUTOS*

Como discutido no Capítulo 2, diversos estudos procuraram determinar a elasticidade-preço da demanda por diferentes derivados de petróleo com o intuito de desenvolver modelos de consumo com uma melhor capacidade preditiva.

Pedregal et al. (2009) chegaram à conclusão de que os níveis de preços são fatores importantes na determinação do volume consumido, e que, conforme naturalmente esperado, uma elevação dos níveis de preços leva a uma redução da demanda.

No presente estudo, duas séries de preços foram utilizadas como fatores explicativos para o consumo de gasolina automotiva no Brasil: gasolina e etanol.

No Brasil, diesel e gasolina são fontes de energia para diferentes classes de veículos: o diesel é a fonte primária e praticamente exclusiva de energia para veículos de grande porte, como caminhões, ao passo em que a gasolina alimenta a grande maioria dos veículos de passeio. Assim, dada a não existência de uma possibilidade de substituição entre a gasolina e o diesel, espera-se que os níveis de preços de diesel não afetem a demanda por gasolina – e por essa razão os níveis de preços de óleo diesel não foram levados em consideração nas análises desenvolvidas.

De maneira análoga, mas inversa, espera-se que as variações nos níveis de preço do etanol exerçam influência sobre a demanda por gasolina – uma hipótese que se justificaria pela existência de equivalência no uso desses produtos com a introdução dos veículos *flex-fuel*. A substituição de um combustível pelo outro se tornou facilmente possível após o crescimento praticamente exponencial da frota de veículos bicom bustíveis de fábrica.

Assim, um aumento nos preços de etanol deve levar a um aumento da demanda por gasolina, especialmente a partir do ponto em que a gasolina passa a ser mais competitiva sob uma análise de capacidade energética.

O Gráfico 4.1 mostra a evolução dos preços dos principais combustíveis vendidos pelas distribuidoras de janeiro de 2003 a junho de 2012.

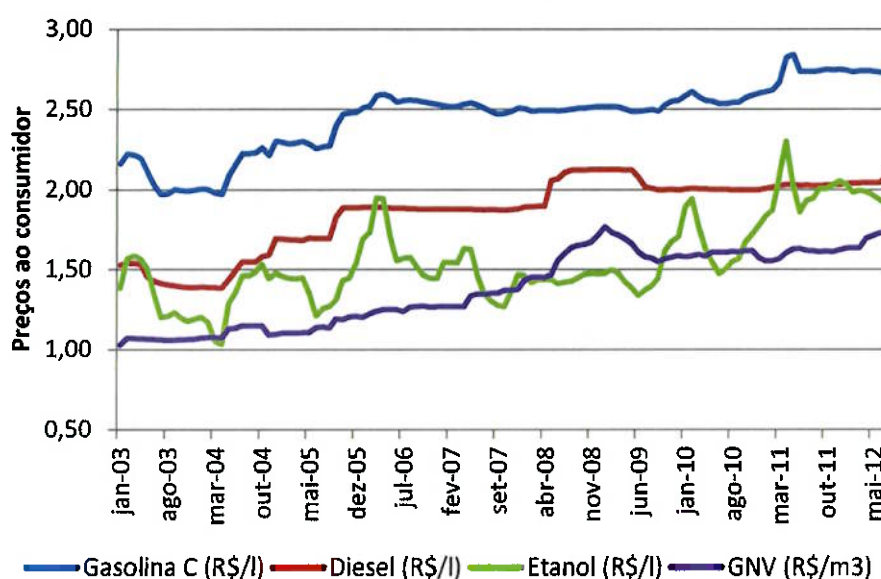


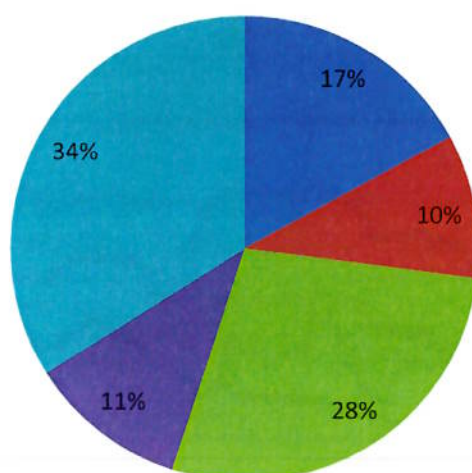
Gráfico 4.1 - Preços de combustíveis ao consumidor.

Fonte: ANP (2012).

Nota-se claramente um comportamento mais volátil e cíclico do preço do etanol em relação aos preços dos demais combustíveis, fato possivelmente explicado pelas incertezas e pela sazonalidade atreladas à produção da cana-de-açúcar.

Um aspecto interessante a ser mencionado são as estruturas de formação dos preços dos combustíveis veiculares, fortemente impactados pela intervenção governamental. Atualmente, como parte da política econômica de metas de inflação, os preços da gasolina e do diesel estão praticamente congelados nas refinarias da Petrobras, mesmo que essa última incorra em perdas ao vender os produtos refinados no Brasil. Segundo dados da Petrobras (2012), o *crack spread*, ou a diferença entre o preço de um barril de derivados de petróleo e o preço do próprio barril de petróleo, é negativo para a empresa nos atuais níveis de preços – ou seja, a Petrobras tem um enorme prejuízo ao refinar petróleo e vender derivados como diesel e gasolina no mercado interno.

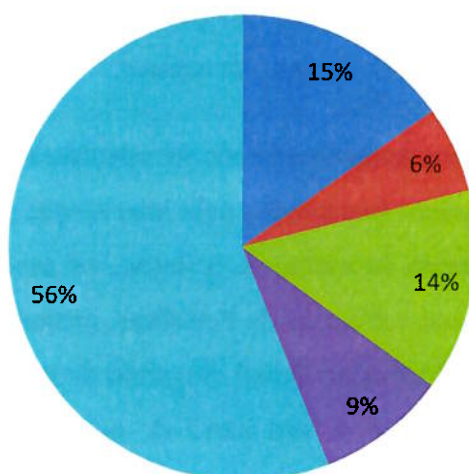
Segundo a Petrobras (2012), com base em dados de maio de 2012, os preços da gasolina C e do diesel ao consumidor são basicamente compostos por cinco fatores, como mostrado no Gráfico 4.2 e no Gráfico 4.3:



■ Distribuição e revenda ■ Custo do Etanol Anidro
 ■ ICMS ■ CIDE, PIS/PASEP e COFINS
 ■ Realização Petrobras

Gráfico 4.2 - Composição do preço da gasolina C.

Fonte: Petrobras (2012).



■ Distribuição e revenda ■ Custo do Biodiesel
 ■ ICMS ■ CIDE, PIS/PASEP e COFINS
 ■ Realização Petrobras

Gráfico 4.3 - Composição do preço do diesel.

Fonte: Petrobras (2012).

4.1.2 FROTA DE VEÍCULOS

Conforme discutido na revisão bibliográfica, diversos pesquisadores, ao tentarem modelar o consumo de derivados de petróleo, incluíram em seus modelos a frota de veículos circulante como um fator explicativo.

Essa associação entre o consumo de derivados e a frota de veículos é natural, mas também se justifica pela representatividade do consumo energético pelo setor de transportes. No Brasil, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (2011), em 2010, os transportes foram responsáveis pelo consumo de 53% da energia gerada através de derivados de petróleo.

O Gráfico 4.4 mostra a evolução da composição setorial do consumo brasileiro de derivados de petróleo nos últimos 40 anos. Entre 1970 e 2010, o setor de transportes consumiu, em média, 48% dos derivados, participação esta que atingiu, em média, 50% entre 2000 e 2010.

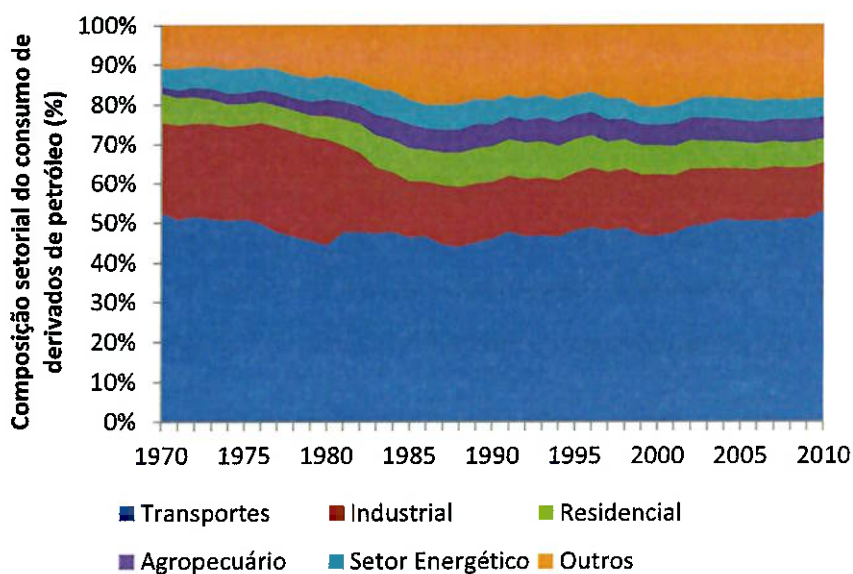


Gráfico 4.4 – Composição setorial do consumo de derivados de petróleo.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2011).

Olhando para a estrutura do consumo no setor de transportes, Gráfico 4.5, é possível identificar quais são as fontes de energia mais demandadas pelo setor:

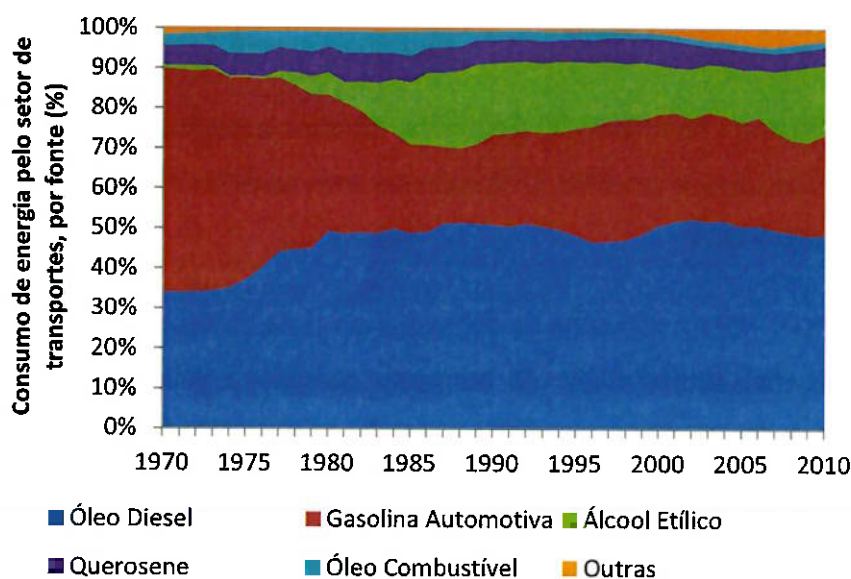


Gráfico 4.5 - Estrutura do consumo de energia no setor de transportes.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2011).

Em 2010, o óleo diesel foi responsável por 49% da energia consumida pelo setor de transportes, enquanto que gasolina automotiva e álcool etílico contribuíram com 25% e 17%, respectivamente. Nos últimos 40 anos, essas fontes representaram, em média, 47%, 31% e 11% da energia consumida.

É interessante notar que, a partir de 1975, a participação do álcool etílico como fonte energética para o setor de transportes passou a crescer expressivamente, devido principalmente à criação do Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool) no mesmo ano.

Diferentemente do que foi levantado na revisão bibliográfica, no presente estudo optou-se por fragmentar a frota brasileira de veículos em função do tipo de combustível utilizado. Tal abordagem justifica-se majoritariamente pelo advento dos carros bicombustíveis no Brasil, fator que certamente alterou a estrutura de consumo de combustíveis, permitindo uma maior liberdade aos consumidores no momento da escolha de qual combustível utilizar.

Para construir uma base de dados da frota brasileira de veículos, duas fontes primárias de informação foram utilizadas: o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) e o Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (Sindipeças).

Mensalmente, o DENATRAN divulga a frota licenciada de veículos no Brasil por tipo de veículos (automóveis, comerciais leves, caminhões, ônibus, motocicletas, reboques, máquinas

agrícolas e outros). Tais informações puderam ser agregadas para construir uma imagem da evolução da frota brasileira, como mostrado no Gráfico 4.6.

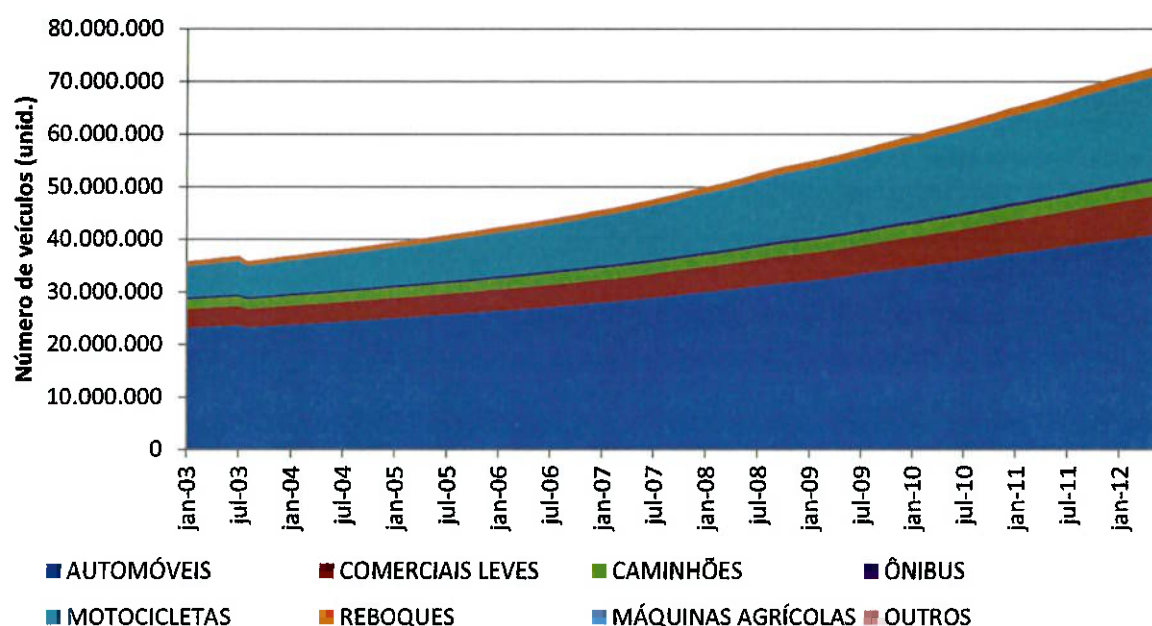


Gráfico 4.6 - Frota brasileira de veículos.

Fonte: DENATRAN (2012).

O Sindipeças, por meio de seu Sistema de Frota Circulante, mantém uma base de dados da frota por tipo de combustível, como mostrada no Gráfico 4.7.

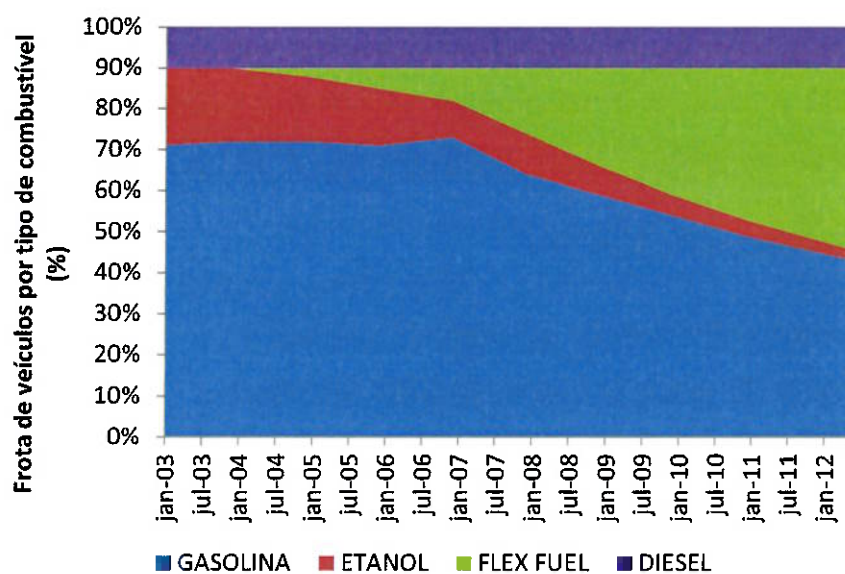


Gráfico 4.7 - Frota brasileira por tipo de combustível.

Fonte: SIF – Sindipeças (2012).

Segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), os primeiros veículos bicomcombustíveis foram licenciados em 2003. Até 2010, inclusive, cerca de 12,5 milhões de veículos *flex fuel* haviam sido licenciados, contra 4,2 milhões de veículos movidos unicamente a gasolina no mesmo período. O Gráfico 4.8 exibe a evolução do licenciamento de veículos por tipo de combustível.

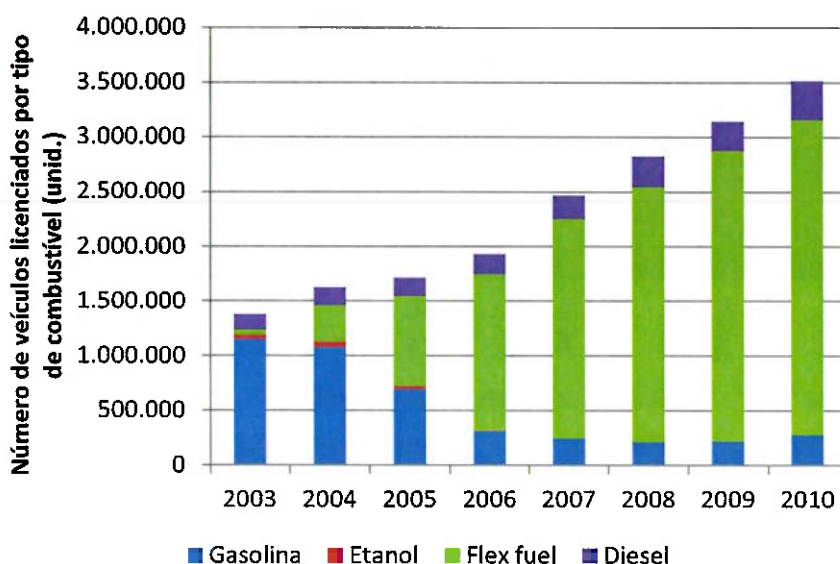


Gráfico 4.8 - Licenciamento de veículos por tipo de combustível.

Fonte: ANFAVEA (2011).

Nota-se, portanto, a rápida expansão dos veículos bicomcombustíveis no Brasil. Enquanto os licenciamentos de veículos *flex fuel* apresentaram uma taxa composta de crescimento anual de 79.4% entre 2003 e 2010, os licenciamentos de veículos à gasolina decresceram 18.3% anualmente no mesmo período.

Assumindo-se as seguintes hipóteses:

- Motocicletas são movidas unicamente à gasolina;
- Reboques não possuem motores de combustão interna;
- Máquinas agrícolas utilizam diesel como fonte única de energia.

E unificando as informações apresentadas acima, foi possível construir um modelo relativamente completo da frota de veículos brasileira. O Gráfico 4.9 exibe a evolução do número de veículos por tipo de combustível.

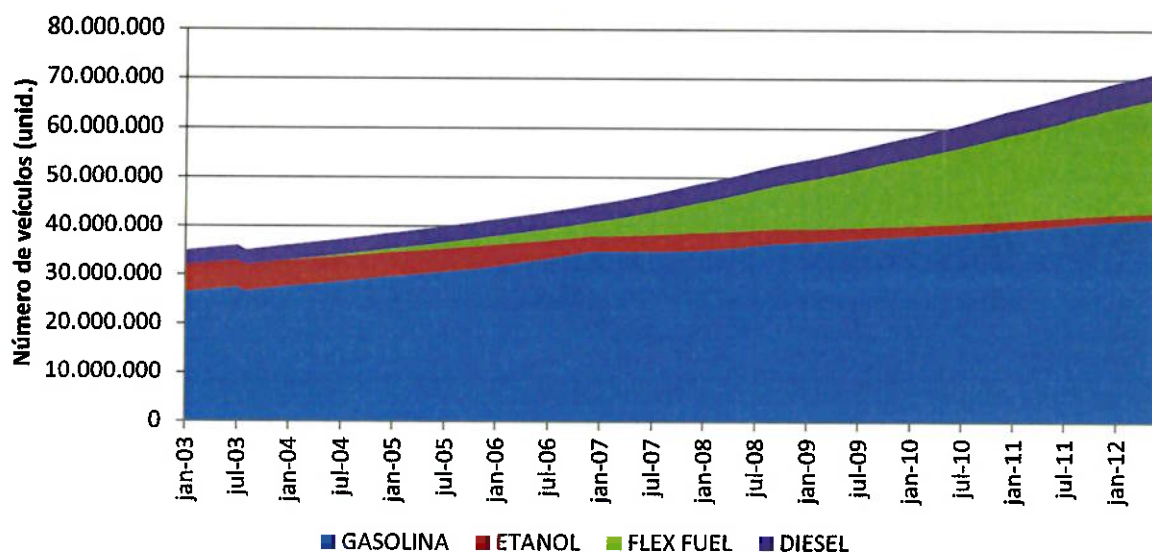


Gráfico 4.9 - Frota brasileira por tipo de combustível.

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de DENATRAN (2012) e SIF-Sindipecas (2012).

4.1.3 PRODUTO INTERNO BRUTO

Na revisão bibliográfica do Capítulo 2, ficou evidente que praticamente todas as tentativas de modelar o consumo de combustíveis incluíram algum indicador macroeconômico como variável explicativa, sob a hipótese de que as condições da economia podem, e devem, alterar os padrões de consumo das famílias.

Mankiw (2007) define o produto interno bruto como o valor de mercado de todos os bens e serviços finais produzidos em um país em um dado período de tempo, e considera a sua análise como sendo a melhor maneira de medir o bem-estar econômico de uma determinada sociedade.

Sendo o consumo, ou a despesa das famílias em bens e serviços, um dos quatro componentes do PIB, pode-se dizer que existe fundamento em utilizá-lo como fator explicativo do consumo de combustíveis.

Assim, em linha com os trabalhos publicados mais recentemente, no presente estudo as condições da economia brasileira foram introduzidas no modelo desenvolvido através do produto interno bruto mensal brasileiro, cuja evolução é mostrada no Gráfico 4.10.

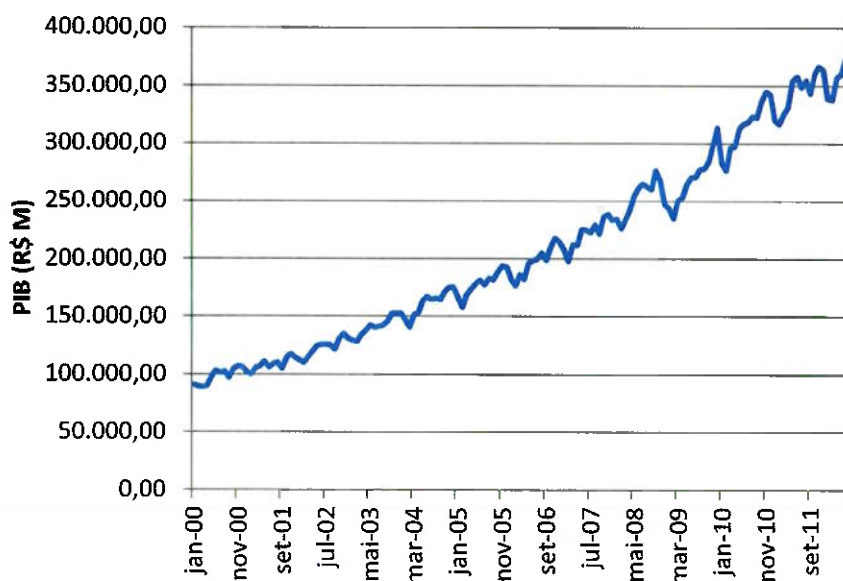


Gráfico 4.10 - PIB brasileiro, em preços correntes e milhões de Reais (R\$ M).

Fonte: Banco Central do Brasil (2012).

4.2 NOTAÇÃO E DADOS UTILIZADOS

Conforme apresentado anteriormente, a demanda de combustíveis vem sendo constantemente estudada a partir do emprego de modelos lineares multivariados.

Com o intuito de avaliar a capacidade explicativa de tal classe de modelos, uma série de regressões lineares multivariadas foi realizada com os dados do consumo brasileiro de gasolina e das variáveis explicativas levantadas.

Tal estudo se justifica, pois permite uma melhor compreensão da dinâmica por trás do consumo de gasolina do Brasil e de quais fatores influenciam de maneira mais ou menos determinante esse consumo.

Para todas as análises apresentadas nas próximas páginas, a notação apresentada a seguir se aplica:

- G é volume de gasolina vendido pelas distribuidoras (unidade: m^3);
- P_{gas} é o preço ao consumidor da gasolina (unidade: $R\$/litro$);
- P_{etan} é o preço ao consumidor do etanol (unidade: $R\$/litro$)

- Y é o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil (unidade *R\$ milhão*);
- F_{gas} é a frota de veículos movidos à gasolina (unidade: *veículos*);
- F_{flex} é a frota de veículos *flex fuel* (unidade: *veículos*);
- G_{t-1} é volume de gasolina vendido pelas distribuidoras no período imediatamente anterior (unidade: m^3);
- S é o componente sazonal calculado a partir de médias simples do consumo entre 2000 e 2011;
- Se é o componente sazonal calculado a partir de médias ponderadas exponencialmente do consumo entre 2000 e 2011.

Dado o fato de que a grande maioria dos dados relacionados ao consumo de combustíveis é disponibilizada com periodicidade mensal, todos os estudos foram realizados com volumes, preços médios, produção e frotas mensais. Os dados levantados correspondem ao período compreendido entre janeiro de 2003 e junho de 2012.

Efetivamente, as regressões foram realizadas com logaritmos naturais das séries temporais levantadas a fim de eliminar tendências, procedimento semelhante ao realizado por uma série de autores que estudaram o assunto. Os resultados completos de todas as regressões realizadas podem ser encontrados no Apêndice A – Resultados completos das regressões.

Finalmente, é importante ressaltar que as séries históricas dos dados utilizados foram levantadas pelo próprio autor junto às instituições competentes e encarregadas pela sua publicação e podem ser consultadas nos anexos do presente estudo: Anexo A – Histórico das vendas de combustíveis, Anexo B – Histórico dos preços ao consumidor dos combustíveis e Anexo C – Histórico da frota brasileira de veículos.

4.3 MODELO I: PREÇO DA GASOLINA E PIB

Como uma primeira abordagem para equacionar a demanda de gasolina no Brasil, o modelo mais simples levantado por Dahl e Sterner (1991) foi utilizado. Segundo os autores, tal modelo linear equaciona a demanda de gasolina como sendo uma função do preço da gasolina e de uma medida de renda, como mostrado na Eq. 4.1:

$$G = f_1(P_{gas}, Y) = \alpha + \beta_1 P_{gas} + \beta_2 Y \quad \text{Eq. 4.1}$$

Empregando-se o método dos mínimos quadrados, foi possível obter estimativas para os coeficientes α , β_1 e β_2 que melhor se aplicassem aos dados do consumo brasileiro. O modelo resultante assume a forma mostrada na Eq. 4.2, cujo comportamento é apresentado no Gráfico 4.11:

$$G = 7,96 - 0,23P_{gas} + 0,55Y \quad \text{Eq. 4.2}$$

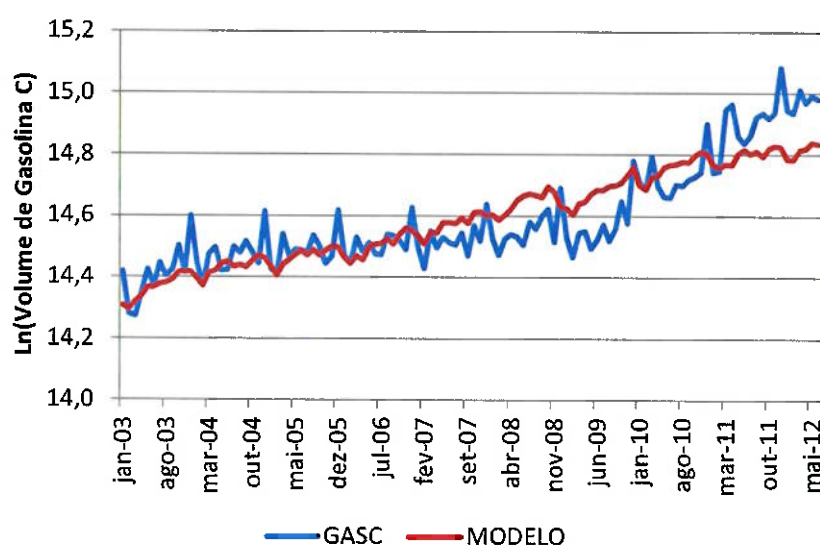


Gráfico 4.11 – Modelo I.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Inicialmente, é interessante notar que os coeficientes assumiram valores com os sinais esperados: $\beta_1 < 0$ e $\beta_2 > 0$. Ou seja, o modelo evidencia que um aumento do preço ao consumidor da gasolina leva a uma redução no consumo, ao passo em que incrementos na atividade econômica no país levam a um aumento do consumo.

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	7,95649	0,54807	14,51742	0,00000
PGASC	-0,22529	0,18254	-1,23417	0,21975
PIB	0,55422	0,05520	10,04104	0,00000

Tabela 4.1 - Coeficientes e *p-values* para o Modelo I.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No entanto, a análise dos resultados da regressão mostra que o coeficiente β_1 , atribuído à variável explicativa P_{gas} , não é estatisticamente significativo. Efetivamente, o preço ao consumidor da gasolina permaneceu em níveis relativamente estáveis, tendo sofrido algumas alterações incrementais nos últimos anos – comportamento esse explicado pelo controle governamental no preço na gasolina exercido através da Petrobras –, ao passo em que o consumo de gasolina apresentou um claro comportamento de crescimento.

Por outro lado, o coeficiente β_2 , atribuído à variável explicativa Y , prova-se estatisticamente significativo, o que permite afirmar que o nível de atividade econômica do país é, de fato, um dos fatores que impacta o consumo de gasolina.

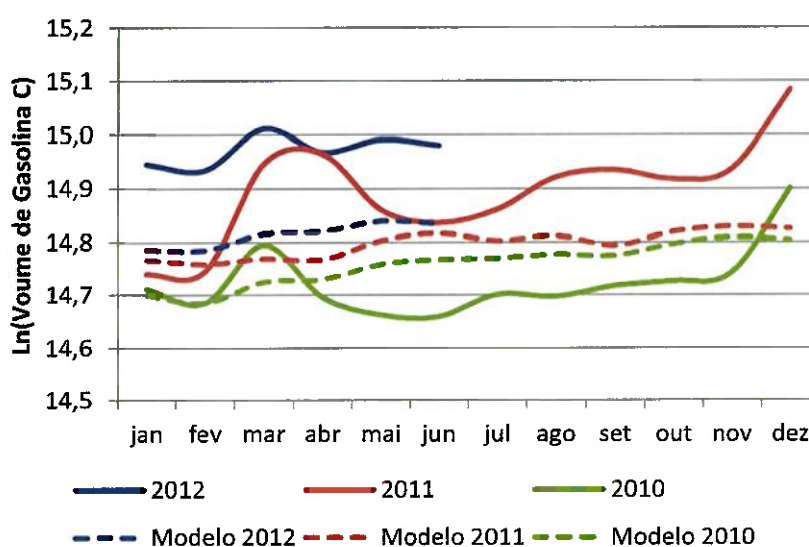


Gráfico 4.12 – Modelo I, comportamento sazonal.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, observa-se que a aderência do modelo ao comportamento real da demanda de gasolina não é elevada. O modelo não é capaz de reproduzir a tendência de crescimento acelerado observada a partir de 2009 e falha ao tentar reproduzir as variações sazonais do consumo.

4.4 MODELO II: PREÇO DA GASOLINA, PIB E CONSUMO DEFASADO

A segunda classe de modelos levantada por Dahl e Sterner (1991) procura incluir como fator explicativo do consumo de gasolina a quantidade consumida em um período de tempo imediatamente anterior, isto é:

$$G = f_2(P_{gas}, Y, G_{t-1}) = \alpha + \beta_1 P_{gas} + \beta_2 Y + \beta_3 G_{t-1} \quad \text{Eq. 4.3}$$

Como discutido anteriormente, ao se incluir essa nova variável explicativa, procura-se reproduzir a inércia do comportamento econômico do consumo de gasolina. Assim, espera-se que tal modelo também seja capaz de emular de maneira mais satisfatória o comportamento sazonal do consumo de gasolina.

O modelo da Eq. 4.3, quando aplicado ao conjunto de dados em estudo, resulta na Eq. 4.4, cujo comportamento pode ser observado no Gráfico 4.13:

$$G = 2,81 - 0,20P_{gas} + 0,27Y + 0,59G_{t-1} \quad \text{Eq. 4.4}$$

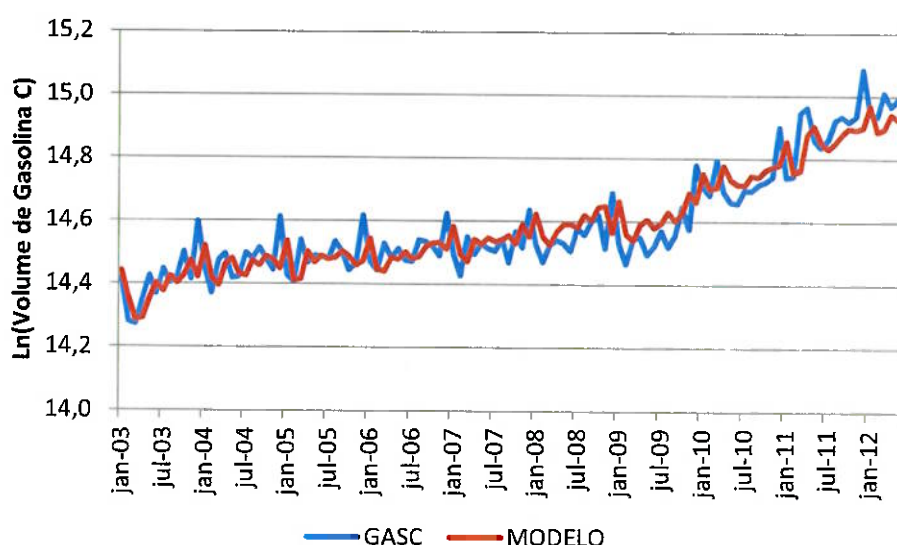


Gráfico 4.13 – Modelo II

Fonte: Elaborado pelo autor

Novamente, observa-se que os coeficientes β_1 e β_2 assumiram valores com os sinais esperados, suportando a tese de que preço e consumo e PIB e consumo são inversa e diretamente proporcionais, respectivamente.

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	2,81467	0,73933	3,80705	0,00023
PGASC	-0,20183	0,14234	-1,41793	0,15904
PIB	0,27134	0,05435	4,99270	0,00000
GASC-1	0,59023	0,06926	8,52197	0,00000

Tabela 4.2 - Coeficientes e *p-values* para o Modelo II.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em termos de significância estatística, não é possível afirmar que β_1 seja estatisticamente significativo, embora β_2 e β_3 o sejam.

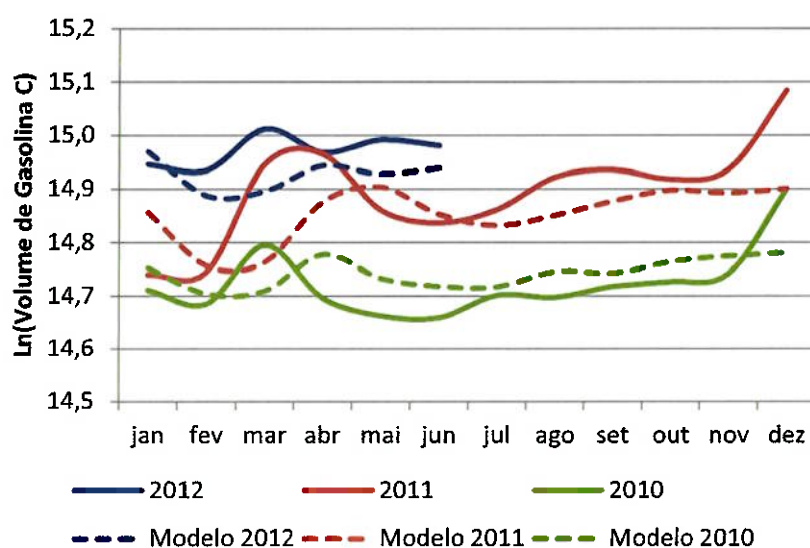


Gráfico 4.14 – Modelo II, comportamento sazonal.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Do ponto de vista da melhoria de ajuste da regressão, o modelo da Eq. 4.4 é capaz de melhor reproduzir o comportamento real do consumo de gasolina quando comparado ao modelo da Eq. 4.2. Tal melhoria é evidente na reprodução do comportamento sazonal da demanda, embora essa reprodução seja acompanhada por uma clara defasagem entre a curva real e a curva ajustada.

4.5 MODELO III: PREÇO DA GASOLINA, PIB E FROTAS DE VEÍCULOS

A terceira classe de modelos estudada por Dahl e Sterner (1991) procura equacionar a demanda de gasolina como função do nível de preços, da renda e da frota de veículos:

$$G = f_3(P_{gas}, Y, V) \quad \text{Eq. 4.5}$$

Adaptando o modelo da Eq. 4.5 para levar em consideração a divisão da frota de veículos em veículos movidos à gasolina e em veículos bicom bustíveis, o modelo assume a forma da Eq. 4.6:

$$G = \alpha + \beta_1 P_{gas} + \beta_2 Y + \beta_3 F_{gas} + \beta_4 F_{flex} \quad \text{Eq. 4.6}$$

Ao se aplicar o modelo ao conjunto de dados em estudo, obtém-se a Eq. 4.7, cujo comportamento pode ser observado no Gráfico 4.15:

$$G = 27,73 + 0,57P_{gas} + 1,10Y - 1,57F_{gas} - 0,01F_{flex} \quad \text{Eq. 4.7}$$

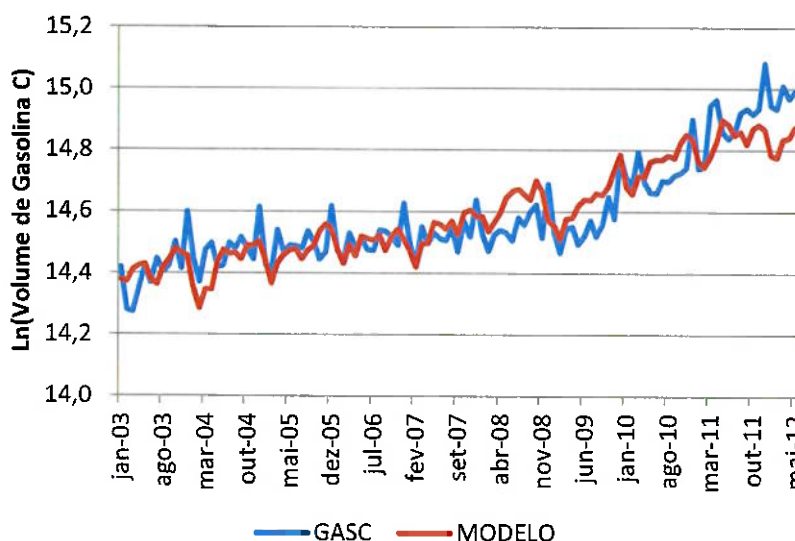


Gráfico 4.15 – Modelo III

Fonte: Elaborado pelo autor

Como visto nos dois modelos precedentes, os coeficientes β_1 e β_2 assumiram valores com os sinais esperados. No entanto, inversamente ao esperado, os coeficientes associados às frotas de ambos os tipos de veículos, β_3 e β_4 , assumiram valores negativos, mas estatisticamente significativos.

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	27,73410	5,11710	5,41988	0,00000
PGASC	0,57051	0,22748	2,50793	0,01362
FGASC	-1,56576	0,39234	-3,99086	0,00012
FFLEX	-0,00565	0,00272	-2,07309	0,04052
PIB	1,10162	0,13833	7,96364	0,00000

Tabela 4.3 - Coeficientes e *p-values* para o Modelo III.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, embora ainda não esteja clara a dependência entre o consumo de gasolina no país e o crescimento da frota de veículos movidos a gasolina e da frota de veículos bicom bustíveis, é possível afirmar que de fato existe uma relação entre esses fatores. No entanto, é importante ressaltar que, como demonstrado no Apêndice C – A questão da multicolinearidade, o Modelo III apresentou fortes indícios de existência de correlação entre as variáveis independentes Y e F_{gas} .

Em termos de melhoria de ajuste, o modelo da Eq. 4.7 não se mostra estatisticamente superior ao modelo da Eq. 4.4, falhando principalmente na reprodução do comportamento sazonal do consumo, como mostrado no Gráfico 4.16.

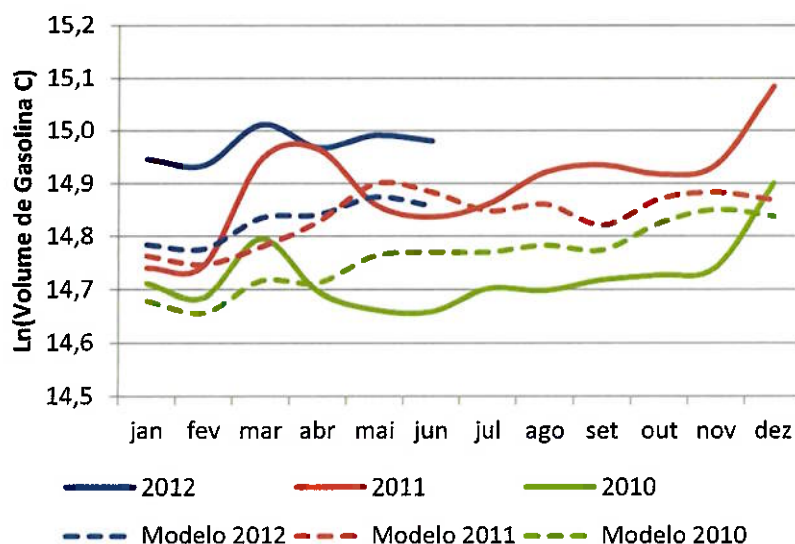


Gráfico 4.16 – Modelo III, comportamento sazonal.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6 MODELO IV: PREÇOS DA GASOLINA E DO ETANOL E PIB

Como previamente discutido, o etanol apresenta-se no mercado brasileiro como um produto substituto à gasolina e, portanto, é indispensável incluí-lo em qualquer tentativa de modelagem da demanda por gasolina.

Retomando o modelo da Eq. 4.1, é possível adaptá-lo para que o preço do etanol, P_{etan} , também seja considerado como uma variável explicativa:

$$G = f_4(P_{gas}, P_{etan}, Y) = \alpha + \beta_1 P_{gas} + \beta_2 P_{etan} + \beta_3 Y \quad \text{Eq. 4.8}$$

Quando aplicado ao conjunto de dados em estudo, tal modelo assume a forma mostrada na Eq. 4.9, cujo comportamento é apresentado no Gráfico 4.17:

$$G = 8,33 - 1,08P_{gas} + 0,59P_{etan} + 0,56Y \quad \text{Eq. 4.9}$$

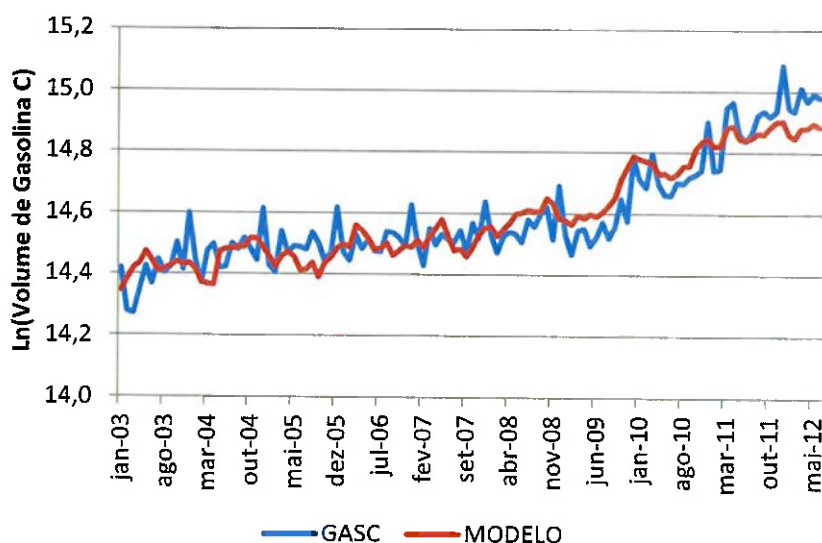


Gráfico 4.17 – Modelo IV.

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme o esperado, o coeficiente β_2 , atribuído à variável P_{etan} , assumiu um valor positivo e estatisticamente significativo, permitindo a afirmação de que o nível de preço do etanol é um dos fatores determinantes do consumo de gasolina: quanto maior o preço do etanol, maior é a atratividade do uso de gasolina como combustível veicular.

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	8,33179	0,43090	19,33600	0,00000
PGASC	-1,07541	0,17460	-6,15910	0,00000
PETAN	0,59109	0,06990	8,45575	0,00000
PIB	0,56491	0,04318	13,08161	0,00000

Tabela 4.4 - Coeficientes e *p-values* para o Modelo IV.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Mais interessante, é o resultado obtido para o coeficiente β_1 , atribuído à variável P_{gas} : com a introdução da variável P_{etan} no modelo, o coeficiente β_1 passou a ser estatisticamente significativo. Tal mudança sugere que, na realidade é a relação entre os preços da gasolina e do etanol, e não os níveis de preços isoladamente, que influenciam o consumo de gasolina.

Quando comparado ao modelo da Eq. 4.2, o modelo da Eq. 4.9 mostra-se relativamente superior em termos de qualidade de ajuste. Tal resultado é potencialmente explicado pelo fato de que esse modelo incorpora a sazonalidade do preço do etanol, que flutua anualmente em função das safras de cana-de-açúcar.

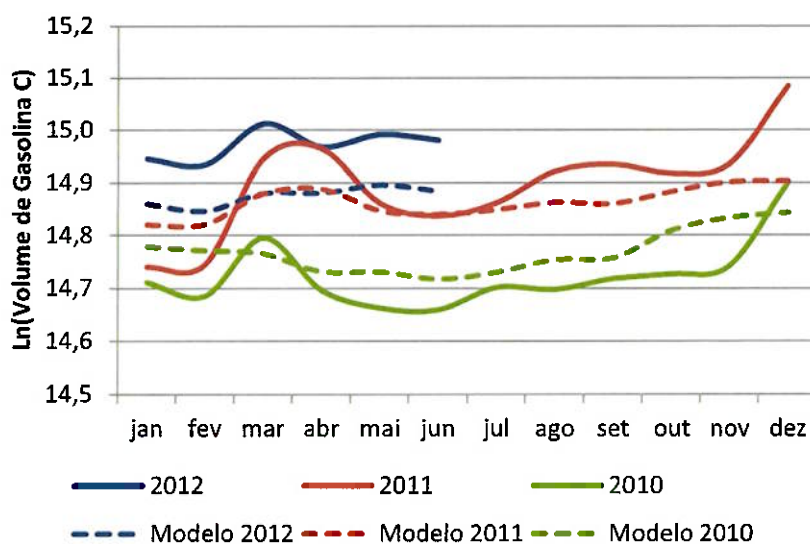


Gráfico 4.18 – Modelo IV, comportamento sazonal.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.7 MODELO V: *STEPWISE*

Segundo Mendenhall e Sincich (1993), o problema de decidir quais variáveis de um extenso conjunto de variáveis independentes deverão ser incluídas em um modelo é extremamente recorrente. Para os autores, uma abordagem sistemática para a construção de modelos de regressão com números elevados de variáveis explicativas é difícil de ser realizada, uma vez que a interpretação das interações existentes entre todas as variáveis não é algo evidente.

Para solucionar esse problema, os autores apontam a regressão *stepwise* como um procedimento adequado na elaboração de modelos com várias variáveis independentes, dado que seu resultado são modelos que contenham apenas os principais efeitos com estatísticas *t* que sejam significativas para um determinado nível de significância α .

Dessa forma, a aplicação da rotina *stepwise* ao caso estudado no presente trabalho foi julgada pertinente, pois permitiria a concepção de um modelo que integrasse as ideias dos quatro modelos descritos anteriormente e que melhor se ajustasse ao conjunto de dados levantado. Com o auxílio do software Minitab 16, foi possível propor o modelo da Eq. 4.10, cujo comportamento é apresentado no Gráfico 4.19:

$$G = 4,92 - 0,75P_{gas} + 0,37P_{etan} + 0,38Y + 0,38G_{t-1} \quad \text{Eq. 4.10}$$

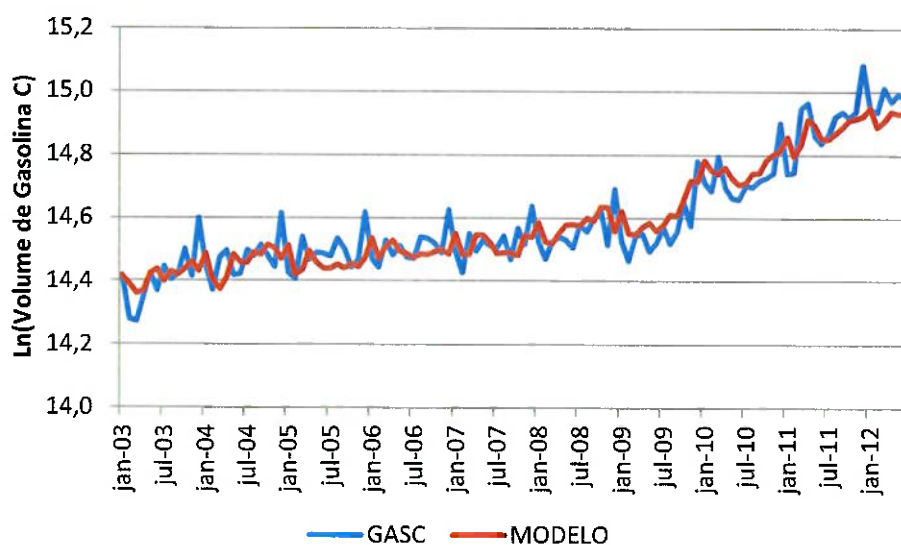


Gráfico 4.19 - Modelo V.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os parâmetros atribuídos às variáveis P_{gas} e P_{etan} assumiram valores estimados com os sinais esperados e foram novamente afirmados como estatisticamente significativos. Assim, fica evidente que, conjuntamente, P_{gas} e P_{etan} são duas variáveis importantes para o equacionamento do consumo de gasolina no país.

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	4,91578	0,80735	6,08880	0,00000
PGASC	-0,74512	0,17312	-4,30401	0,00004
PETAN	0,37184	0,07816	4,75763	0,00001
PIB	0,38067	0,05474	6,95436	0,00000
GASC-1	0,37615	0,07767	4,84257	0,00000

Tabela 4.5 – Coeficientes e *p-values* para o Modelo V.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Invariavelmente, a variável Y foi incluída no modelo e cujo parâmetro na regressão assumiu um valor estimado com o sinal esperado. No entanto, as variáveis relacionadas à frota de veículos não apareceram no equacionamento.

Observa-se que o modelo é capaz de reproduzir a tendência de crescimento do consumo, embora o ajuste ao comportamento sazonal da demanda não seja muito satisfatório, sendo o modelo incapaz de simular os picos e vales dos volumes consumidos.

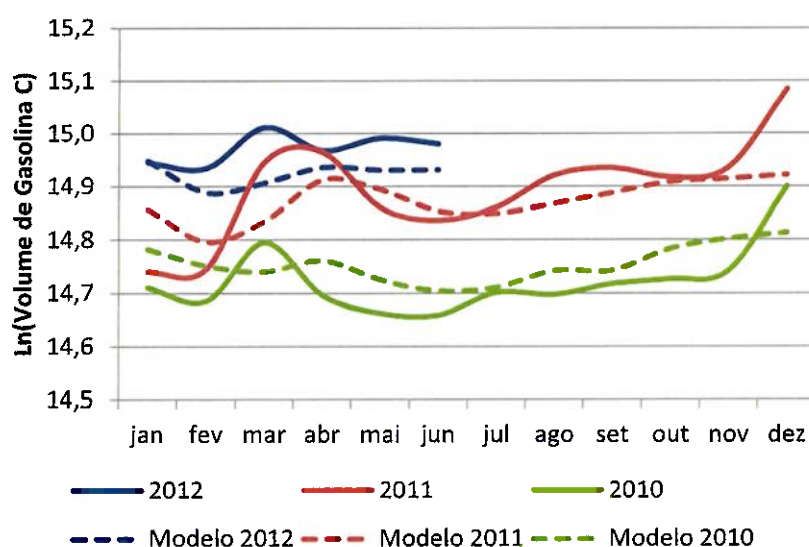


Gráfico 4.20 - Modelo V, comportamento sazonal.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.8 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODELOS

De maneira resumida, os resultados obtidos para as análises de regressão aplicadas aos modelos discutidos até o momento são apresentados na Tabela 4.6:

	Modelo I	Modelo II	Modelo III	Modelo IV	Modelo V
Número de Variáveis Independentes	2	3	4	3	4
Número de Variáveis Significativas	1	2	4	3	4
Multiple R	0,85528	0,91557	0,88543	0,91503	0,93064
R Square	0,73150	0,83827	0,78399	0,83727	0,86608
Adjusted R Square	0,72666	0,83386	0,77607	0,83283	0,86117
Standard Error	0,09259	0,07219	0,08381	0,07241	0,06599
Observations	114	114	114	114	114
F	151,20202	190,05261	98,90424	188,65686	176,23319
Significance F	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Tabela 4.6 - Comparação entre os modelos I, II, III, IV e V.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Onde:

- *Multiple R* é o coeficiente de correlação linear múltipla, ou R ;
- *R Square* é o quadrado do coeficiente de correlação linear múltipla, ou R^2 ;
- *Adjusted R Square* é o coeficiente de correlação linear múltipla ajustado, ou R_a^2 ;
- *Standard Error* é o desvio padrão residual da amostra, ou $\sqrt{s_R^2}$;
- *Observations* é o número de observações utilizadas para a estimação dos parâmetros;
- *F* é a estatística F de Snedecor obtida através da ANOVA;
- *Significance F* é o *p-value* calculado para *F*.

Observa-se, portanto, que todas as regressões realizadas são significativas a níveis inferiores a 1% de significância, mesmo que as estatísticas *F* calculadas variem consideravelmente entre os casos analisados.

Um aspecto importante a ser comentado são os resultados obtidos para o coeficiente de determinação múltiplo R^2 , ou seja, qual a porcentagem da variação de *G* que é explicada pela variação das variáveis independentes dos modelos. No entanto, dado que os modelos utilizam números diferentes de variáveis explicativas, é mais adequada a comparação entre os coeficientes de determinação ajustados, uma vez que a inclusão no modelo de uma nova

variável explicativa faz com que R^2 aumente embora o mesmo possa não ser dito sobre R_a^2 (RAMOS, 2009). Sob essa ótica, os modelos V, II e IV sobressaem-se com valores mais elevados de R_a^2 quando comparados aos resultados dos modelos I e III.

Outra métrica interessante de ser analisada é o desvio padrão residual da amostra, $\sqrt{s_R^2}$, obtido para cada um dos modelos. Nota-se que a variância em torno do hiperplano de regressão estimada para o modelo V é inferior às variâncias estimadas para os outros casos, sugerindo uma melhor qualidade de ajuste do modelo aos dados em estudo.

Assim, pode-se dizer que o modelo V fornece os melhores resultados em termos de capacidade de explicação da variação de G e de qualidade de ajuste quando comparado aos modelos I, II, III e IV.

4.9 APLICAÇÃO DO FILTRO DE KALMAN

Dado o uso recorrente do filtro de Kalman no cálculo de estimativas de variáveis de estado, podendo essas serem observáveis ou não, baseado em variáveis observáveis externas e nos ruídos que as acompanham, no presente trabalho foi realizada uma tentativa de aplicação do algoritmo para o problema de previsão do consumo de gasolina no Brasil.

Retomando a notação de Morettin e Toloi (2004) para os modelos de espaço de estado, temos:

$$Z_t = A_t X_t + v_t \quad \text{Eq. 4.11}$$

$$X_t = G_t X_{t-1} + w_t, t = 1, \dots, N \quad \text{Eq. 4.12}$$

Alterando brevemente a notação utilizada até o momento para levar em consideração os índices temporais, obtém-se:

- V_t^{gas} é volume de gasolina consumido no período t (unidade: m^3);
- P_t^{gas} é o preço ao consumidor da gasolina no período t (unidade: $R\$/litro$);
- P_t^{etan} é o preço ao consumidor do etanol no período t (unidade: $R\$/litro$);
- Y_t^{PIB} é o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil no período t (unidade $R\$ \text{ milhão}$);
- F_t^{gas} é a frota de veículos movidos a gasolina no período t (unidade: *veículos*);

- F_t^{flex} é a frota de veículos *flex fuel* no período t (unidade: *veículos*);
- V_{t-1}^{gas} é volume de gasolina consumido no período $t - 1$ (unidade: m^3).

Sendo todas as variáveis observáveis, fazemos:

$$Z_t = \begin{bmatrix} P_t^{gas} \\ P_t^{etan} \\ Y_t^{PIB} \\ F_t^{gas} \\ F_t^{flex} \\ V_{t-1}^{gas} \end{bmatrix} \quad \text{Eq. 4.13}$$

$$X_t = V_t^{gas} \quad \text{Eq. 4.14}$$

Assim, o filtro de Kalman pode ser utilizado para estimar os componentes ótimos da matriz A_t e, conseqüentemente, estimar a variável de estado V_t^{gas} . Para tal, as Eq. 4.11 e Eq. 4.14 foram implementadas no software Eviews 7 e o algoritmo do filtro de Kalman foi aplicado ao conjunto de dados em estudo. Os *outputs* completos das simulações com o filtro podem ser encontrados no Apêndice B – Resultados completos da aplicação do Filtro de Kalman.

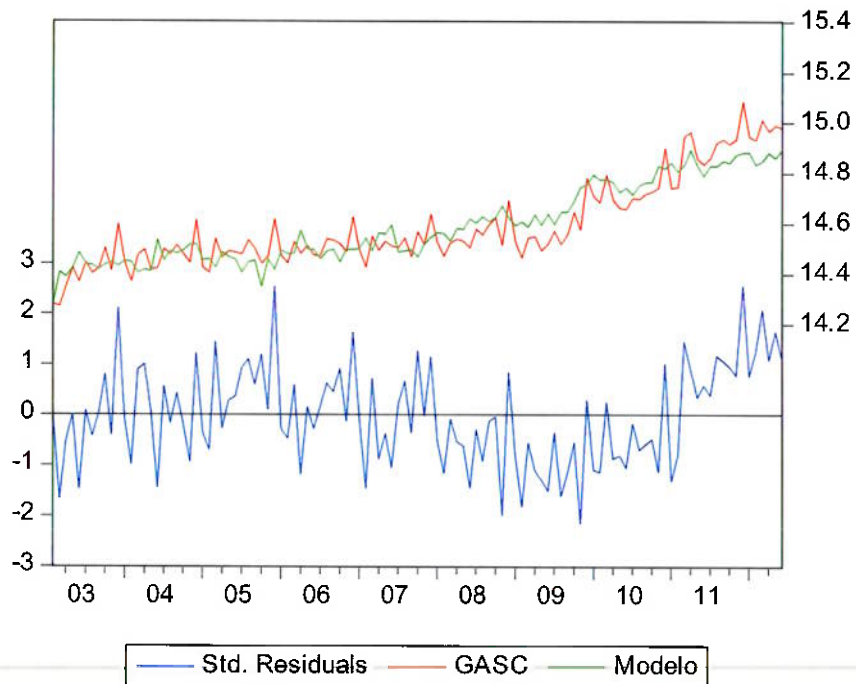


Gráfico 4.21 - Resultados para o filtro de Kalman I.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 4.20 apresenta os resultados obtidos com a aplicação do filtro de Kalman. Como indicado, a curva vermelha refere-se ao comportamento real do consumo de gasolina do país e a curva verde refere-se ao comportamento estimado pelo modelo. A linha azul apresenta os desvios entre os valores reais e os valores estimados.

Nota-se que o modelo é relativamente capaz de reproduzir a tendência de crescimento do consumo de gasolina, embora um notável descolamento da curva real seja observado a partir de 2011. A aderência ao comportamento sazonal da demanda é insatisfatória na medida em que o modelo não reflete os picos e vales anuais do consumo.

No Gráfico 4.21, são apresentados os resultados da aplicação do filtro de Kalman ao conjunto de dados em estudo desconsiderando-se as informações sobre a frota de veículos.

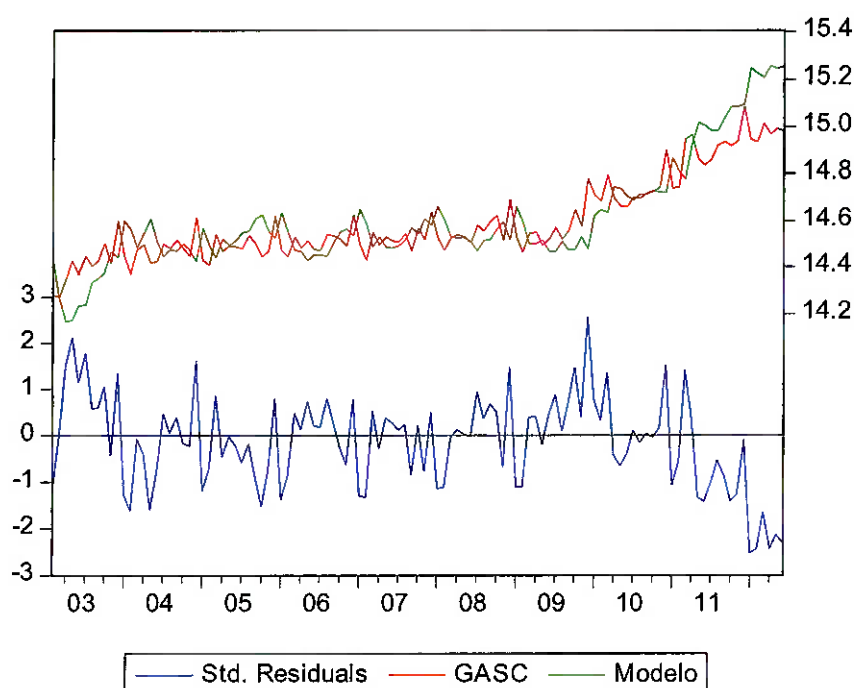


Gráfico 4.22 - Resultados para o filtro de Kalman II.

Fonte: Elaborado pelo autor.

De maneira semelhante ao caso anterior, o modelo reflete a tendência apresentada pelo consumo no período em estudo, mas falha ao tentar reproduzir a sazonalidade do mesmo. É interessante notar que, a partir de 2011, a curva estimada pelo modelo também se distancia consideravelmente da curva real.

Assim, contrariamente às expectativas iniciais, os resultados encontrados com a aplicação do filtro de Kalman não foram considerados superiores aos resultados obtidos com os

modelos de regressão linear, em especial com o modelo *Stepwise*. A abordagem do problema através do filtro de Kalman foi, portanto, abandonada e optou-se pela concepção de outros modelos de regressão linear que tivessem qualidade de ajuste superior e que fossem capazes de gerar melhores projeções para o consumo.

5 PROPOSIÇÃO DE MODELOS COM COMPONENTE SAZONAL

Como já anteriormente discutido, o consumo de gasolina no Brasil apresenta um evidente comportamento sazonal. Nos últimos doze anos, foi possível observar que, anualmente, o volume de gasolina vendido pelas distribuidoras tende a ser inferior nos meses de janeiro, fevereiro, maio e junho, e superior ao volume médio mensal nos meses de março, agosto, setembro, outubro e, principalmente, dezembro.

No Gráfico 5.1, nota-se um aumento expressivo do consumo em março e em dezembro e uma desaceleração das vendas no início do ano, em maio e em junho. A média do consumo de 2012 foi calculada com base nos valores disponíveis até o momento.

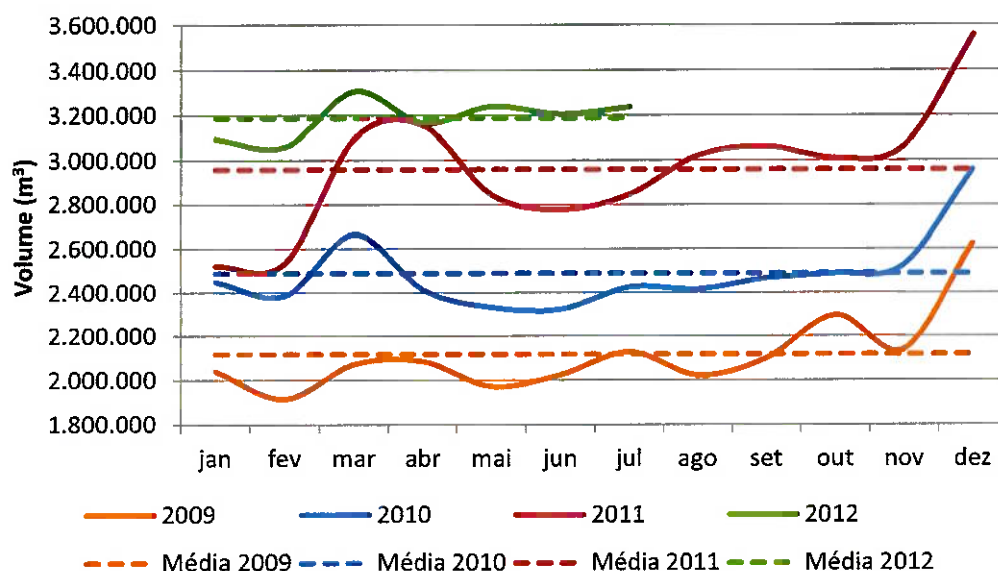


Gráfico 5.1 - Comportamento sazonal do volume de gasolina.

Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de ANP (2012).

Por Morettin e Toloi (2004), se considerarmos uma série temporal com as observações $\{Z_t, t = 1, \dots, N\}$, é possível decompor Z_t como a soma de três componentes não observáveis:

$$Z_t = T_t + S_t + a_t \quad \text{Eq. 5.1}$$

Onde:

- Z_t representa a tendência;
- S_t representa a sazonalidade;

- a_t é uma componente aleatória, de média zero e variância constante σ_a^2 .

Para séries cuja sazonalidade possa ser perfeitamente prevista a partir de dados de meses anteriores, dizemos que há *sazonalidade determinística*. Nesses casos, S_t pode ser assumido como sendo da forma:

$$S_t = \sum_{j=1}^{12} \alpha_j d_{jt} \quad \text{Eq. 5.2}$$

Onde $\{d_{jt}\}$ são variáveis periódicas.

Assim, a série temporal apresenta sazonalidade determinística se os $\{\alpha_j\}$ não são todos nulos. Ou seja, se a hipótese nula

$$H_0 = \alpha_1 = \dots = \alpha_{12} = 0 \quad \text{Eq. 5.3}$$

for rejeitada, podemos afirmar que existe sazonalidade determinística.

Para tal teste de hipóteses, uma primeira possibilidade é o emprego do teste de Kruskal-Wallis, segundo o qual as N observações da série são substituídas por seus postos R_{ij} , determinados a partir da ordenação de todas as observações Z_{ij} . Se considerarmos que cada mês j constitui uma amostra, podemos calcular:

$$R_j = \sum_{i=1}^{n_j} R_{ij}, j = 1, \dots, k \quad \text{Eq. 5.4}$$

Onde n_j é o número de anos compreendidos na série e $k = 12$.

Finalmente, fazemos:

$$T_1 = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1) \quad \text{Eq. 5.5}$$

Para $n_j \geq 4$, sob H_0 , a distribuição de T_1 pode ser aproximada por uma variável χ^2 com $k - 1$ graus de liberdade.

Uma segunda possibilidade consiste na aplicação do teste de Friedman, segundo o qual a ordenação das observações é feita dentro dos respectivos anos. A estatística de Friedman é calculada por:

$$T_2 = \frac{12}{pk(k+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^{*2}}{n_j} - 3p(k+1) \quad \text{Eq. 5.6}$$

Que é obtida através de:

$$R_j^* = \sum_{i=1}^p R_{ij}^* \quad \text{Eq. 5.7}$$

Onde R_{ij}^* denota o posto da observação Z_{ij} dentro do ano i e $p = n_j$.

A distribuição de T_2 também pode ser aproximada por uma variável χ^2 com $k - 1$ graus de liberdade.

A aplicação dos testes estatísticos de Kruskal-Wallis e de Friedman à série temporal dos dados de consumo de gasolina C no Brasil levou aos resultados da Tabela 5.1. No Apêndice D – Testes para sazonalidade determinística, o detalhamento dos cálculos pode ser encontrado.

T_1	19,120
T_2	52,513

Tabela 5.1 - Estatísticas T calculadas para os testes de sazonalidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tais valores de T_1 e T_2 , quando comparados a $\chi_{11;0,10}^2 = 17,275$, permitem a afirmação da existência de sazonalidade determinística no consumo de gasolina.

5.1 MODELO VI: PREÇOS, PIB, CONSUMO DEFASADO E SAZONALIDADE I

O comportamento sazonal do consumo foi, portanto, o fator motivador para a concepção de uma nova classe de modelos com a introdução ao equacionamento de um componente de sazonalidade capaz de reproduzir a flutuação mensal das vendas. Seguindo a metodologia proposta por Niemira e Klein (1994), no período compreendido entre 2000 e 2011, os valores

de consumo mensal foram comparados com o consumo total dos respectivos anos, permitindo-se quantificar a representatividade de um determinado mês nas vendas de um determinado ano:

$$s_{ij} = \frac{c_{ij}}{c_j}, i = \{1, \dots, 12\}, j = \{2000, \dots, 2011\} \quad \text{Eq. 5.8}$$

Onde:

- c_{ij} é o volume (m^3) de gasolina C vendido no mês i do ano j ;
- c_j é o volume total (m^3) de gasolina C vendido no ano j ;

Assim, foi possível estimar um componente de sazonalidade mensal que representasse o comportamento das vendas no período de 2000 a 2011:

$$s_i = \sum_{j=2000}^{2011} s_{ij} / 12, i = \{1, \dots, 12\} \quad \text{Eq. 5.9}$$

O Gráfico 5.2 apresenta os resultados encontrados. É interessante observar a reduzida magnitude do componente sazonal atribuído aos meses de janeiro e de fevereiro e a elevada participação do mês de dezembro nas vendas anuais.

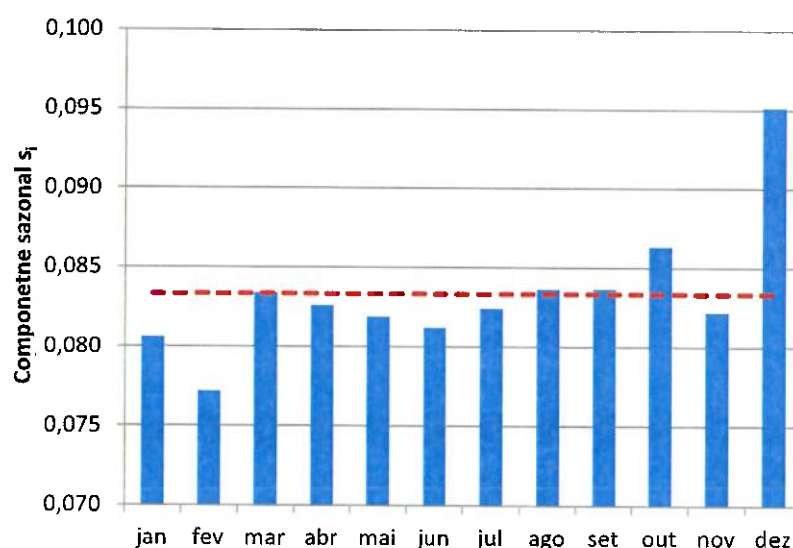


Gráfico 5.2 - Componente sazonal das vendas de gasolina.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O ano de 2012 não foi levado em consideração no cálculo do componente de sazonalidade uma vez que, até o momento, estão disponíveis apenas os dados referentes aos meses de janeiro a julho.

Na tentativa de melhor explicar a variação do consumo de gasolina no país, o componente de sazonalidade S foi incluído no equacionamento do Modelo V:

$$\begin{aligned} G &= f_7(P_{gas}, P_{etan}, Y, G_{t-1}, S) \\ &= \alpha + \beta_1 P_{gas} + \beta_2 P_{etan} + \beta_3 Y + \beta_4 G_{t-1} + \beta_5 S \end{aligned} \quad \text{Eq. 5.10}$$

Aplicando o método dos mínimos quadrados ao conjunto de dados em estudo, o modelo da Eq. 5.10 pode ser estimado pela Eq. 5.11, cujo comportamento é apresentado no Gráfico 5.3:

$$G = 3,19 - 0,60P_{gas} + 0,33P_{etan} + 0,28Y + 0,50G_{t-1} + 11,04S \quad \text{Eq. 5.11}$$

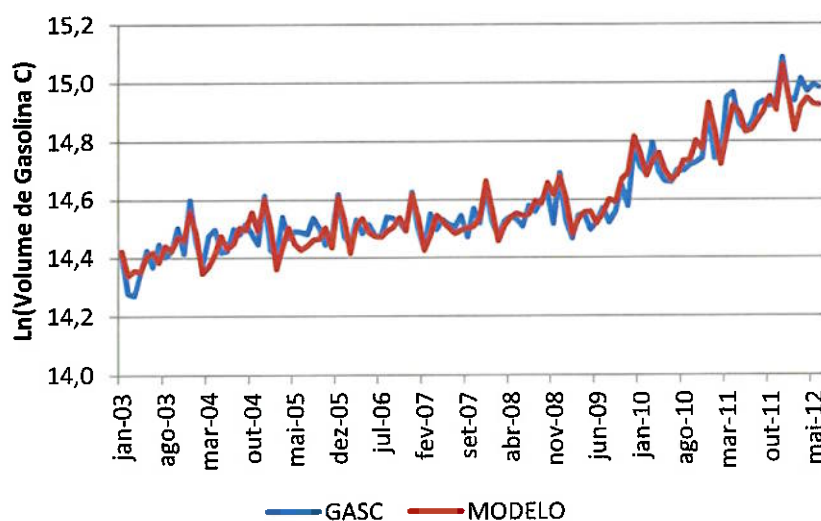


Gráfico 5.3 - Modelo VI.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como mostrado na Tabela 5.2, os coeficientes β_1 e β_2 assumiram valores com os sinais esperados e mostraram-se estatisticamente significativos, assim como β_3 e β_4 . Como esperado, a variável independente do componente de sazonalidade foi introduzida no modelo com um coeficiente também estatisticamente significativo.

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	3,19415	0,63136	5,05919	0,00000
PGASC	-0,59643	0,13044	-4,57242	0,00001
PETAN	0,33054	0,05861	5,63926	0,00000
PIB	0,28494	0,04220	6,75177	0,00000
GASC-1	0,50425	0,05969	8,44791	0,00000
SAZ	11,03740	1,18393	9,32270	0,00000

Tabela 5.2 – Coeficientes e *p-values* para o Modelo VI.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se que a aderência da curva estimada pelo modelo à curva real do consumo de gasolina é satisfatória na medida em que o modelo é capaz de reproduzir a tendência de crescimento do consumo e de simular as flutuações sazonais do mesmo.

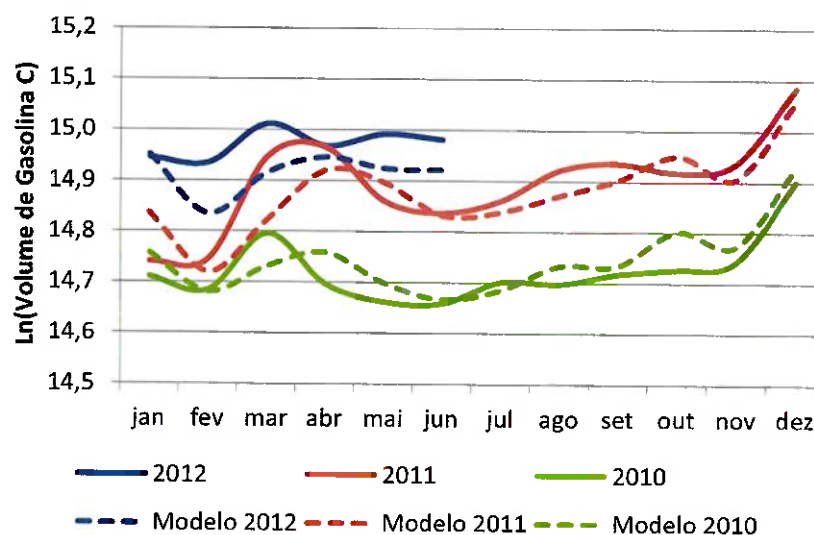


Gráfico 5.4 - Modelo VI, comportamento sazonal.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 MODELO VII: PREÇOS, PIB, CONSUMO DEFASADO E SAZONALIDADE II

Como foi possível observar no caso do modelo anterior, a introdução de um componente sazonal no equacionamento levou a melhorias na qualidade de ajuste e na capacidade de reprodução da curva real.

No entanto, um estudo detalhado da evolução do consumo de gasolina ano a ano mostra que o perfil sazonal sofreu alterações no decorrer dos últimos doze anos. O Gráfico 5.5 apresenta a relação entre o consumo mensal e o consumo anual para os anos de 2000 e 2011, sendo possível observar uma clara discrepância nos meses de janeiro a junho:

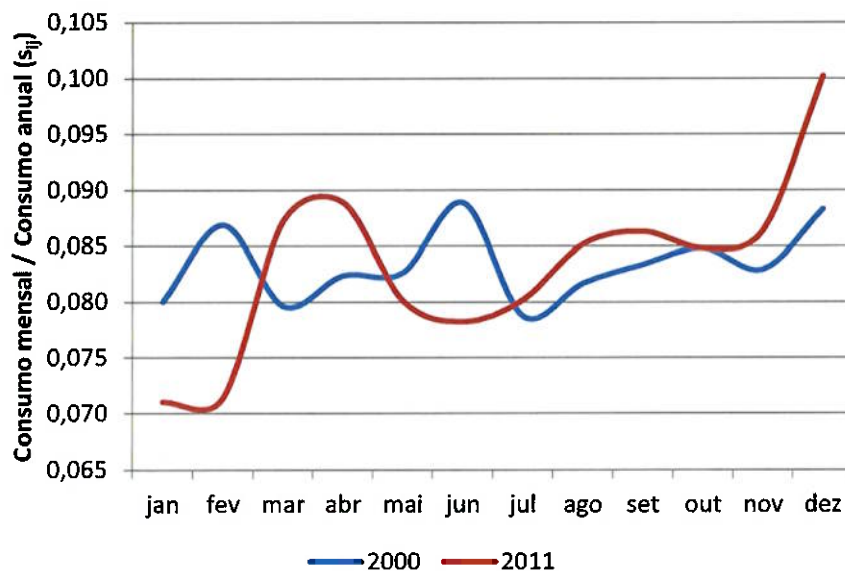


Gráfico 5.5 - Evolução do comportamento sazonal entre 2000 e 2011.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, com o objetivo de melhorar o ajuste do modelo, um novo componente sazonal foi calculado.

De maneira semelhante ao primeiro caso:

$$s_{ij} = \frac{c_{ij}}{c_j}, i = \{1, \dots, 12\}, j = \{2000, \dots, 2011\} \quad \text{Eq. 5.12}$$

Onde:

- c_{ij} é o volume (m^3) de gasolina C vendido no mês i do ano j ;
- c_j é o volume total (m^3) de gasolina C vendida no ano j ;

No entanto, ao invés de calcular o componente sazonal de cada mês como uma média simples dos componentes sazonais de cada mês para os anos entre 2000 e 2011, optou-se por dar maior importância aos componentes dos anos mais recentes através de uma ponderação exponencial:

$$se_i^*(\lambda) = \sum_{j=2000}^{2011} e^{-\lambda(2011-j)} s_{ij}, i = \{1, \dots, 12\} \quad \text{Eq. 5.13}$$

E finalmente:

$$se_i(\lambda) = se_i^*(\lambda) / \sum_{i=1}^{12} se_i^*(\lambda), i = \{1, \dots, 12\} \quad \text{Eq. 5.14}$$

Abaixo, no Gráfico 5.6, é possível observar a determinação do componente sazonal para $\lambda = 0,12$. A linha verde mostra o fator de ponderação exponencial (eixo vertical direito) atribuído a cada ano (eixo horizontal superior), e as barras azuis mostram o componente sazonal (eixo vertical esquerdo) para cada mês do ano (eixo horizontal inferior).

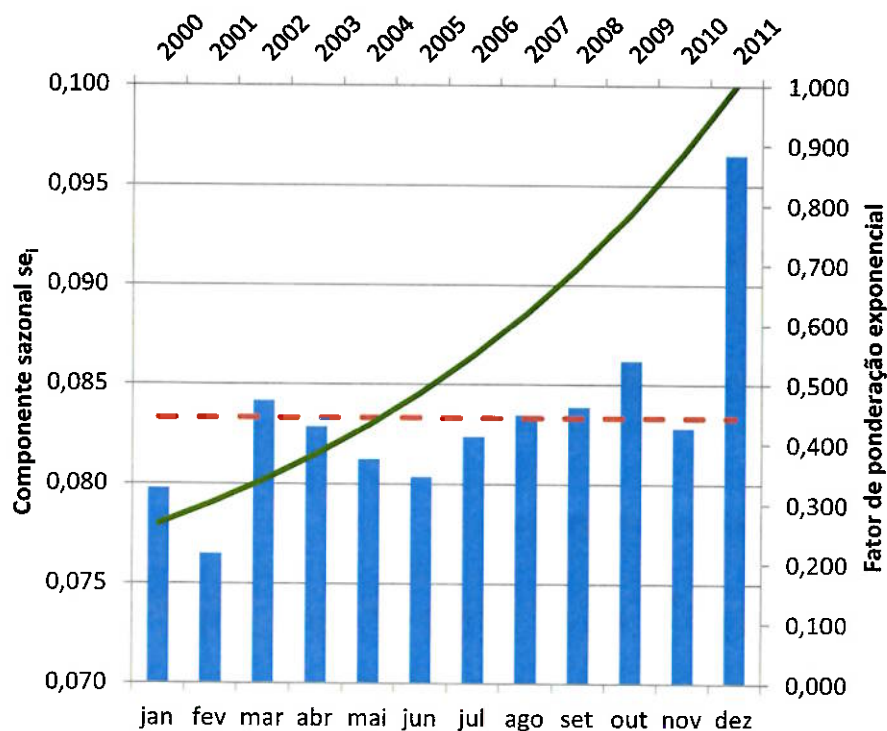


Gráfico 5.6 - Componente sazonal e fator de ponderação exponencial para $\lambda = 0,12$.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A questão que nos colocamos agora é como determinar λ .

Tomando o Modelo V e adaptando-o para a inclusão do novo componente de sazonalidade, obtemos a Eq. 5.15:

$$\begin{aligned}
 G &= f_7(P_{gas}, P_{etan}, Y, G_{t-1}, Se(\lambda)) \\
 &= \alpha + \beta_1 P_{gas} + \beta_2 P_{etan} + \beta_3 Y + \beta_4 G_{t-1} + \beta_5 Se(\lambda)
 \end{aligned}
 \tag{Eq. 5.15}$$

Dado um λ^k pré-determinado, é possível calcular o erro $e(\lambda^k)$ do modelo linear multivariado. Com base em uma série de simulações, foi possível determinar o comportamento do erro das regressões em função de λ^k , como mostrado no Gráfico 5.7:

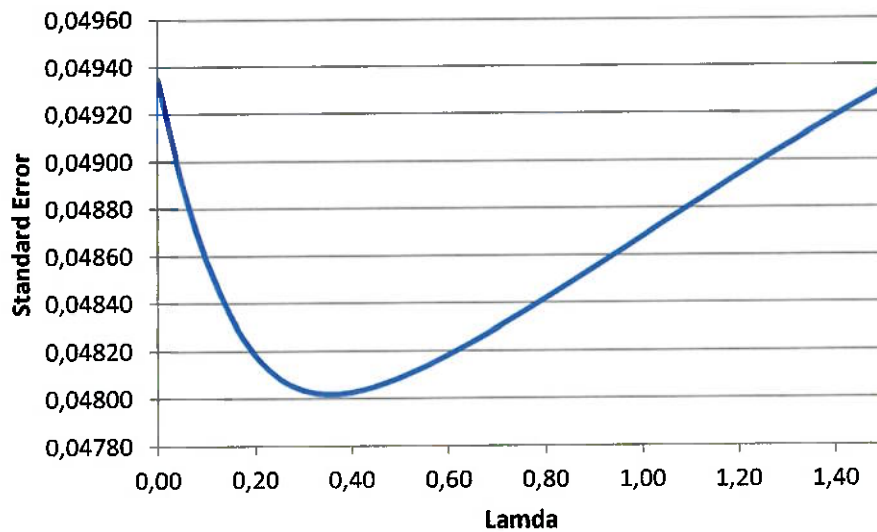


Gráfico 5.7 - Comportamento do erro da regressão do Modelo VII em função de λ .

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se, portanto, que existe um valor $\lambda = \lambda^*$ para o qual o erro é mínimo. Assim, fazendo $\min e(\lambda, \beta)$ podemos, através de um método numérico de otimização, estimar os parâmetros da regressão e obter λ que forneça o menor erro.

Para o caso do modelo especificado na Eq. 5.15, $\lambda^* = 0,35618$ e os coeficientes estimados são:

$$G = 3,00 - 0,56P_{gas} + 0,30P_{etan} + 0,27Y + 0,54G_{t-1} + 8,63Se
 \tag{Eq. 5.16}$$

Com λ fixado em $\lambda = \lambda^*$, a análise convencional de regressão linear pode ser realizada. Os resultados são apresentados na Tabela 5.3.

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	2,99951	0,61857	4,84906	0,00000
PGASC	-0,55741	0,12739	-4,37555	0,00003
PETAN	0,29806	0,05736	5,19653	0,00000
PIB	0,26781	0,04143	6,46391	0,00000
GASC-1	0,54437	0,05902	9,22309	0,00000
SAZe	8,63431	0,87279	9,89273	0,00000

Tabela 5.3 - Coeficientes e *p-values* para o Modelo VII.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como observado nos casos dos modelos anteriores, os coeficientes β_1 e β_2 assumiram valores com os sinais esperados. Ambos foram, conjuntamente, estatisticamente afirmados como significativos, confirmando a teste de que a relação entre os preços da gasolina e do etanol é um dos fatores que influenciam a demanda por gasolina.

Novamente, β_3 assumiu um valor positivo e estatisticamente significativo, comprovando que a atividade econômica do país também é um *driver* do consumo de gasolina automotiva.

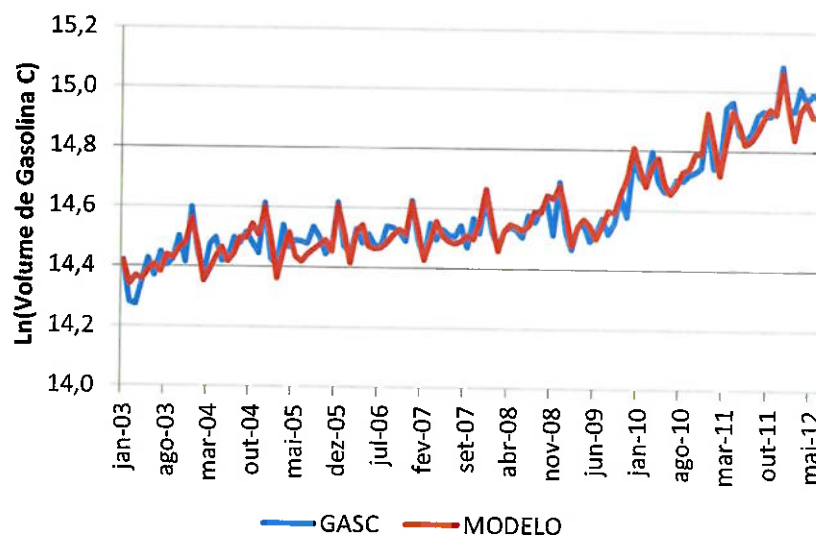


Gráfico 5.8 - Modelo VII.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O comportamento do modelo da Eq. 5.16 é mostrado no Gráfico 5.8. Nota-se uma reprodução satisfatória da tendência de crescimento do consumo e do comportamento sazonal do mesmo.

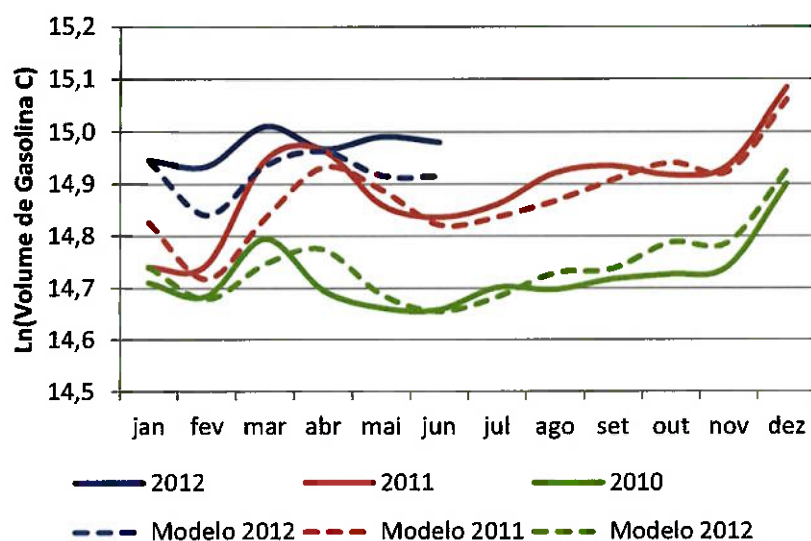


Gráfico 5.9 - Modelo VII, comportamento sazonal.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODELOS

A fim de comparar os resultados obtidos para os modelos V, VI e VII, os mesmos foram resumidos na Tabela 5.4.

	Modelo V	Modelo VI	Modelo VII
Número de Variáveis Independentes	4	5	5
Número de Variáveis Significativas	4	5	5
Multiple R	0,93064	0,96218	0,96423
R Square	0,86608	0,92580	0,92975
Adjusted R Square	0,86117	0,92236	0,92649
Standard Error	0,06599	0,04935	0,04802
Observations	114	114	114
F	176,23319	269,49334	285,85180
Significance F	0,00000	0,00000	0,00000

Tabela 5.4 - Comparação entre os modelos V, VI, e VII.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Novamente, observa-se que todas as regressões realizadas são significativas a níveis inferiores a 1% de significância, sendo as estatísticas F calculadas para os modelos VI e VII consideravelmente superiores à estatística F obtida para o modelo V.

Analisando os valores obtidos para R_a^2 , é possível perceber que os modelos VI e VII apresentam resultados consideravelmente melhores do que o modelo V, fato que deve ser atribuído à introdução do componente de sazonalidade no equacionamento de tais modelos. Comparando unicamente os modelos VI e VII, nota-se uma pequena melhora na capacidade de explicação das variações do consumo de gasolina com a mudança no cálculo do componente de sazonalidade. Como esperado, o desvio padrão residual da amostra, $\sqrt{s_R^2}$, obtido para o modelo VII foi o menor dentre os resultados obtidos para todos os modelos.

Finalmente, como forma de confrontar as capacidades preditivas dos modelos V, VI e VII, uma série de projeções do consumo de gasolina foi realizada segundo a rotina abaixo:

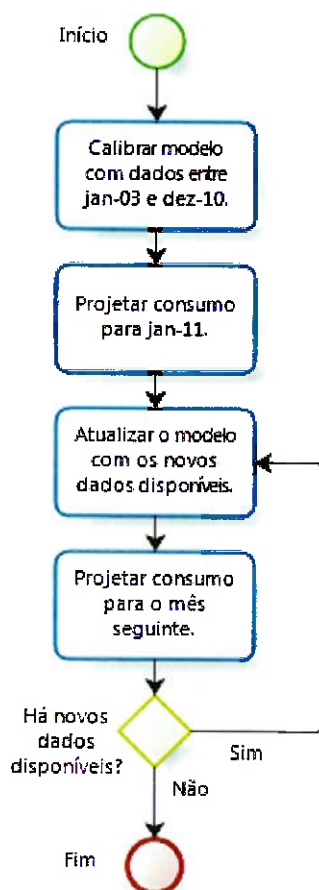


Figura 5.1- Rotina para cálculo das projeções.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, os modelos foram calibrados com noventa e seis das cento e quatorze observações, como indicado no Gráfico 5.10:

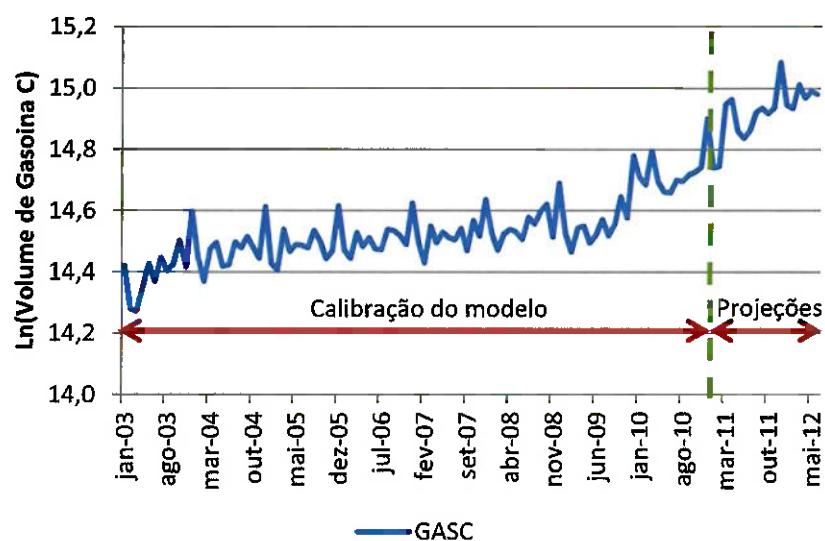


Gráfico 5.10 - Períodos calibração dos modelos e de cálculo de projeções.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 5.11 apresenta a curva projetada pelo modelo V:

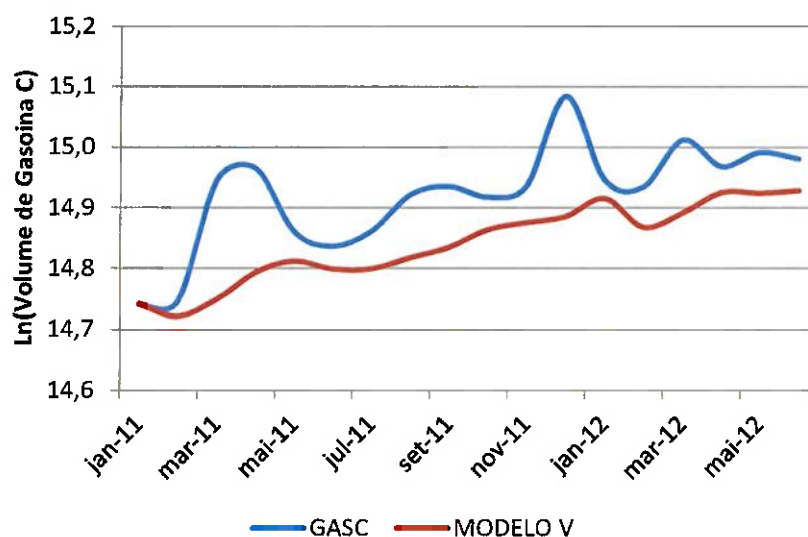


Gráfico 5.11 - Projeções calculadas com o Modelo V.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 5.12 apresenta a curva projetada pelo modelo VI:

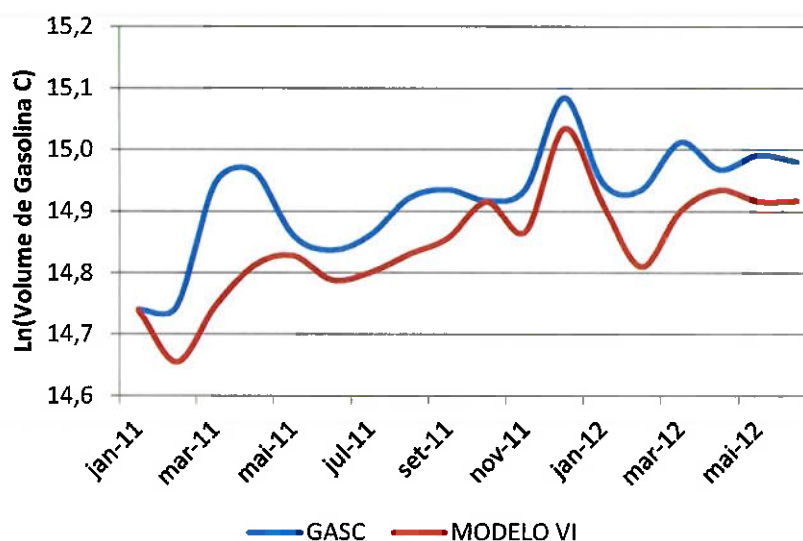


Gráfico 5.12 - Projeções calculadas com o Modelo VI.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Finalmente, o Gráfico 5.13 apresenta a curva projetada pelo modelo VII.

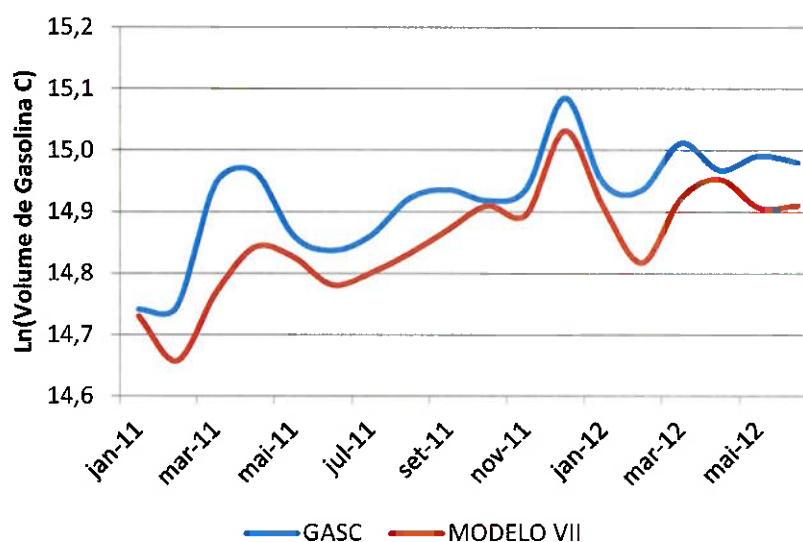


Gráfico 5.13 - Projeções calculadas com o Modelo VII.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No total, dezoito projeções foram realizadas com cada modelo para o período compreendido entre janeiro de 2011 e junho de 2012. Tomando a soma dos erros quadrados dos pontos projetados, obtém-se a Tabela 5.5:

	Soma dos erros quadrados
Modelo V	0,17249
Modelo VI	0,14039
Modelo VII	0,11537

Tabela 5.5 - Erros de projeção para os modelos V, VI e VII.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, pode-se concluir que o modelo VII proposto no presente trabalho apresenta os melhores resultados em termos de qualidade de ajuste e de capacidade de previsão do consumo de gasolina no país.

6 CONCLUSÕES

6.1 CONCLUSÕES DO TRABALHO

O trabalho elaborado responde as duas questões iniciais levantadas: “o que, quanto e onde é produzido?” e “quanto e como é distribuído?”, bem como apresenta resultados interessantes da elaboração e da aplicação de modelos ao consumo brasileiro de gasolina C.

A partir do entendimento da participação dos combustíveis na matriz energética brasileira, do seu processamento e da sua produção no Brasil e, principalmente, do comportamento do mercado e de seus principais participantes, o trabalho foi capaz de expor qualitativamente a dinâmica do consumo de combustíveis no país.

O levantamento da bibliografia relacionada ao tema do trabalho permitiu uma visão abrangente das técnicas atualmente empregadas por pesquisadores na compreensão dos mercados de combustíveis em diversos países. A aplicação dessas técnicas ao caso brasileiro forneceu resultados importantes sobre os fatores capazes de influenciar o consumo de gasolina C no país, tendo ficado clara a correlação existente entre a demanda, a relação entre os preços da gasolina e do etanol e a atividade econômica brasileira.

Como foi extensamente discutido, o consumo de gasolina C apresenta um relevante comportamento sazonal, comprovado por meio de testes estatísticos, cuja constatação levou à elaboração de modelos capazes de incorporar satisfatoriamente a flutuação mensal dos volumes de gasolina C distribuídos no país.

Finalmente, os resultados encontrados na penúltima parte do trabalho reforçaram os resultados que haviam sido obtidos na parte precedente, ao mesmo tempo em que os modelos elaborados forneceram uma melhor qualidade de ajuste e um menor erro nas projeções. Assim, pode-se afirmar que o presente trabalho trouxe uma visão mais extensa, consolidada e quantificada da dinâmica do consumo de gasolina C no Brasil.

6.2 FUTURAS EXTENSÕES

Como descrito no início do trabalho, todas as análises e aplicações de modelos foram realizadas para o caso específico do mercado de gasolina automotiva no Brasil. Ou seja, ainda que os modelos estudados e propostos levem em consideração séries temporais relacionadas ao etanol, a provável correlação existente entre os outros mercados de combustíveis não foi extensamente explorada. Assim, uma possível extensão do presente trabalho seria a elaboração de modelos para os casos do óleo diesel, do gás natural veicular e do próprio etanol, por exemplo.

Evidentemente, outra possível extensão do trabalho poderia envolver a busca de novas variáveis explicativas além das aqui utilizadas para a modelagem do consumo de gasolina automotiva e de outros combustíveis no país. Questões como a possibilidade de introdução de veículos movidos a energia elétrica e outras mudanças tecnológicas podem se mostrar capazes de modificar consideravelmente os padrões de consumo e, portanto, fornecem indícios de outros fatores a serem levados em consideração quando da elaboração dos modelos.

Finalmente, os modelos elaborados podem prover subsídios interessantes para um estudo mais aprofundado das perspectivas e da adequação do parque brasileiro de refino ao atendimento da demanda interna por combustíveis. Somente no primeiro semestre de 2012, a área de negócios de abastecimento da Petrobras acumulou um prejuízo de R\$11.629 milhões, principalmente devido à necessidade crescente de importação de derivados de petróleo a preços superiores aos praticados no mercado interno como forma de suprir a demanda do mercado nacional (PETROBRAS, 2012).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Dados Estatísticos Mensais**. 2012. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=59236&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1349889720388>>. Acesso em: 10 out. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Levantamento de Preços e de Margens de Comercialização de Combustíveis**. 2012. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/preco/>>. Acesso em: 10 out. 2012.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Sistema Gerenciador de Séries Temporais**. 2012. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/sgspub/>>. Acesso em: 10 out. 2012.

BHATTACHARYYA, S. C.; BLAKE, A. Domestic demand for petroleum products in MENA countries. *Energy Policy*, v. 37, n. 4, p. 1552-1560, 2009.

BRASIL. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. Brasília: ANFAVEA, 2012. 158 p.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2011: Ano Base 2010**. Rio de Janeiro: EPE, 2011. 266 p.

CARVALHO, F. de; CUNHA, N. de; NASCIMENTO, J. H. L. do. Fundamentos da Demanda de GLP e Projeção até 2015 Utilizando uma Modelagem Econométrica. **Notas Técnicas ANP**, n. 24, p. 1-18, 2010. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=13872>>. Acesso em: 10 out. 2012.

CLEMENTS, M.; KROLZIG, H. Can oil shocks explain asymmetries in the US business cycle? *Empirical Economics*, v. 27, n. 2, p. 185-204, 2002.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 7ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

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

DÉES, S. et al. Modelling the world oil market: assessment of a quarterly econometric model. *Energy Policy*, v. 35, n. 1, p. 178-191, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Frota de veículos 2000-2012**. 2012. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 10 out. 2012.

DROLLAS, L. P. The demand for gasoline: Further evidence. *Energy Economics*, v. 6, n. 1, p. 71-82, 1984.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Washington State Department of Transportation – Economy Analysis. **Statewide Fuel Consumption Forecast Models**. Washington: 2010. 55 p.

HARVEY, A. **Forecasting, structural time series models and the Kalman Filter**. 1st paperback ed. New York: Cambridge University Press, 1990, c1989. 554 p.

KALMAN, R. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems. *Transactions of the ASME - Journal of Basic Engineering*, n. 82, p. 35-45, 1960.

MANKIW, N. **Introdução à Economia**. 3ª ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 852 p.

MARTINS, G. A. **Manual para elaboração de monografias e dissertações**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2000. 116 p.

MENDENHALL, W.; SINCICH, T. **A second course in business statistics: regression analysis**. 4th ed. New York: Dellen Macmillan, 1993. 859 p.

MOOSA, I. A. Long-run and short-run demand for oil by developing countries: an empirical analysis. *OPEC Review*, n. 22, v. 1, p. 1-12, 1998.

MORETTIN, P.; TOLOI, C. **Análise de séries temporais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. 535 p.

MORK, K. Oil and the macroeconomy when prices go up and down: an extension of Hamilton's results. *Journal of Political Economics*, v. 97, n. 3, p. 740-744, 1989.

NIEMIRA, M. P.; KLEIN, P. K. **Forecasting financial and economic cycles**. New York: Wiley, 1994. 526 p.

PACINI, H.; SILVEIRA, S. Consumer choice between ethanol and gasoline: Lessons from Brazil and Sweden. *Energy Policy*, v. 39, n. 11, p. 6936-6942, 2011.

PARK, S. Y.; ZHAO, G. An estimation of U.S. gasoline demand: A smooth time-varying cointegration approach. *Energy Economics*, v. 32, n. 1, p. 110-120, 2010.

PEDREGAL, D. J. et al. Modelling demand for crude oil products in Spain. *Energy Policy*, v. 37, n. 11, p. 4417-4427, 2009.

PETROBRAS. **Composição de Preços**. 2012. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/produtos/composicao-de-precos/>. Acesso em: 10 out. 2012.

PETROBRAS. **Detalhamento do Plano de Negócios 2012-2016 de Exploração e Produção**. 2012. Disponível em: <http://www.investidorpetrobras.com.br/pt/apresentacoes/detalhamento-do-plano-de-negocios-2012-2016-de-exploracao-e-producao.htm>. Acesso em: 10 out. 2012.

PETROBRAS. **Resultado do Primeiro Semestre de 2012**. 2012. Disponível em: <http://www.investidorpetrobras.com.br/pt/central-de-resultados/2t12.htm>. Acesso em: 10 out. 2012.

RAMOS, A. W. **PRO2711 – Estatística**. São Paulo: Epusp, 2009. 215 p. Apostila para disciplina de graduação do Departamento de Engenharia de Produção, PRO2711 – Estatística II.

SENE, S. O. Estimating the demand for gasoline in developing countries: Senegal. *Energy Economics*, v. 34, n. 1, p. 189-194, 2012.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Frota Circulante**. 2012. Disponível em <http://www.frotacirculante.com.br/>. Acesso em: 10 out. 2012.

SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEIS E DE LUBRIFICANTES. **Coletiva de Imprensa**. 2011. Disponível em http://www.sindicom.com.br/pub_sind/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=15. Acesso em: 10 out. 2012.

SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEIS E DE LUBRIFICANTES. **Distribuição de Combustíveis e Panorama para o Etanol**. 2012. Disponível em: http://www.sindicom.com.br/pub_sind/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=15. Acesso em: 10 out. 2012.

TAVARES, M. E. E. **Análise do Refino no Brasil: estado e perspectivas – uma análise “cross section”**. 2005. 384 p. Dissertação (Doutorado) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

Um sonho corroído. **Veja**, São Paulo, 24 mai. 1989. Disponível em: http://veja.abril.com.br/arquivo_veja/capa_24051989.shtml. Acesso em: 10 out. 2012.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-ACÚCAR. **Consumo de Combustíveis**. 2012. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/historico-de-consumo-de-combustiveis.php?idMn=11&tipoHistorico=10>. Acesso em: 10 out. 2012.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-ACÚCAR. **Histórico de Produção e Moagem por Produto**. 2012. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2>>. Acesso em: 10 out. 2012.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 701 p.

APÊNDICE A – RESULTADOS COMPLETOS DAS REGRESSÕES

Nas próximas páginas, serão apresentados os resultados dos testes estatísticos realizados para cada modelo discutido nesse trabalho.

Todas as análises foram realizadas com auxílio do software Microsoft Excel 2010.

- Modelo I: $G = f_1(P_{gas}, Y)$

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,85528
R Square	0,73150
Adjusted R Square	0,72666
Standard Error	0,09259
Observations	114

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	2	2,59273	1,29636	151,20202	0,00000
Residual	111	0,95168	0,00857		
Total	113	3,54441			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	7,95649	0,54807	14,51742	0,00000	6,87046	9,04252	6,87046	9,04252
PGASC	-0,22529	0,18254	-1,23417	0,21975	-0,58701	0,13643	-0,58701	0,13643
PIB	0,55422	0,05520	10,04104	0,00000	0,44485	0,66360	0,44485	0,66360

Quadro A.1 - Resultados completos da regressão para o Modelo I.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo II: $G = f_2(P_{gas}, Y, G_{t-1})$

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,91557
R Square	0,83827
Adjusted R Square	0,83386
Standard Error	0,07219
Observations	114

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	3	2,97119	0,99040	190,05261	0,00000
Residual	110	0,57323	0,00521		
Total	113	3,54441			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	2,81467	0,73933	3,80705	0,00023	1,34949	4,27986	1,34949	4,27986
PGASC	-0,20183	0,14234	-1,41793	0,15904	-0,48392	0,08026	-0,48392	0,08026
PIB	0,27134	0,05435	4,99270	0,00000	0,16364	0,37904	0,16364	0,37904
GASC-1	0,59023	0,06926	8,52197	0,00000	0,45297	0,72749	0,45297	0,72749

Quadro A.2 - Resultados completos da regressão para o Modelo II.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo III: $G = f_3(P_{gas}, Y, V)$

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,88543
R Square	0,78399
Adjusted R Square	0,77607
Standard Error	0,08381
Observations	114

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	4	2,77880	0,69470	98,90424	0,00000
Residual	109	0,76561	0,00702		
Total	113	3,54441			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	27,73410	5,11710	5,41988	0,00000	17,59217	37,87603	17,59217	37,87603
PGASC	0,57051	0,22748	2,50793	0,01362	0,11965	1,02138	0,11965	1,02138
FGASC	-1,56576	0,39234	-3,99086	0,00012	-2,34336	-0,78816	-2,34336	-0,78816
FFLEX	-0,00565	0,00272	-2,07309	0,04052	-0,01105	-0,00025	-0,01105	-0,00025
PIB	1,10162	0,13833	7,96364	0,00000	0,82745	1,37579	0,82745	1,37579

Quadro A.3 - Resultados completos da regressão para o Modelo III.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo IV: $G = f_4(P_{gas}, P_{etan}, Y)$

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,91503
R Square	0,83727
Adjusted R Square	0,83283
Standard Error	0,07241
Observations	114

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	3	2,96763	0,98921	188,65686	0,00000
Residual	110	0,57678	0,00524		
Total	113	3,54441			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	8,33179	0,43090	19,33600	0,00000	7,47786	9,18572	7,47786	9,18572
PGASC	-1,07541	0,17460	-6,15910	0,00000	-1,42143	-0,72938	-1,42143	-0,72938
PETAN	0,59109	0,06990	8,45575	0,00000	0,45256	0,72963	0,45256	0,72963
PIB	0,56491	0,04318	13,08161	0,00000	0,47933	0,65049	0,47933	0,65049

Quadro A.4 - Resultados completos da regressão para o Modelo IV.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo V: $G = f_5(P_{gas}, P_{etan}, Y, G_{t-1})$

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,93064
R Square	0,86608
Adjusted R Square	0,86117
Standard Error	0,06599
Observations	114

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	4	3,06975	0,76744	176,23319	0,00000
Residual	109	0,47466	0,00435		
Total	113	3,54441			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	4,91578	0,80735	6,08880	0,00000	3,31564	6,51591	3,31564	6,51591
PGASC	-0,74512	0,17312	-4,30401	0,00004	-1,08824	-0,40200	-1,08824	-0,40200
PETAN	0,37184	0,07816	4,75763	0,00001	0,21693	0,52674	0,21693	0,52674
PIB	0,38067	0,05474	6,95436	0,00000	0,27218	0,48915	0,27218	0,48915
GASC-1	0,37615	0,07767	4,84257	0,00000	0,22220	0,53009	0,22220	0,53009

Quadro A.5 - Resultados completos da regressão para o Modelo V.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo VI: $G = f_6(P_{gas}, P_{etan}, Y, G_{t-1}, S)$

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,96218
R Square	0,92580
Adjusted R Square	0,92236
Standard Error	0,04935
Observations	114

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	5	3,28141	0,65628	269,49334	0,00000
Residual	108	0,26301	0,00244		
Total	113	3,54441			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	3,19415	0,63136	5,05919	0,00000	1,94269	4,44561	1,94269	4,44561
PGASC	-0,59643	0,13044	-4,57242	0,00001	-0,85499	-0,33788	-0,85499	-0,33788
PETAN	0,33054	0,05861	5,63926	0,00000	0,21435	0,44672	0,21435	0,44672
PIB	0,28494	0,04220	6,75177	0,00000	0,20129	0,36859	0,20129	0,36859
GASC-1	0,50425	0,05969	8,44791	0,00000	0,38594	0,62257	0,38594	0,62257
SAZ	11,03740	1,18393	9,32270	0,00000	8,69065	13,38414	8,69065	13,38414

Quadro A.6 - Resultados completos da regressão para o Modelo VI.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo VII: $G = f_7(P_{gas}, P_{etan}, Y, G_{t-1}, Se)$

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,96423
R Square	0,92975
Adjusted R Square	0,92649
Standard Error	0,04802
Observations	114

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	5	3,29540	0,65908	285,85180	0,00000
Residual	108	0,24901	0,00231		
Total	113	3,54441			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	2,99951	0,61857	4,84906	0,00000	1,77338	4,22563	1,77338	4,22563
PGASC	-0,55741	0,12739	-4,37555	0,00003	-0,80993	-0,30490	-0,80993	-0,30490
PETAN	0,29806	0,05736	5,19653	0,00000	0,18437	0,41175	0,18437	0,41175
PIB	0,26781	0,04143	6,46391	0,00000	0,18568	0,34993	0,18568	0,34993
GASC-1	0,54437	0,05902	9,22309	0,00000	0,42738	0,66136	0,42738	0,66136
SAZe	8,63431	0,87279	9,89273	0,00000	6,90428	10,36433	6,90428	10,36433

Quadro A.7 - Resultados completos da regressão para o Modelo VII.

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE B – RESULTADOS COMPLETOS DA APLICAÇÃO DO FILTRO DE KALMAN

Nas próximas páginas, serão apresentados os resultados das aplicações do Filtro de Kalman ao conjunto de dados em estudo.

Todas as análises foram realizadas com auxílio do software Eviews 7.

- Filtro de Kalman I:

$$\begin{aligned} @state \text{ sv1} = & c(1) + c(2)P_{gas} + c(3)P_{gas} + c(4)Y + c(5)F_{gas} \\ & + c(6)F_{flex} + c(7)sv(-1) \end{aligned} \quad \text{Eq. B.1}$$

$$@signal \text{ gasc} = sv1 + [var = \exp(c(8))] \quad \text{Eq. B.2}$$

Sspace: KALMAN
Method: Maximum likelihood (Marquardt)
Date: 11/03/12 Time: 12:04
Sample: 2003M01 2012M06
Included observations: 114
Failure to improve Likelihood after 54 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	2.861554	0.397960	7.190557	0.0000
C(2)	-2.289972	0.270944	-8.451819	0.0000
C(3)	0.905239	0.097024	9.330048	0.0000
C(4)	0.663003	0.072668	9.123756	0.0000
C(5)	0.802921	0.077904	10.30654	0.0000
C(6)	0.002456	0.001585	1.549063	0.1214
C(7)	-0.599393	0.067810	-8.839262	0.0000
C(8)	-5.089552	0.158803	-32.04943	0.0000
	Final State	Root MSE	z-Statistic	Prob.
SV1	14.86134	2.87E-27	5.19E+27	0.0000
Log likelihood	120.1691	Akaike info criterion	-1.967879	
Parameters	8	Schwarz criterion	-1.775865	
Diffuse priors	1	Hannan-Quinn criter.	-1.889952	

Quadro B.1- Resultados do filtro de Kalman I.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Filtro de Kalman II:

$$\begin{aligned} @state \text{ sv1} &= c(1) + c(2)P_{gas} + c(3)P_{gas} + c(4)Y \\ &+ c(5)sv(-1) \end{aligned} \quad \text{Eq. B.3}$$

$$@signal \text{ gasc} = sv1 + [var = \exp(c(6))]$$

Eq. B.4

Sspace: KALMAN2

Method: Maximum likelihood (Marquardt)

Date: 11/03/12 Time: 12:04

Sample: 2003M01 2012M06

Included observations: 114

Failure to improve Likelihood after 12 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	-5.925410	0.089186	-66.43887	0.0000
C(2)	0.468468	0.134978	3.470701	0.0005
C(3)	-0.322028	0.051725	-6.225737	0.0000
C(4)	-0.242832	0.040742	-5.960233	0.0000
C(5)	1.593003	0.022553	70.63417	0.0000
C(6)	-5.206763	0.151822	-34.29510	0.0000
	Final State	Root MSE	z-Statistic	Prob.
SV1	15.25373	0.091790	166.1806	0.0000
Log likelihood	72.06453	Akaike info criterion		-1.159027
Parameters	6	Schwarz criterion		-1.015016
Diffuse priors	1	Hannan-Quinn criter.		-1.100581

Quadro B.2 - Resultados do filtro de Kalman II.

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE C – A QUESTÃO DA MULTICOLINEARIDADE

Segundo Mendenhall e Sincich (1993), é comum que duas ou mais variáveis usadas em um modelo de regressão contribuam com informações redundantes. Nesses casos, as variáveis independentes são correlacionadas e dizemos que existe multicolinearidade.

Quando as variáveis independentes são fortemente correlacionadas, erros de arredondamento no cálculo das estimativas dos coeficientes da regressão tendem a ser mais recorrentes, uma vez que a inversão da matriz $X'X$ torna-se uma tarefa mais complicada do ponto de vista computacional.

A multicolinearidade também pode ter efeitos nos sinais dos parâmetros estimados. Mais especificamente, o sinal de algum β_k pode apresentar o sinal oposto do que era inicialmente esperado caso exista uma elevada correlação entre as variáveis independentes.

A detecção da multicolinearidade pode ser feita a partir do cálculo de fatores de inflação de variância para os parâmetros da regressão. Se considerarmos o modelo:

$$E(y) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad \text{Eq. C.1}$$

Os fatores de inflação de variância podem ser obtidos por:

$$(VIF)_i = \frac{1}{1 - R_i^2}, i = 1, 2, \dots, k \quad \text{Eq. C.2}$$

Onde R_i^2 é o coeficiente de correlação linear múltipla para o modelo:

$$E(x_i) = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_{i-1} x_{i-1} + \alpha_{i+1} x_{i+1} + \dots + \alpha_k x_k \quad \text{Eq. C.3}$$

Que pode ser calculado por:

$$R_i^2 = 1 - \frac{SSE}{SS_{x_i x_i}} = 1 - \frac{\sum_j (x_{ij} - \hat{x}_{ij})^2}{\sum_j (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad \text{Eq. C.4}$$

De acordo com Mendenhall e Sincich (1993), fatores de inflação de variância superiores a 10 são indicadores de existência de forte multicolinearidade.

Os quadros das próximas páginas apresentam os fatores de inflação de variância para os parâmetros estimados de todos os modelos abordados no presente trabalho. À exceção do

Modelo III, em nenhum outro caso foram detectados indícios de existência de forte multicolinearidade entre as variáveis independentes.

Todas as análises foram realizadas com auxílio do software Minitab 16.

- Modelo I: $G = f_1(P_{gas}, Y)$

Regression Analysis: GASC versus PGASC; PIB						
The regression equation is						
GASC = 7,96 - 0,225 PGASC + 0,554 PIB						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	7,9565	0,5481	14,52	0,000		
PGASC	-0,2253	0,1825	-1,23	0,220	3,727	
PIB	0,55422	0,05520	10,04	0,000	3,727	
S = 0,0925944 R-Sq = 73,1% R-Sq(adj) = 72,7%						

Quadro C.1 - VIFs para Modelo I.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo II: $G = f_2(P_{gas}, Y, G_{t-1})$

Regression Analysis: GASC versus PGASC; PIB; GASCD						
The regression equation is						
GASC = 2,81 - 0,202 PGASC + 0,271 PIB + 0,590 GASCD						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	2,8147	0,7393	3,81	0,000		
PGASC	-0,2018	0,1423	-1,42	0,159	3,728	
PIB	0,27134	0,05435	4,99	0,000	5,944	
GASCD	0,59023	0,06926	8,52	0,000	3,124	
S = 0,0721884 R-Sq = 83,8% R-Sq(adj) = 83,4%						

Quadro C.2 - VIFs para Modelo II.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo III: $G = f_3(P_{gas}, Y, V)$

Regression Analysis: GASC versus PGASC; FGASC; FFLEX; PIB

The regression equation is

$$GASC = 27,7 + 0,571 PGASC - 1,57 FGASC - 0,00565 FFLEX + 1,10 PIB$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	27,734	5,117	5,42	0,000	
PGASC	0,5705	0,2275	2,51	0,014	7,064
FGASC	-1,5658	0,3923	-3,99	0,000	46,125
FFLEX	-0,005648	0,002724	-2,07	0,041	2,883
PIB	1,1016	0,1383	7,96	0,000	28,572

S = 0,0838091 R-Sq = 78,4% R-Sq(adj) = 77,6%

Quadro C.3 - VIFs para Modelo III.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo IV: $G = f_4(P_{gas}, P_{etan}, Y)$

Regression Analysis: GASC versus PGASC; PETAN; PIB

The regression equation is

$$GASC = 8,33 - 1,08 PGASC + 0,591 PETAN + 0,565 PIB$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	8,3318	0,4309	19,34	0,000	
PGASC	-1,0754	0,1746	-6,16	0,000	5,575
PETAN	0,59109	0,06990	8,46	0,000	2,720
PIB	0,56491	0,04318	13,08	0,000	3,730

S = 0,0724116 R-Sq = 83,7% R-Sq(adj) = 83,3%

Quadro C.4 - VIFs para Modelo IV.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo V: $G = f_5(P_{gas}, P_{etan}, Y, G_{t-1})$

Regression Analysis: GASC versus PGASC; PETAN; PIB; GASCD

The regression equation is

$$GASC = 4,92 - 0,745 PGASC + 0,372 PETAN + 0,381 PIB + 0,376 GASCD$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	4,9158	0,8073	6,09	0,000	
PGASC	-0,7451	0,1731	-4,30	0,000	6,599
PETAN	0,37184	0,07816	4,76	0,000	4,094
PIB	0,38067	0,05474	6,95	0,000	7,216
GASCD	0,37615	0,07767	4,84	0,000	4,702

S = 0,0659900 R-Sq = 86,6% R-Sq(adj) = 86,1%

Quadro C.5 - VIFs para Modelo V.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo VI: $G = f_6(P_{gas}, P_{etan}, Y, G_{t-1}, S)$

Regression Analysis: GASC versus PGASC; PETAN; PIB; GASCD; SAZ

The regression equation is

$$GASC = 3,19 - 0,596 PGASC + 0,331 PETAN + 0,285 PIB + 0,504 GASCD + 11,0 SAZ$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	3,1941	0,6314	5,06	0,000	
PGASC	-0,5964	0,1304	-4,57	0,000	6,700
PETAN	0,33054	0,05861	5,64	0,000	4,118
PIB	0,28494	0,04220	6,75	0,000	7,670
GASCD	0,50425	0,05969	8,45	0,000	4,965
SAZ	11,037	1,184	9,32	0,000	1,077

S = 0,0493482 R-Sq = 92,6% R-Sq(adj) = 92,2%

Quadro C.6 - VIFs para Modelo VI.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo VII: $G = f_7(P_{gas}, P_{etan}, Y, G_{t-1}, Se)$

Regression Analysis: GASC versus PGASC; PETAN; PIB; GASCD; SAZe

The regression equation is

$$GASC = 3,00 - 0,557 PGASC + 0,298 PETAN + 0,268 PIB + 0,544 GASCD + 8,63 SAZe$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	2,9995	0,6186	4,85	0,000	
PGASC	-0,5574	0,1274	-4,38	0,000	6,749
PETAN	0,29806	0,05736	5,20	0,000	4,165
PIB	0,26781	0,04143	6,46	0,000	7,808
GASCD	0,54437	0,05902	9,22	0,000	5,127
SAZe	8,6343	0,8728	9,89	0,000	1,106

S = 0,0480174 R-Sq = 93,0% R-Sq(adj) = 92,6%

Quadro C.7 - VIFs para Modelo VII.

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE D – TESTES PARA SAZONALIDADE DETERMINÍSTICA

Para o teste de Kruskal-Wallis, a estatística T_1 é calculada.

$$T_1 = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1) \quad \text{Eq. D.1}$$

Para o teste de Friedman, a estatística T_2 é calculada:

$$T_2 = \frac{12}{pk(k+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^{*2}}{n_j} - 3p(k+1) \quad \text{Eq. D.2}$$

Ambas as estatísticas são aproximadas por uma variável χ^2 com $k - 1$ graus de liberdade.

Com base nos dados coletados, as estatísticas T_1 e T_2 obtidas foram:

- Teste de Kurskal-Wallis: $T_1 = 19,120$
- Teste de Friedman: $T_2 = 53,513$

Comparando com $\chi_{11;0,10}^2 = 17,275$, rejeitamos em ambos os casos a hipótese nula de não existência de sazonalidade.

As tabelas das próximas páginas detalham o processo de cálculo de T_1 e T_2 .

Ano / Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2000	1.810.572	1.966.365	1.801.198	1.863.562	1.869.176	2.011.256	1.780.834	1.847.763	1.885.878	1.919.653	1.875.821	1.998.117
2001	1.845.440	1.714.464	1.885.719	1.862.995	1.901.299	1.940.547	1.813.032	1.909.391	1.794.803	1.868.048	1.791.888	1.883.374
2002	1.921.459	1.805.728	1.876.689	1.893.523	1.885.042	1.757.909	1.848.169	1.857.341	1.839.996	2.104.499	1.736.800	2.083.103
2003	1.827.855	1.590.595	1.578.290	1.705.272	1.839.794	1.739.301	1.879.542	1.800.039	1.836.582	1.986.193	1.819.879	2.187.311
2004	1.883.483	1.742.412	1.933.875	1.976.364	1.827.068	1.835.733	1.980.068	1.941.597	2.012.721	1.942.846	1.876.477	2.221.234
2005	1.843.908	1.805.672	2.062.841	1.917.475	1.963.680	1.956.777	1.940.779	2.053.537	1.984.885	1.873.754	1.920.306	2.229.875
2006	1.926.858	1.874.940	2.040.355	1.947.975	2.007.190	1.934.165	1.928.606	2.062.841	2.052.914	2.022.895	1.961.920	2.246.973
2007	1.976.896	1.844.983	2.083.408	1.973.344	2.042.571	2.007.011	1.992.884	2.069.937	1.923.142	2.121.191	2.016.819	2.273.262
2008	2.034.837	1.926.803	2.031.921	2.062.343	2.044.138	1.993.712	2.146.454	2.096.694	2.187.424	2.239.878	2.011.583	2.398.995
2009	2.039.273	1.914.531	2.071.668	2.084.110	1.970.897	2.023.362	2.127.463	2.020.808	2.098.188	2.296.541	2.138.751	2.623.497
2010	2.448.435	2.385.364	2.663.940	2.412.309	2.332.079	2.323.568	2.424.926	2.415.108	2.465.610	2.487.206	2.525.660	2.959.459
2011	2.521.224	2.534.105	3.097.720	3.155.810	2.842.808	2.775.751	2.845.254	3.022.670	3.063.239	3.009.696	3.066.216	3.556.763

Tabela D.1 - Volumes vendidos de gasolina C, em metros cúbicos (m³).

Fonte: ANP (2012).

Ano / Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2000	14,40915	14,49170	14,40396	14,43800	14,44101	14,51427	14,39259	14,42949	14,44990	14,46765	14,44456	14,50772
2001	14,42823	14,35461	14,44982	14,43770	14,45805	14,47848	14,41051	14,46230	14,40041	14,44040	14,39878	14,44858
2002	14,46860	14,40647	14,44502	14,45395	14,44946	14,37964	14,42971	14,43466	14,42527	14,55959	14,36756	14,54937
2003	14,41865	14,27962	14,27185	14,34924	14,42516	14,36899	14,44654	14,40332	14,42342	14,50173	14,41428	14,59818
2004	14,44863	14,37078	14,47504	14,49677	14,41822	14,42295	14,49864	14,47902	14,51500	14,47966	14,44491	14,61357
2005	14,42740	14,40644	14,53959	14,46652	14,49033	14,48681	14,47860	14,53507	14,50107	14,44345	14,46800	14,61746
2006	14,47140	14,44409	14,52863	14,48230	14,51225	14,47519	14,47231	14,53959	14,53477	14,52004	14,48943	14,62509
2007	14,49704	14,42798	14,54952	14,49524	14,52972	14,51216	14,50509	14,54303	14,46947	14,56749	14,51703	14,63673
2008	14,52593	14,47137	14,52449	14,53935	14,53049	14,50551	14,57933	14,55587	14,59824	14,62193	14,51443	14,69056
2009	14,52810	14,46498	14,54386	14,54985	14,49400	14,52027	14,57044	14,51901	14,55658	14,64691	14,57573	14,78002
2010	14,71096	14,68486	14,79532	14,69609	14,66227	14,65861	14,70131	14,69725	14,71795	14,72667	14,74201	14,90052
2011	14,74026	14,74535	14,94618	14,96476	14,86030	14,83643	14,86116	14,92165	14,93498	14,91735	14,93595	15,08436

Tabela D.2 - Logaritmo natural dos volumes vendidos de gasolina C.

Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de ANP (2012).

Ano / Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2000	16	68	13	32	34	81	9	28	45	51	37	78
2001	27	4	44	31	47	60	17	48	11	33	10	41
2002	53	15	39	46	43	8	29	30	24	106	5	101
2003	20	2	1	3	23	6	40	12	22	75	18	111
2004	42	7	58	71	19	21	73	62	83	63	38	113
2005	25	14	97	50	67	65	61	95	74	35	52	114
2006	56	36	91	64	80	59	57	98	94	86	66	116
2007	72	26	102	70	92	79	76	99	54	107	84	117
2008	89	55	88	96	93	77	110	104	112	115	82	122
2009	90	49	100	103	69	87	108	85	105	118	109	132
2010	126	121	133	123	120	119	125	124	127	128	130	137
2011	129	131	142	143	135	134	136	139	140	138	141	144

Tabela D.3 - Postos R_{ij}.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ano / Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2000	3	10	2	5	6	12	1	4	8	9	7	11
2001	5	1	9	6	10	12	4	11	3	7	2	8
2002	10	3	7	9	8	2	5	6	4	12	1	11
2003	7	2	1	3	9	4	10	5	8	11	6	12
2004	5	1	6	9	2	3	10	7	11	8	4	12
2005	2	1	11	4	8	7	6	10	9	3	5	12
2006	2	1	9	5	7	4	3	11	10	8	6	12
2007	4	1	10	3	8	6	5	9	2	11	7	12
2008	5	1	4	7	6	2	9	8	10	11	3	12
2009	5	1	6	7	2	4	9	3	8	11	10	12
2010	7	3	11	4	2	1	6	5	8	9	10	12
2011	1	2	10	11	4	3	5	7	8	6	9	12

Tabela D.4 - Postos R_{ij}^{*}.

Fonte: Elaborado pelo autor.

j	R.j	R*.j	R.j ²	R*.j ²
1	745	56	555.025	3.136
2	528	27	278.784	729
3	908	86	824.464	7.396
4	832	73	692.224	5.329
5	822	72	675.684	5.184
6	796	60	633.616	3.600
7	841	73	707.281	5.329
8	924	86	853.776	7.396
9	891	89	793.881	7.921
10	1.055	106	1.113.025	11.236
11	772	70	595.984	4.900
12	1.326	138	1.758.276	19.044

Tabela D.5 - Cálculo das estatísticas T_1 e T_2 .

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE E – GRÁFICOS DE NORMALIDADE DOS RESÍDUOS

A seguir, são apresentadas as distribuições dos resíduos em papel de probabilidade normal para todos os casos estudados no presente trabalho.

Os gráficos foram gerados com auxílio do software Minitab 16.

- Modelo I: $G = f_1(P_{gas}, Y)$

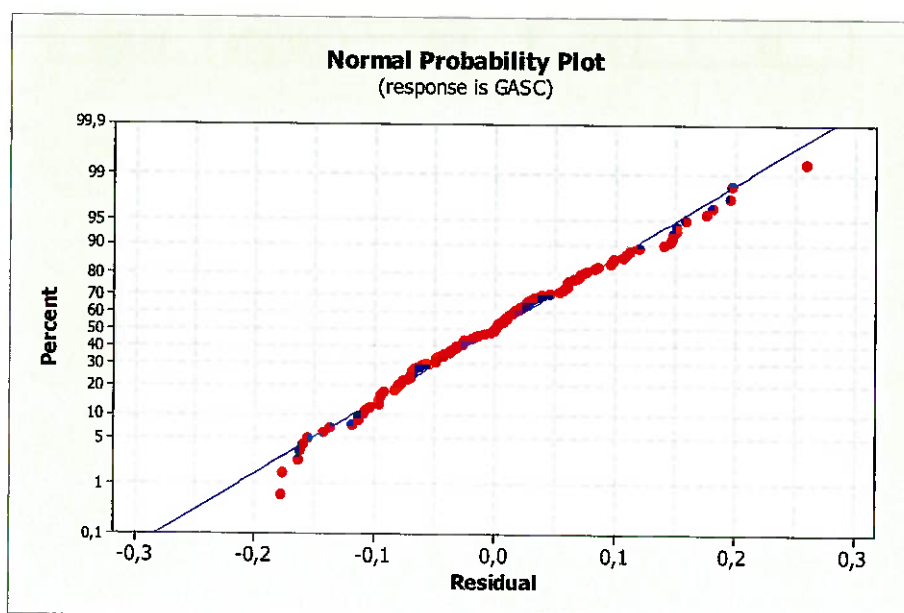


Gráfico E.0.1 - Resíduos do Modelo I em PPN.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo II: $G = f_2(P_{gas}, Y, G_{t-1})$

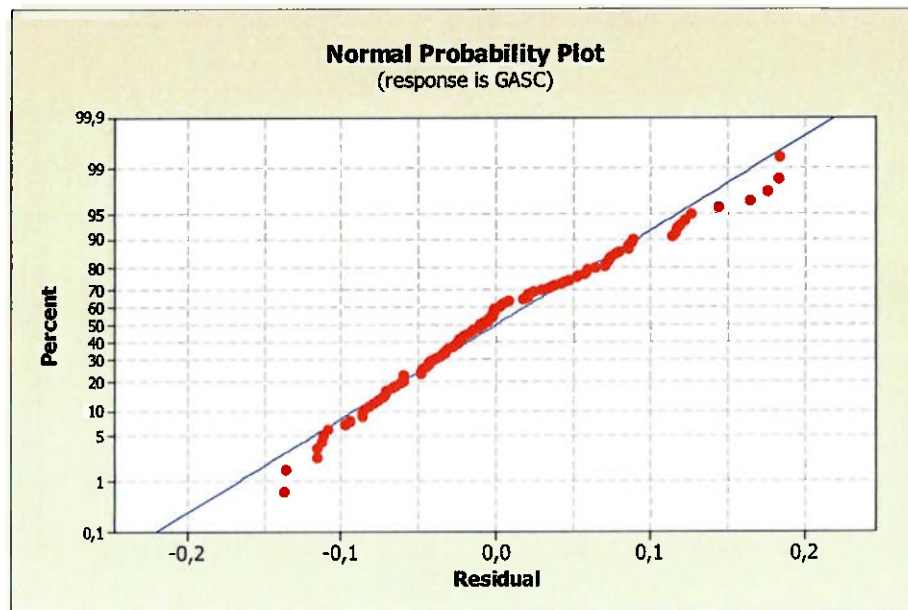


Gráfico E.0.2 - Resíduos do Modelo II em PPN.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo III: $G = f_3(P_{gas}, Y, V)$

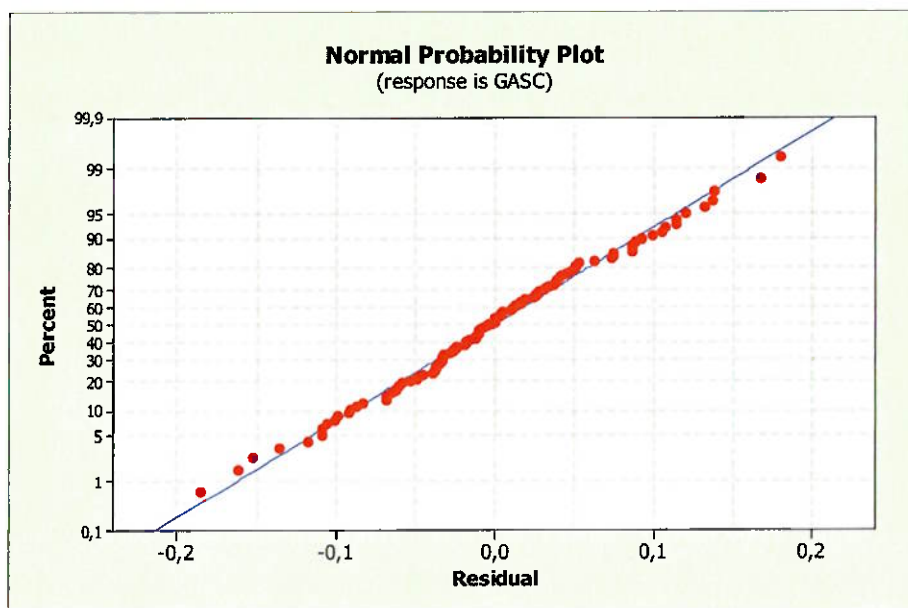


Gráfico E.0.3 - Resíduos do Modelo III em PPN.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo IV: $G = f_4(P_{gas}, P_{etan}, Y)$

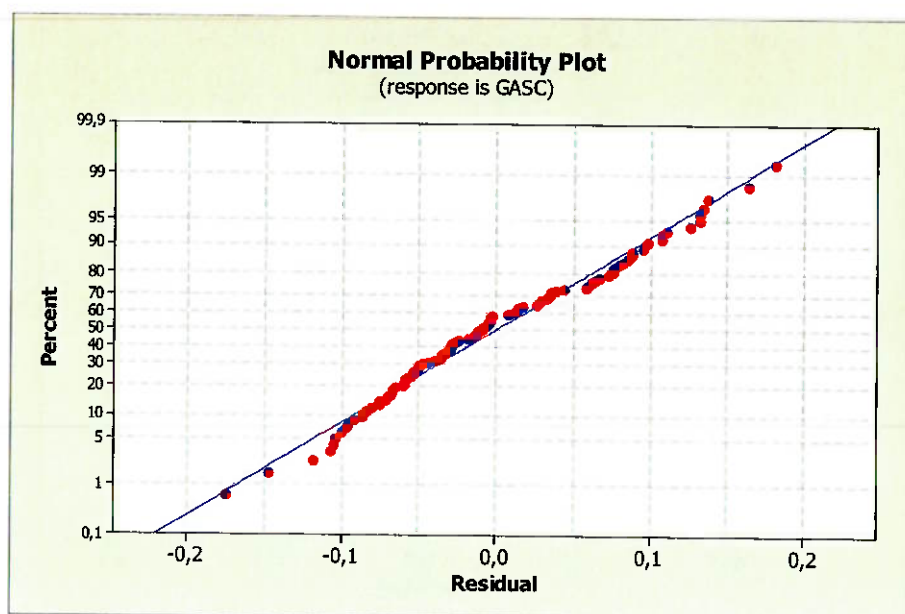


Gráfico E.0.4 - Resíduos do Modelo IV em PPN.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo V: $G = f_5(P_{gas}, P_{etan}, Y, G_{t-1})$

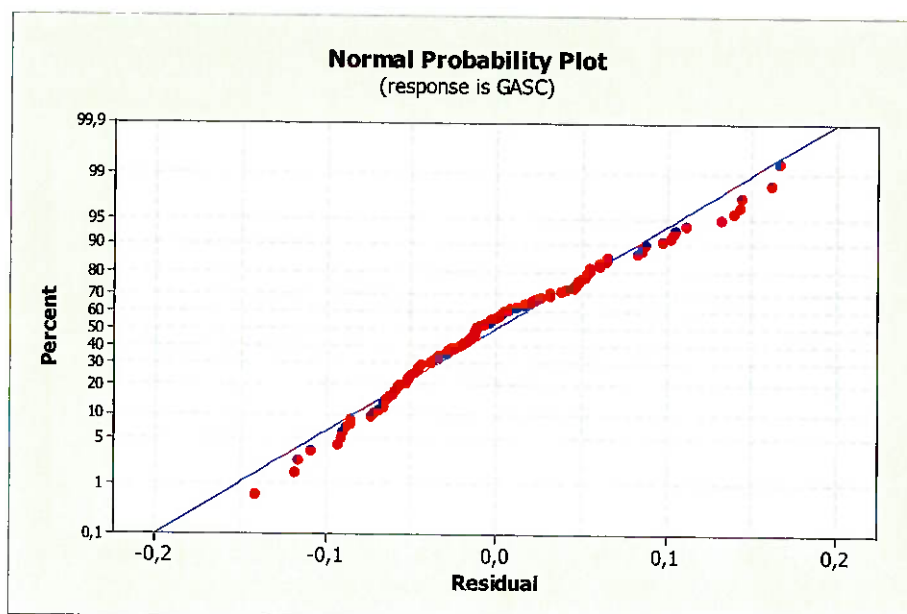


Gráfico E.0.5 - Resíduos do Modelo V em PPN.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo VI: $G = f_6(P_{gas}, P_{etan}, Y, G_{t-1}, S)$

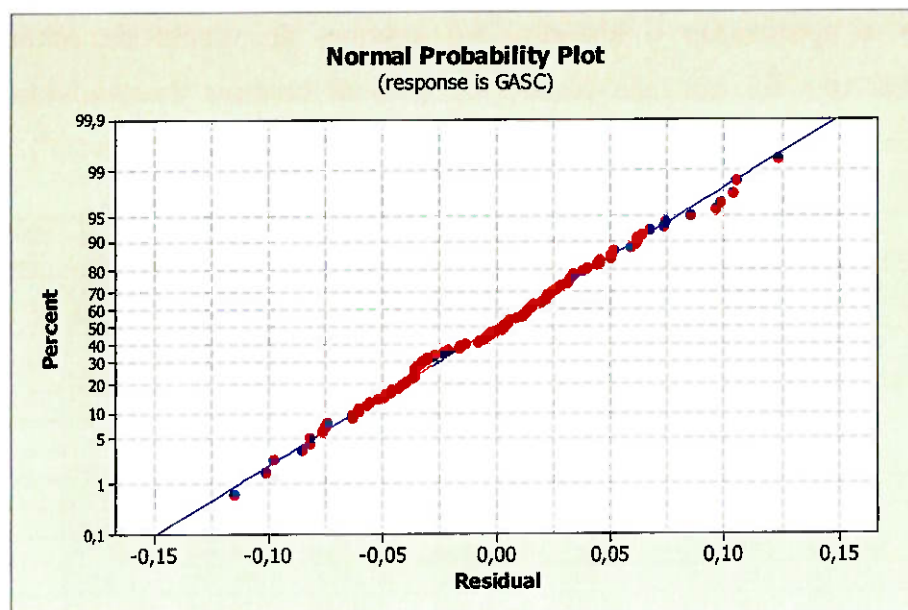


Gráfico E.0.6 - Resíduos do Modelo VI em PPN.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Modelo VII: $G = f_7(P_{gas}, P_{etan}, Y, G_{t-1}, Se)$

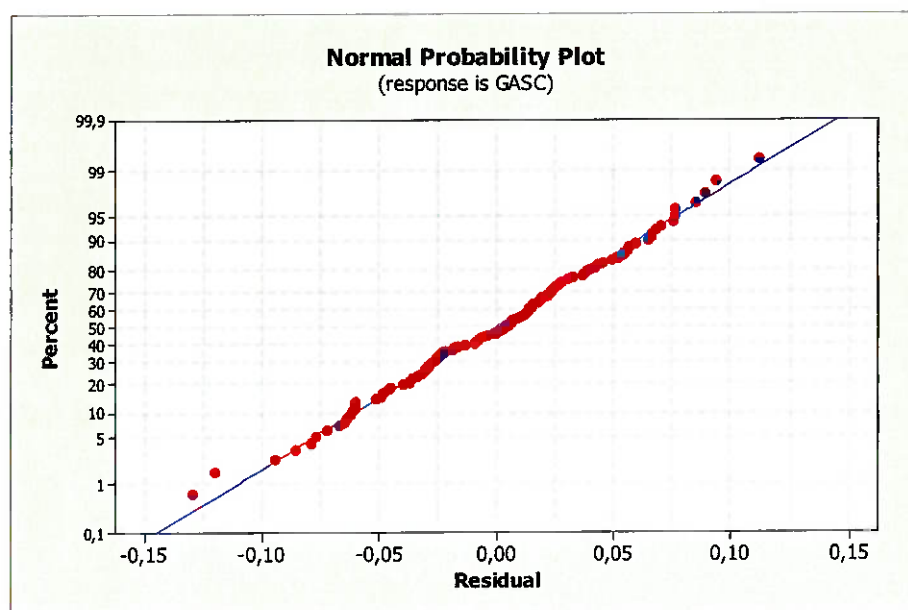


Gráfico E.0.7 - Resíduos do Modelo VI em PPN.

Fonte: Elaborado pelo autor.

ANEXO A – HISTÓRICO DAS VENDAS DE COMBUSTÍVEIS

Abaixo, é apresentado o histórico dos volumes de vendas de combustíveis pelas distribuidoras que foi utilizado como base para as análises desenvolvidas no presente trabalho. Todos os volumes apresentados são medidos em metros cúbicos (m³).

Mês	Etanol Hidratado	Gasolina C	Gasolina de Aviação	GLP	Óleo Combustível	Óleo Diesel	Querosene de Aviação	Querosene Iluminante	Total
jan-00	425.187	1.810.572	7.616	950.083	857.973	2.562.815	363.518	11.961	6.989.725
fev-00	421.706	1.966.365	7.931	977.582	833.110	2.851.462	342.380	10.846	7.411.383
mar-00	405.266	1.801.198	6.134	1.072.149	909.600	2.795.766	351.384	9.298	7.350.795
abr-00	414.610	1.863.562	6.131	1.032.596	770.167	2.850.548	334.956	10.004	7.282.573
mai-00	435.215	1.869.176	5.378	1.115.789	811.013	2.917.606	352.383	11.323	7.517.882
jun-00	376.628	2.011.256	5.865	1.125.537	848.226	3.073.554	335.157	12.221	7.788.443
jul-00	403.953	1.780.834	5.723	1.133.891	859.642	2.852.406	385.088	12.778	7.434.315
ago-00	348.160	1.847.763	5.712	1.140.682	968.274	3.182.950	333.390	14.015	7.840.944
set-00	340.731	1.885.878	5.006	1.088.011	832.250	3.010.823	346.769	12.917	7.522.385
out-00	343.127	1.919.653	6.303	1.060.466	837.954	3.150.900	355.536	12.865	7.686.804
nov-00	337.875	1.875.821	7.007	1.055.276	813.952	3.086.397	410.622	14.443	7.601.393
dez-00	351.129	1.998.117	7.133	1.030.948	743.939	2.816.039	421.499	11.863	7.380.667
jan-01	316.960	1.845.440	8.069	1.007.812	802.301	2.759.716	423.842	16.616	7.180.755
fev-01	279.911	1.714.464	7.026	915.465	680.377	2.561.987	373.537	15.821	6.548.590
mar-01	321.258	1.885.719	6.839	1.056.408	770.005	3.165.428	430.834	18.772	7.655.263
abr-01	289.202	1.862.995	5.443	994.262	724.183	2.941.729	394.484	16.617	7.228.914
mai-01	299.803	1.901.299	7.070	1.112.182	780.636	3.083.161	412.960	14.784	7.611.896
jun-01	292.949	1.940.547	3.609	1.105.055	791.039	3.124.514	387.799	12.302	7.657.814
jul-01	282.258	1.813.032	4.587	1.112.363	797.457	3.177.964	429.385	13.395	7.630.442
ago-01	284.237	1.909.391	5.289	1.125.813	785.530	3.456.504	419.328	17.476	8.003.568
set-01	262.667	1.794.803	4.719	1.052.229	781.416	3.208.521	378.738	17.517	7.500.609
out-01	293.395	1.868.048	6.106	1.107.340	799.747	3.455.040	402.012	20.514	7.952.203
nov-01	275.324	1.791.888	5.793	1.033.455	687.842	3.261.715	378.477	19.450	7.453.944
dez-01	304.031	1.883.374	6.283	1.080.774	692.358	2.828.623	386.856	18.402	7.200.701
jan-02	277.311	1.921.459	7.868	956.535	727.274	2.899.307	388.977	17.852	7.196.583
fev-02	246.957	1.805.728	6.914	933.975	562.934	2.733.475	349.305	16.350	6.655.637
mar-02	264.582	1.876.689	6.096	1.081.077	607.497	3.252.581	379.104	12.527	7.480.153
abr-02	307.761	1.893.523	4.970	952.881	676.709	3.076.561	387.659	14.420	7.314.485
mai-02	316.489	1.885.042	4.659	1.101.522	658.735	3.121.720	373.541	14.064	7.475.773
jun-02	310.522	1.757.909	4.323	947.055	653.581	3.029.015	351.905	17.945	7.072.255
jul-02	352.413	1.848.169	3.912	1.115.381	613.988	3.231.523	353.007	18.817	7.537.209
ago-02	336.653	1.857.341	3.059	1.017.834	635.662	3.302.889	369.756	18.161	7.541.355
set-02	378.499	1.839.996	5.018	1.016.220	610.394	3.265.195	389.968	18.315	7.523.606
out-02	390.389	2.104.499	5.312	1.049.950	622.068	3.683.701	367.034	21.031	8.243.983
nov-02	286.504	1.736.800	4.946	1.000.780	601.615	3.124.957	382.133	16.045	7.153.781
dez-02	323.800	2.083.103	6.265	991.498	590.539	2.947.423	343.985	15.305	7.301.918

Tabela F.1 - Histórico das vendas de combustíveis pelas distribuidoras, em metros cúbicos (m³).

Fonte: ANP (2012).

Mês	Etanol Hidratado	Gasolina C	Gasolina de Aviação	GLP	Óleo Combustível	Óleo Diesel	Querosene de Aviação	Querosene Iluminante	Total
jan-03	311.383	1.827.855	7.306	887.851	553.529	2.724.455	360.682	15.161	6.688.222
fev-03	245.169	1.590.595	6.357	871.889	500.183	2.749.373	314.893	16.239	6.294.698
mar-03	236.819	1.578.290	4.777	909.374	549.701	2.794.088	325.205	16.532	6.414.785
abr-03	237.013	1.705.272	3.484	916.086	524.956	2.901.616	337.589	11.084	6.637.099
mai-03	240.526	1.839.794	4.032	972.239	522.312	3.154.484	316.778	14.018	7.064.183
jun-03	224.405	1.739.301	3.274	945.277	473.518	2.930.435	308.027	11.847	6.636.083
jul-03	269.250	1.879.542	4.030	1.038.995	550.556	3.254.905	341.494	13.193	7.351.964
ago-03	248.127	1.800.039	4.080	993.522	516.986	3.234.108	317.319	17.251	7.131.433
set-03	251.868	1.836.582	4.010	1.004.498	510.613	3.350.136	331.368	19.242	7.308.319
out-03	299.343	1.986.193	5.004	996.159	502.385	3.563.090	349.544	16.764	7.718.482
nov-03	281.154	1.819.879	5.345	920.922	493.383	3.105.641	316.245	11.530	6.954.097
dez-03	400.265	2.187.311	7.200	979.274	502.235	3.090.923	353.258	14.533	7.534.998
jan-04	339.806	1.883.483	7.621	919.668	450.580	2.823.292	338.226	7.618	6.770.295
fev-04	320.650	1.742.412	6.606	852.795	414.915	2.699.474	317.923	7.415	6.362.191
mar-04	380.618	1.933.875	5.934	996.325	495.124	3.402.615	363.646	9.079	7.587.215
abr-04	371.601	1.976.364	4.620	958.178	456.653	3.253.257	336.288	6.005	7.362.965
mai-04	395.185	1.827.068	3.852	979.355	414.258	3.090.425	347.383	7.491	7.065.017
jun-04	367.283	1.835.733	3.735	1.012.484	441.655	3.215.676	343.491	7.453	7.227.510
jul-04	418.631	1.980.068	4.260	1.052.549	471.754	3.426.627	369.434	15.099	7.738.422
ago-04	347.228	1.941.597	4.563	1.030.350	450.988	3.600.940	369.585	12.554	7.757.805
set-04	375.858	2.012.721	4.305	978.299	452.885	3.556.588	348.466	10.033	7.739.156
out-04	388.805	1.942.846	4.824	972.968	439.427	3.488.649	348.106	9.993	7.595.617
nov-04	374.274	1.876.477	5.101	950.027	455.925	3.391.549	361.945	12.840	7.428.138
dez-04	432.988	2.221.234	6.005	1.005.161	468.167	3.276.581	364.908	10.426	7.785.471
jan-05	347.509	1.843.908	7.451	884.684	445.727	2.820.852	353.355	6.031	6.709.517
fev-05	320.373	1.805.672	6.022	872.868	388.934	2.869.010	329.525	5.477	6.597.881
mar-05	355.718	2.062.841	5.231	947.304	447.191	3.398.889	380.973	6.651	7.604.798
abr-05	340.473	1.917.475	4.198	940.162	414.386	3.269.321	352.490	4.675	7.243.180
mai-05	361.112	1.963.680	3.861	970.556	426.049	3.204.510	366.619	4.144	7.300.532
jun-05	369.530	1.956.777	3.560	1.022.428	464.896	3.293.996	359.214	4.638	7.475.039
jul-05	371.124	1.940.779	3.526	1.021.408	448.079	3.319.444	383.375	4.404	7.492.139
ago-05	407.609	2.053.537	4.036	1.058.514	478.303	3.641.540	393.591	5.320	8.042.449
set-05	445.284	1.984.885	4.076	1.000.530	455.976	3.453.426	370.789	5.406	7.720.372
out-05	408.761	1.873.754	3.672	948.851	411.340	3.357.951	377.709	4.590	7.386.628
nov-05	427.193	1.920.306	4.953	952.975	425.702	3.360.963	372.330	3.556	7.467.977
dez-05	512.537	2.229.875	4.877	1.018.310	430.643	3.177.253	389.506	3.877	7.766.879
jan-06	495.711	1.926.858	5.758	897.745	385.461	2.935.471	398.849	4.349	7.050.202
fev-06	474.549	1.874.940	4.410	835.365	373.960	2.824.573	341.946	3.476	6.733.218
mar-06	424.645	2.040.355	4.832	1.002.705	408.506	3.421.044	407.539	4.133	7.713.760
abr-06	390.737	1.947.975	3.816	920.451	409.765	3.031.727	350.112	2.972	7.057.554
mai-06	474.446	2.007.190	3.982	1.047.641	414.354	3.229.794	394.086	3.583	7.575.075
jun-06	484.036	1.934.165	3.842	1.016.134	431.825	3.205.181	352.163	5.147	7.432.494
jul-06	513.376	1.928.606	3.751	1.020.458	446.535	3.262.235	361.039	3.417	7.539.417
ago-06	537.207	2.062.841	4.264	1.058.367	466.674	3.547.416	356.311	3.411	8.036.491
set-06	566.178	2.052.914	4.599	1.001.010	448.712	3.460.791	355.446	2.730	7.892.382
out-06	568.983	2.022.895	3.383	1.002.811	464.536	3.546.455	368.249	3.105	7.980.418
nov-06	584.201	1.961.920	4.410	988.255	458.934	3.400.082	371.804	3.287	7.772.893
dez-06	672.484	2.246.973	5.215	992.191	417.357	3.143.627	408.417	2.626	7.888.891

Tabela F.2 - Histórico das vendas de combustíveis pelas distribuidoras, em metros cúbicos (m³) – continuação.

Fonte: ANP (2012).

Mês	Etanol Hidratado	Gasolina C	Gasolina de Aviação	GLP	Óleo Combustível	Óleo Diesel	Querosene de Aviação	Querosene Iluminante	Total
jan-07	634.521	1.976.896	5.761	945.376	450.924	3.047.478	406.528	3.129	7.470.613
fev-07	580.580	1.844.983	5.072	896.456	399.003	2.970.992	366.569	2.577	7.066.233
mar-07	697.903	2.083.408	5.439	998.818	464.417	3.640.070	413.319	2.850	8.306.224
abr-07	645.851	1.973.344	4.269	944.442	408.525	3.235.435	386.876	2.296	7.601.038
mai-07	671.354	2.042.571	3.995	1.054.785	429.964	3.424.817	396.310	2.860	8.026.656
jun-07	708.819	2.007.011	3.902	1.044.188	456.407	3.447.869	388.561	2.249	8.059.006
jul-07	761.091	1.992.884	3.727	1.044.872	484.460	3.496.716	423.701	2.469	8.209.920
ago-07	836.187	2.069.937	4.009	1.093.601	500.086	3.834.209	412.033	2.742	8.752.805
set-07	819.240	1.923.142	4.087	974.327	483.574	3.523.812	397.359	2.336	8.127.878
out-07	992.144	2.121.191	4.306	1.041.994	524.167	3.907.983	426.212	2.460	9.020.457
nov-07	978.165	2.016.819	4.666	995.269	487.905	3.663.390	422.160	2.433	8.570.807
dez-07	1.040.980	2.273.262	5.511	1.000.052	435.626	3.365.409	450.970	2.269	8.574.079
jan-08	961.625	2.034.837	6.174	955.192	472.680	3.366.103	457.323	2.622	8.256.556
fev-08	942.034	1.926.803	5.614	933.195	419.450	3.403.057	415.894	2.273	8.048.320
mar-08	1.004.126	2.031.921	4.779	977.980	441.126	3.697.486	444.697	2.411	8.604.527
abr-08	1.058.396	2.062.343	5.156	1.010.497	426.909	3.712.789	428.162	2.126	8.706.378
mai-08	1.065.803	2.044.138	4.385	1.047.140	419.993	3.738.678	438.389	2.115	8.760.642
jun-08	1.045.669	1.993.712	4.117	1.051.651	437.251	3.836.998	427.392	1.796	8.798.586
jul-08	1.119.516	2.146.454	5.502	1.110.608	455.640	3.873.327	455.114	2.048	9.168.209
ago-08	1.127.145	2.096.694	4.298	1.050.951	447.725	3.885.256	437.652	1.842	9.051.564
set-08	1.196.717	2.187.424	5.089	1.069.042	433.770	4.052.905	420.990	2.075	9.368.012
out-08	1.231.555	2.239.878	5.028	1.057.995	445.021	4.134.979	433.514	2.098	9.550.067
nov-08	1.167.380	2.011.583	4.764	959.721	389.772	3.603.928	424.283	1.505	8.562.937
dez-08	1.370.131	2.398.995	6.103	1.035.234	382.349	3.458.446	444.089	1.370	9.096.717
jan-09	1.252.623	2.039.273	5.994	944.240	351.473	3.158.389	462.148	1.491	8.215.630
fev-09	1.172.274	1.914.531	5.541	873.538	371.199	3.102.351	399.269	1.330	7.840.033
mar-09	1.313.564	2.071.668	5.612	964.533	431.512	3.638.847	443.072	1.448	8.870.255
abr-09	1.387.202	2.084.110	4.594	982.741	447.263	3.568.806	421.701	1.399	8.897.817
mai-09	1.313.498	1.970.897	4.523	994.048	389.747	3.531.495	433.842	1.539	8.639.589
jun-09	1.371.581	2.023.362	4.191	1.059.247	399.597	3.700.802	430.595	1.321	8.990.697
jul-09	1.447.731	2.127.463	4.429	1.110.400	442.307	3.898.154	474.462	1.549	9.506.494
ago-09	1.408.877	2.020.808	4.497	1.067.978	440.897	3.833.458	464.526	1.280	9.242.321
set-09	1.501.346	2.098.188	4.912	1.038.326	449.257	3.932.700	455.337	1.321	9.481.387
out-09	1.500.497	2.296.541	5.403	1.061.093	445.579	4.265.487	479.278	1.235	10.055.111
nov-09	1.292.756	2.138.751	5.612	959.187	419.077	3.861.570	463.144	1.156	9.141.252
dez-09	1.509.001	2.623.497	7.177	1.057.854	416.065	3.806.404	501.009	1.261	9.922.268
jan-10	979.038	2.448.435	6.978	927.214	401.118	3.349.428	520.360	1.182	8.633.753
fev-10	804.779	2.385.364	5.967	899.370	379.672	3.544.080	461.137	1.278	8.481.647
mar-10	1.084.078	2.663.940	6.255	1.057.097	447.136	4.275.740	511.420	1.562	10.047.228
abr-10	1.223.933	2.412.309	4.893	1.023.516	429.227	3.966.711	482.567	1.305	9.544.461
mai-10	1.318.471	2.332.079	4.938	1.055.491	428.928	4.087.652	504.970	1.290	9.733.818
jun-10	1.343.949	2.323.568	5.143	1.087.579	443.188	4.128.163	497.283	1.246	9.830.120
jul-10	1.419.920	2.424.926	4.867	1.134.811	445.555	4.329.367	547.121	1.174	10.307.741
ago-10	1.390.214	2.415.108	5.720	1.128.069	478.948	4.427.263	540.954	1.367	10.387.643
set-10	1.420.724	2.465.610	6.292	1.066.313	436.645	4.328.278	523.562	1.131	10.248.554
out-10	1.345.288	2.487.206	5.415	1.047.264	363.083	4.413.446	542.486	1.273	10.205.460
nov-10	1.310.311	2.525.660	6.008	1.047.236	321.143	4.297.112	542.948	1.446	10.051.864
dez-10	1.433.596	2.959.459	7.080	1.084.369	326.840	4.091.799	575.295	1.095	10.479.533

Tabela F.3 - Histórico das vendas de combustíveis pelas distribuidoras, em metros cúbicos (m³) – continuação.

Fonte: ANP (2012).

Mês	Etanol Hidratado	Gasolina C	Gasolina de Aviação	GLP	Óleo Combustível	Óleo Diesel	Querosene de Aviação	Querosene Iluminante	Total
jan-11	1.163.947	2.521.224	7.028	958.148	319.206	3.556.627	583.417	1.258	9.110.855
fev-11	1.124.524	2.534.105	6.222	949.229	288.374	3.840.066	518.930	1.094	9.262.542
mar-11	790.751	3.097.720	5.282	1.071.178	310.655	4.297.600	574.294	1.253	10.148.732
abr-11	531.958	3.155.810	5.794	1.026.988	301.679	4.091.091	542.471	1.106	9.656.897
mai-11	901.705	2.842.808	5.553	1.105.010	302.004	4.433.833	565.776	1.359	10.158.050
jun-11	1.050.955	2.775.751	5.295	1.115.030	299.397	4.385.229	551.793	1.054	10.184.503
jul-11	957.650	2.845.254	5.307	1.123.946	300.745	4.519.258	607.423	1.154	10.360.738
ago-11	989.564	3.022.670	5.549	1.181.461	322.541	4.863.319	593.087	1.250	10.979.441
set-11	839.776	3.063.239	5.636	1.087.716	311.631	4.794.123	589.113	1.313	10.692.546
out-11	873.128	3.009.696	5.454	1.065.559	307.870	4.652.908	603.637	1.176	10.519.427
nov-11	818.507	3.066.216	6.378	1.071.195	301.070	4.542.682	596.549	1.349	10.403.945
dez-11	856.756	3.556.763	6.880	1.112.044	306.730	4.287.177	628.866	910	10.756.127
jan-12	735.041	3.095.825	7.243	1.013.303	280.243	3.924.316	644.272	1.196	9.701.438
fev-12	790.960	3.061.005	6.780	996.726	250.956	4.176.909	586.668	950	9.870.954
mar-12	840.608	3.307.459	6.785	1.092.848	292.279	4.747.720	623.290	1.176	10.912.166
abr-12	775.880	3.164.842	6.130	1.007.930	304.212	4.309.460	597.759	938	10.167.151
mai-12	763.150	3.239.903	5.962	1.134.760	298.741	4.662.973	606.645	1.210	10.713.343
jun-12	742.313	3.204.921	5.039	1.108.564	278.702	4.557.701	588.508	912	10.486.660
jul-12	750.552	3.237.067	5.951	1.114.575	305.345	4.761.823	636.017	784	10.812.114

Tabela F.4 - Histórico das vendas de combustíveis pelas distribuidoras, em metros cúbicos (m³) – final.

Fonte: ANP (2012).

ANEXO B – HISTÓRICO DOS PREÇOS AO CONSUMIDOR DOS COMBUSTÍVEIS

Abaixo, é apresentado o histórico dos preços médios aos consumidores dos combustíveis que foi utilizado como base para as análises desenvolvidas no presente trabalho. Todos os preços apresentados estão em Reais por litro (R\$/l), exceto para o gás natural veicular (GNV), cujos preços são apresentados em Reais por metro cúbico (R\$/m³).

Mês	Gasolina C (R\$/l)	Diesel (R\$/l)	Etanol (R\$/l)	GNV (R\$/m ³)
jan-03	2,160	1,527	1,386	1,029
fev-03	2,223	1,539	1,569	1,071
mar-03	2,215	1,537	1,586	1,070
abr-03	2,195	1,529	1,562	1,068
mai-03	2,113	1,456	1,506	1,066
jun-03	2,026	1,429	1,348	1,063
jul-03	1,971	1,416	1,203	1,061
ago-03	1,975	1,408	1,208	1,058
set-03	2,003	1,401	1,233	1,060
out-03	1,997	1,395	1,201	1,062
nov-03	1,993	1,391	1,176	1,064
dez-03	1,998	1,390	1,191	1,065
jan-04	2,007	1,393	1,205	1,074
fev-04	2,003	1,392	1,170	1,075
mar-04	1,981	1,390	1,055	1,076
abr-04	1,972	1,387	1,032	1,073
mai-04	2,086	1,440	1,289	1,130
jun-04	2,157	1,494	1,359	1,135
jul-04	2,226	1,548	1,462	1,150
ago-04	2,226	1,548	1,462	1,150
set-04	2,232	1,548	1,487	1,151
out-04	2,262	1,580	1,534	1,151
nov-04	2,214	1,591	1,445	1,091
dez-04	2,303	1,692	1,478	1,096
jan-05	2,296	1,690	1,460	1,103
fev-05	2,285	1,687	1,448	1,104
mar-05	2,291	1,684	1,444	1,104
abr-05	2,302	1,683	1,451	1,106
mai-05	2,283	1,697	1,354	1,107
jun-05	2,256	1,695	1,210	1,139
jul-05	2,267	1,694	1,256	1,142
ago-05	2,273	1,694	1,271	1,136
set-05	2,401	1,830	1,308	1,193
out-05	2,470	1,885	1,434	1,189
nov-05	2,478	1,888	1,450	1,204
dez-05	2,483	1,888	1,536	1,208

Tabela G.1 - Histórico dos preços médios aos consumidores dos combustíveis.

Fonte: ANP (2012).

Mês	Gasolina C (R\$/l)	Diesel (R\$/l)	Etanol (R\$/l)	GNV (R\$/m3)
jan-06	2,511	1,889	1,693	1,202
fev-06	2,523	1,889	1,732	1,225
mar-06	2,587	1,889	1,950	1,240
abr-06	2,595	1,889	1,943	1,250
mai-06	2,582	1,886	1,710	1,251
jun-06	2,545	1,883	1,555	1,251
jul-06	2,557	1,883	1,571	1,238
ago-06	2,559	1,882	1,576	1,267
set-06	2,554	1,880	1,515	1,270
out-06	2,547	1,879	1,466	1,272
nov-06	2,538	1,879	1,448	1,266
dez-06	2,531	1,878	1,448	1,269
jan-07	2,523	1,878	1,544	1,271
fev-07	2,516	1,877	1,545	1,271
mar-07	2,518	1,878	1,540	1,269
abr-07	2,532	1,879	1,630	1,268
mai-07	2,540	1,877	1,626	1,338
jun-07	2,527	1,875	1,463	1,349
jul-07	2,507	1,873	1,351	1,348
ago-07	2,487	1,875	1,305	1,354
set-07	2,471	1,873	1,279	1,354
out-07	2,475	1,872	1,268	1,371
nov-07	2,487	1,876	1,360	1,373
dez-07	2,509	1,880	1,467	1,378
jan-08	2,505	1,891	1,464	1,436
fev-08	2,488	1,894	1,420	1,453
mar-08	2,493	1,895	1,439	1,453
abr-08	2,493	1,896	1,437	1,452
mai-08	2,494	2,059	1,441	1,468
jun-08	2,490	2,068	1,414	1,556
jul-08	2,495	2,107	1,423	1,599
ago-08	2,500	2,120	1,428	1,637
set-08	2,506	2,122	1,449	1,651
out-08	2,508	2,123	1,471	1,657
nov-08	2,513	2,125	1,478	1,670
dez-08	2,518	2,126	1,476	1,715
jan-09	2,516	2,125	1,477	1,767
fev-09	2,518	2,126	1,499	1,730
mar-09	2,514	2,125	1,478	1,715
abr-09	2,500	2,123	1,425	1,690
mai-09	2,487	2,122	1,388	1,661
jun-09	2,488	2,078	1,340	1,608
jul-09	2,492	2,016	1,374	1,578
ago-09	2,498	2,009	1,400	1,570
set-09	2,488	1,998	1,447	1,548
out-09	2,528	2,000	1,616	1,567
nov-09	2,551	2,002	1,675	1,577
dez-09	2,556	1,999	1,703	1,587

Tabela G.2 - Histórico dos preços médios aos consumidores dos combustíveis – continuação.

Fonte: ANP (2012).

Mês	Gasolina C (R\$/l)	Diesel (R\$/l)	Etanol (R\$/l)	GNV (R\$/m3)
jan-10	2,586	2,005	1,890	1,579
fev-10	2,611	2,008	1,943	1,584
mar-10	2,578	2,007	1,763	1,595
abr-10	2,555	2,005	1,629	1,582
mai-10	2,550	2,003	1,545	1,608
jun-10	2,534	2,002	1,475	1,607
jul-10	2,534	2,002	1,501	1,607
ago-10	2,542	1,999	1,549	1,613
set-10	2,544	1,998	1,566	1,611
out-10	2,572	2,000	1,673	1,616
nov-10	2,589	2,000	1,721	1,618
dez-10	2,602	2,000	1,778	1,572
jan-11	2,612	2,009	1,835	1,552
fev-11	2,622	2,016	1,872	1,555
mar-11	2,670	2,025	2,083	1,566
abr-11	2,824	2,032	2,301	1,602
mai-11	2,842	2,030	2,032	1,627
jun-11	2,738	2,026	1,859	1,631
jul-11	2,735	2,028	1,932	1,618
ago-11	2,736	2,027	1,946	1,617
set-11	2,742	2,027	2,006	1,611
out-11	2,750	2,029	2,005	1,614
nov-11	2,746	2,030	2,030	1,610
dez-11	2,750	2,032	2,055	1,623
jan-12	2,743	2,038	2,034	1,632
fev-12	2,734	2,040	1,982	1,635
mar-12	2,740	2,042	1,997	1,634

Tabela G.3 - Histórico dos preços médios aos consumidores dos combustíveis -- final.

Fonte: ANP (2012).

ANEXO C – HISTÓRICO DA FROTA BRASILEIRA DE VEÍCULOS

Abaixo, é apresentado o histórico da frota brasileira de veículos por tipo de combustível que foi utilizado como base para as análises desenvolvidas no presente trabalho. Todos os valores apresentados estão em unidades de veículos, independentemente do tipo (automóveis, comerciais leves, caminhões etc.).

Mês	Gasolina	Etanol	Flex Fuel	Diesel	Total
jan-03	26.478.906	5.482.124	0	2.908.429	34.869.458
fev-03	26.680.339	5.483.231	0	2.921.898	35.085.468
mar-03	26.833.950	5.475.160	0	2.930.587	35.239.697
abr-03	27.015.945	5.471.263	0	2.941.572	35.428.780
mai-03	27.197.076	5.468.510	0	2.953.282	35.618.868
jun-03	27.356.899	5.460.528	0	2.962.270	35.779.697
jul-03	27.525.496	5.455.896	0	2.973.167	35.954.559
ago-03	26.747.251	5.326.160	0	2.915.873	34.989.284
set-03	26.933.523	5.325.262	0	2.928.690	35.187.475
out-03	27.137.772	5.327.010	0	2.943.107	35.407.889
nov-03	27.327.064	5.326.581	0	2.956.565	35.610.209
dez-03	27.553.274	5.332.924	0	2.973.779	35.859.977
jan-04	27.700.694	5.303.037	49.561	2.984.750	36.038.042
fev-04	27.838.017	5.272.335	99.478	2.995.470	36.205.300
mar-04	28.024.631	5.247.799	149.937	3.009.927	36.432.294
abr-04	28.183.122	5.218.168	200.699	3.021.715	36.623.703
mai-04	28.346.312	5.189.465	251.916	3.034.266	36.821.959
jun-04	28.514.168	5.161.649	303.626	3.047.602	37.027.045
jul-04	28.689.174	5.133.962	355.819	3.061.276	37.240.231
ago-04	28.859.174	5.105.265	408.421	3.074.622	37.447.483
set-04	29.033.075	5.077.266	461.570	3.088.633	37.660.544
out-04	29.205.367	5.048.631	515.166	3.102.555	37.871.719
nov-04	29.384.949	5.019.860	569.262	3.116.681	38.090.752
dez-04	29.609.762	4.996.952	624.619	3.134.756	38.366.090
jan-05	29.735.074	4.962.006	705.127	3.145.604	38.547.811
fev-05	29.859.081	4.927.999	786.383	3.157.270	38.730.733
mar-05	30.025.954	4.899.017	869.180	3.172.442	38.966.594
abr-05	30.181.061	4.867.666	952.370	3.186.423	39.187.520
mai-05	30.344.794	4.836.694	1.036.435	3.200.957	39.418.880
jun-05	30.515.782	4.806.068	1.121.416	3.216.051	39.659.317
jul-05	30.671.333	4.773.498	1.206.783	3.230.174	39.881.788
ago-05	30.845.908	4.742.387	1.293.378	3.245.618	40.127.291
set-05	31.009.220	4.709.672	1.380.421	3.260.285	40.359.598
out-05	31.162.118	4.675.482	1.467.884	3.274.242	40.579.726
nov-05	31.343.847	4.643.765	1.557.027	3.290.288	40.834.927
dez-05	31.560.297	4.615.096	1.648.249	3.308.902	41.132.544

Tabela H.1 - Histórico da frota brasileira de veículos, por tipo de combustível.

Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de DENATRAN (2012) e Sindipeças (2012).

Mês	Gasolina	Etanol	Flex Fuel	Diesel	Total
jan-06	31.803.713	4.495.950	1.737.699	3.322.356	41.359.718
fev-06	32.038.354	4.375.046	1.827.551	3.335.326	41.576.276
mar-06	32.327.254	4.256.759	1.919.715	3.351.239	41.854.967
abr-06	32.569.171	4.133.952	2.011.112	3.364.520	42.078.754
mai-06	32.856.725	4.014.003	2.105.246	3.381.131	42.357.106
jun-06	33.121.229	3.890.845	2.199.173	3.396.162	42.607.409
jul-06	33.401.795	3.768.390	2.295.035	3.412.981	42.878.201
ago-06	33.702.191	3.645.910	2.392.629	3.431.055	43.171.785
set-06	33.982.513	3.519.950	2.489.721	3.447.213	43.439.397
out-06	34.281.124	3.394.218	2.588.811	3.464.958	43.729.111
nov-06	34.589.369	3.267.716	2.689.359	3.483.446	44.029.889
dez-06	34.929.057	3.141.682	2.792.607	3.504.129	44.367.475
jan-07	34.899.417	3.184.836	3.038.742	3.519.741	44.642.736
fev-07	34.849.391	3.227.593	3.286.276	3.534.614	44.897.873
mar-07	34.863.560	3.274.924	3.540.459	3.554.188	45.233.131
abr-07	34.852.550	3.321.236	3.795.698	3.572.331	45.541.816
mai-07	34.877.824	3.370.872	4.056.978	3.593.656	45.899.330
jun-07	34.876.875	3.419.677	4.319.591	3.613.732	46.229.874
jul-07	34.897.203	3.470.599	4.587.227	3.635.661	46.590.689
ago-07	34.939.206	3.523.619	4.860.165	3.659.433	46.982.423
set-07	34.945.688	3.573.982	5.131.872	3.680.066	47.331.608
out-07	35.002.673	3.628.655	5.412.232	3.704.704	47.748.264
nov-07	35.041.097	3.682.994	5.694.714	3.728.606	48.147.411
dez-07	35.082.836	3.738.253	5.981.205	3.753.003	48.555.296
jan-08	35.209.965	3.665.824	6.266.365	3.774.718	48.916.872
fev-08	35.319.893	3.590.972	6.551.949	3.794.992	49.257.806
mar-08	35.459.800	3.518.009	6.845.856	3.818.393	49.642.058
abr-08	35.638.687	3.446.511	7.148.319	3.844.771	50.078.287
mai-08	35.793.489	3.371.880	7.450.248	3.869.055	50.484.671
jun-08	35.965.867	3.297.351	7.758.474	3.894.939	50.916.631
jul-08	36.179.612	3.224.208	8.076.804	3.924.040	51.404.665
ago-08	36.339.628	3.146.155	8.389.746	3.948.800	51.824.328
set-08	36.522.711	3.068.729	8.711.230	3.975.903	52.278.572
out-08	36.651.473	2.987.724	9.029.565	4.000.098	52.668.860
nov-08	36.715.901	2.901.075	9.336.794	4.018.140	52.971.911
dez-08	36.808.138	2.814.716	9.650.456	4.037.851	53.311.161
jan-09	36.880.726	2.761.221	9.933.662	4.057.795	53.633.404
fev-09	36.935.558	2.707.206	10.219.703	4.077.929	53.940.396
mar-09	37.063.033	2.657.216	10.526.662	4.105.328	54.352.238
abr-09	37.154.215	2.603.967	10.827.020	4.128.999	54.714.200
mai-09	37.258.706	2.550.708	11.133.494	4.153.924	55.096.831
jun-09	37.390.844	2.499.817	11.457.493	4.184.163	55.532.317
jul-09	37.521.574	2.447.065	11.780.870	4.212.965	55.962.474
ago-09	37.627.552	2.391.814	12.099.766	4.239.043	56.358.175
set-09	37.762.481	2.338.484	12.436.483	4.270.139	56.807.587
out-09	37.880.222	2.283.359	12.772.542	4.299.811	57.235.934
nov-09	37.971.787	2.225.039	13.099.017	4.325.199	57.621.042
dez-09	38.109.105	2.167.950	13.441.289	4.354.726	58.073.069

Tabela H.2 - Histórico da frota brasileira de veículos, por tipo de combustível – continuação.

Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de DENATRAN (2012) e Sindipeças (2012).

Mês	Gasolina	Etanol	Flex Fuel	Diesel	Total
jan-10	38.164.684	2.142.328	13.725.427	4.376.318	58.408.757
fev-10	38.221.810	2.116.721	14.014.155	4.398.639	58.751.326
mar-10	38.389.633	2.097.055	14.348.272	4.434.373	59.269.333
abr-10	38.494.570	2.073.260	14.660.911	4.462.453	59.691.194
mai-10	38.584.128	2.047.774	14.967.367	4.487.897	60.087.165
jun-10	38.672.283	2.022.386	15.280.251	4.514.500	60.489.420
jul-10	38.787.867	1.998.319	15.609.513	4.545.048	60.940.747
ago-10	38.916.773	1.974.196	15.945.427	4.576.657	61.413.054
set-10	39.042.065	1.949.306	16.282.440	4.607.679	61.881.489
out-10	39.152.279	1.923.736	16.621.079	4.638.282	62.335.376
nov-10	39.281.139	1.898.699	16.972.040	4.671.440	62.823.317
dez-10	39.472.236	1.875.237	17.345.938	4.709.925	63.403.336
jan-11	39.568.391	1.845.772	17.633.015	4.734.659	63.781.837
fev-11	39.689.506	1.817.032	17.933.313	4.762.389	64.202.239
mar-11	39.839.049	1.789.027	18.248.072	4.793.247	64.669.395
abr-11	39.964.274	1.759.889	18.558.833	4.822.480	65.105.476
mai-11	40.127.031	1.731.321	18.883.474	4.854.608	65.596.433
jun-11	40.271.130	1.701.725	19.205.182	4.885.362	66.063.399
jul-11	40.412.396	1.671.683	19.530.154	4.916.299	66.530.532
ago-11	40.582.979	1.641.848	19.866.356	4.949.367	67.040.549
set-11	40.736.936	1.610.944	20.198.759	4.980.819	67.527.457
out-11	40.846.157	1.578.533	20.520.924	5.009.153	67.954.767
nov-11	40.992.670	1.546.917	20.862.471	5.041.589	68.443.647
dez-11	41.176.076	1.515.578	21.218.085	5.076.770	68.986.509
jan-12	41.269.939	1.481.311	21.542.500	5.103.876	69.397.627
fev-12	41.346.078	1.446.065	21.861.103	5.129.074	69.782.320
mar-12	41.474.142	1.411.811	22.203.932	5.159.448	70.249.333

Tabela H.3 - Histórico da frota brasileira de veículos, por tipo de combustível – final.

Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de DENATRAN (2012) e Sindipeças (2012).

