

**CARLA CALIXTO DA SILVA**

---

**TRASMISÃO E ASSIMETRIA NOS PREÇOS DO GÁS  
NATURAL NO MERCADO DOMÉSTICO E  
INTERNACIONAL: UMA  
ABORDAGEM DE SÉRIES TEMPORAIS**

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – CCSA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA – PPGE  
CURSO DE MESTRADO EM ECONOMIA - CME**

JOÃO PESSOA – PB

2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**CARLA CALIXTO DA SILVA**

---

**TRASSMISSÃO E ASSIMETRIA NOS PREÇOS DO GÁS  
NATURAL NO MERCADO DOMÉSTICO E  
INTERNACIONAL: UMA  
ABORDAGEM DE SÉRIES TEMPORAIS**

---

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento às exigências para obtenção do Grau de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Economia da Empresa

Orientador: Professor Dr. Sinézio Fernandes Maia

JOÃO PESSOA – PB

2008

S 586 t

Silva, Carla Calixto da

Transmissão e assimetria nos preços do gás natural no mercado doméstico e internacional: uma abordagem de séries temporais / Carla Calixto da Silva. - João Pessoa, 2008.

128 p.

Orientador: Sinézio Fernandes Maia.

Dissertação (mestrado) – UFPB / CCSA

1. Economia. 2. Gás natural. 3. Mercado

UFPB / BC

CDU 33 (043).

**CARLA CALIXTO DA SILVA**

**TRANSMISSÃO E ASSIMETRIA NOS PREÇOS DO GÁS NATURAL NO  
MERCADO DOMÉSTICO E INTERNACIONAL: UMA ABORDAGEM DE  
SÉRIES TEMPORAIS**

Dissertação apresentada ao PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA  
do Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal da Paraíba em  
cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Economia da Empresa.

Resultado: \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Sinézio Fernandes Maia  
Universidade Federal da Paraíba – UFPB  
Orientador

---

Prof. Dr. Ignácio Tavares de Araújo Júnior  
Universidade Federal da Paraíba – UFPB  
Examinador Interno

---

Prof. Dr. José Lamartine Távora Júnior  
Universidade Federal do Pernambuco - UFPE  
Examinador Externo

João Pessoa, fevereiro de 2008.

*Ao meu noivo Rômulo Alves pela força, paciência e todo amor dedicado em todos os momentos, sem você nada teria sido possível e nem teria sentido.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por estar sempre presente em minha vida, estendendo-me a mão nos momentos de fraqueza, iluminando o meu caminho nos momentos de decisões, e me dando força para que todos os obstáculos fossem vencidos.

Ao meu maravilhoso e eterno orientador Sinézio Fernandes Maia, por todos os ótimos momentos compartilhados nesses anos, como aluna e professor, como meu amigo e “pai”; pelos sorrisos e palavras nos momentos de aperreio, mas também pelos puxões de orelha em outras horas oportunas; por me orientar com tanta paciência e ter colocado a econometria na minha vida; pela oportunidade de trabalhar com tantas coisas e principalmente, o comércio internacional e o gás natural; pelas conversas, confiança, apoio em todos os momentos, críticas e por me ensinar a ser uma profissional e uma pessoa melhor; registro aqui toda a minha admiração e carinho por esta pessoa tão especial que Deus colocou no meu caminho, obrigada por tudo.

Ao professor Ignácio Tavares de Araújo Júnior, não apenas pela oportunidade de trabalhar com o gás natural no seu projeto, mas, por sua distinta postura e comprometimento com a pesquisa e o meio acadêmico, como também pelas sugestões, pelo apoio e incentivo no meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Aos professores José Lamartine Távora Júnior e Ignácio Tavares de Araújo Júnior em aceitarem participar como membros examinadores desta dissertação e pelas contribuições. Aos professores Luciano Sampaio e Guilherme Cavalcante pelas contribuições no processo de qualificação do projeto de pesquisa.

Ao Banco do Nordeste pela ajuda financeira, dado que esta pesquisa foi realizada no contexto do Programa do Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNDECI) ETENE/BNB - apoio a elaboração de teses e dissertações sobre desenvolvimento do Nordeste, gostaria de agradecer ao BNB, por auxiliar o desenvolvimento dos conhecimentos relativos ao Nordeste e, principalmente a conclusão desta dissertação.

A toda equipe de professores e alunos do Projeto Casadinho CME-PIMES (Grupo de estudos: O mercado de gás natural no Nordeste: oferta, demanda e comportamento dos preços).

A todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Economia pelo esmero e competência na transmissão dos conhecimentos, em especial para os professores: Sinézio Fernandes, Márcia Fônsaca, Ivan Targino, Paulo Fernando, Paulo Amilton, Luciano Sampaio, Ignácio Tavares de Araújo júnior, Guilherme Cavalcante e Lúcia Moutinho.

A todos os amigos (as) do mestrado, particularmente à: Cássia Kelly, Laura Kelly, Mabel, Cassandro, Roberto, Márcia, Tabira, Márcio Micele, José Márcio e Felipe pelos dois anos de muita luta, conhecimentos compartilhados e principalmente pela amizade.

Aos economistas Edilean Kleber Silva, Hélio Ramos, Erik Alencar, Osvaldo Cândido e Cássio Nóbrega que sempre me incentivaram e me deram apoio com sua amizade em todos os momentos.

A minha família, razão do meu viver, por todo incentivo e credibilidade em mim depositada (mesmo à distância), em especial aos meus pais: Francisco Teles e Maria Calixto; aos meus irmãos: Flávio (*in memória*), Kátia, Carlos, Nayara, Nádia e Rafael; e aos meus sobrinhos: Flávia, Carlito, Adriana, Ítalo e Ígor, parte essencial na minha vida e as pessoas responsáveis pela minha luta por uma vida melhor.

Ao meu amor Rômulo Alves pela paciência, confiança, pelo apoio financeiro nestes dois anos (sem o qual não teria realizado este sonho) e principalmente por ter sido o meu porto seguro, o meu amor, a minha família, o meu amigo e a pessoa que compartilhou e me ajudou em todos os sentidos ao longo destes anos.

A Terezinha e Risomar, secretárias do PPGE/UFPB pela amizade, carinho, atenção e dedicação ao longo de todos estes anos.

A minha grande amiga e irmã Leinha pela eterna amizade, amor, confiança e, principalmente por tantos momentos vividos juntos (ou separadas) que vão ficar para sempre na lembrança.

A todos os amigos (as) da Residência Universitária, particularmente à: Priscila, Petrócia, João, Ivana, Halan, Oade e aos meus grandes amigos Edson, Lyvinha e Juliane pelos momentos de alegrias e tristezas compartilhados.

A Coordenação de Assistência e Promoção Estudantil (COAPE) e a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) pelo apoio e assistência durante estes anos.

E a todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.



## RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo analisar o comportamento dos preços do gás natural nos mercados internacionais e nos mercados domésticos (Brasil e Nordeste) e identificar relações de assimetria, por semelhança, no período de julho de 2001 a julho de 2007. Os objetivos específicos foram: a) estudar as possíveis existências de sincronia e de causalidade entre os preços das *commodities* (petróleo, gasolina e gás natural); b) estimar a elasticidade de transmissão dos preços dos mercados internacionais e dos preços domésticos identificando as inter-relações entre os mercados de petróleo, mercado de gasolina e mercado de gás natural através de modelos de série de tempo; c) identificar a existência de assimetrias de preços do petróleo, gasolina e gás natural no mercado internacional e no mercado doméstico utilizando modelos *Threshold Autoregressive* (TAR). Os resultados inferem que os preços do gás natural no mercado internacional e doméstico apresentam semelhanças no que diz respeito ao processo assimétrico e transmissão de preços. Entretanto, divergem em relação às elasticidades de transmissão e a persistência do impacto assimétrico. Desta forma, pode-se sugerir que é o comportamento internacional quem dita às regras para os preços domésticos, contestando o modelo teórico de determinação de preços com regulação.

**Palavras-chaves:** preços, gás natural, transmissão, assimetria.

## ABSTRACT

This dissertation has as objective analyzes the behavior of natural gas's prices in the international and domestic markets (Brazil and Northeast) and to identify asymmetry relationships, for similarity, in the period of July 2001 to July 2007. The specific objectives were: a) approach the possible synchronous existences and causality among the prices of the *commodities* (petroleum, gasoline and natural gas); b) consider the prices elasticity transmission of international markets and the domestic prices identifying the interrelations among petroleum, gasoline and natural gas markets through series of time models ; c) identify the existence of petroleum, gasoline and natural gas prices asymmetries in the international and domestic market using *Threshold Autoregressive* (TAR) models. The results infer that the prices of natural gas in the international and domestic market present similarities regarding the asymmetrical process and prices transmission. However, diverge in relation to the elasticity's transmission and the asymmetrical impact persistence. This way, it may be suggested that the international behavior who settle down the rules for the domestic prices, contesting the theoretical model of prices determination with regulation.

**Keyword:** prices, natural gas, transmission, asymmetry.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Teste ADF para o preço <i>spot</i> do petróleo, gasolina e gás Natural no mercado internacional.....	87
<b>Tabela 2</b> - Teste ADF para o preço da gasolina, gás Natural, GNV e GLP no Brasil e na Região Nordeste.....	88
<b>Tabela 3</b> - Teste de quebra-estrutural de Zivot-Andrews para o preço do petróleo, gasolina, gás Natural, GNV e GLP no mercado internacional, brasileiro e na Região Nordeste.....	89
<b>Tabela 4</b> - Teste de causalidade de Granger para o preço do petróleo, gasolina e gás natural no mercado internacional.....	90
<b>Tabela 5</b> - Teste de causalidade de Granger do preço da gasolina, gás Natural, GNV e GLP no Brasil e na Região Nordeste.....	92
<b>Tabela 6</b> - Estatística do modelo de função de transferência dos preços no mercado internacional.....	93
<b>Tabela 7</b> - Elasticidade de transmissão de preços no mercado internacional.....	94
<b>Tabela 8</b> - Estatística do modelo de função de transferência dos preços no mercado doméstico.....	95
<b>Tabela 9</b> - Elasticidade de transmissão de preços no mercado doméstico.....	96
<b>Tabela 10</b> - Resultado da estimação do modelo TAR para os preços do petróleo, gasolina e gás natural no mercado internacional.....	99
<b>Tabela 11</b> - Resultado da estimação do modelo TAR para os preços do petróleo, gasolina e gás natural no mercado brasileiro.....	100
<b>Tabela 12</b> - Resultado da estimação do modelo TAR para os preços do petróleo, gasolina e gás natural no mercado da Região Nordeste.....	102

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Evolução das reservas, produção e consumo de gás natural no cenário mundial de 1980 a 2006.....	21
<b>Figura 2</b> - Reservas de gás natural por Blocos econômicos no cenário mundial de 1980 a 2006.....	22
<b>Figura 3</b> -Participação da produção de gás natural por Blocos econômicos no cenário mundial nos anos de 1980 e 2006.....	23
<b>Figura 4</b> -Participação do consumo de gás natural por Blocos econômicos no cenário mundial nos anos de 1980 e 2006.....	24
<b>Figura 5</b> - Evolução das Produção, consumo e importação do gás natural no cenário nacional de 1999 a 2006.....	25
<b>Figura 6</b> - Participação do consumo de gás natural no cenário doméstico nos anos de 2001 e 2006.....	25
<b>Figura 7</b> - Evolução das reservas de gás natural no cenário nacional de 1997 a 2006.....	26
<b>Figura 8</b> - Preço <i>Spot</i> do petróleo e gás natural no mercado internacional de 2001 a 2007.....	81
<b>Figura 9</b> - Preço <i>Spot</i> da gasolina e gás natural no mercado internacional de 2001 a 2007.....	81
<b>Figura 10</b> - Preço <i>Spot</i> da gasolina e gás natural no mercado Brasileiro de 2001 a 2007.....	82
<b>Figura 11</b> - Preço <i>Spot</i> da gasolina e gás natural no mercado do Nordeste de 2001 a 2007.....	83
<b>Figura 12</b> - Preço <i>Spot</i> da gasolina e do GNV no mercado Brasileiro de 2001 a 2007.....	83
<b>Figura 13</b> -Preço <i>Spot</i> da Gasolina e do GNV no mercado do Nordeste de 2001 a 2007.....	84
<b>Figura 14</b> - Preço <i>Spot</i> do GLP e Gasolina no mercado Brasileiro de 2001 a 2007.....	84
<b>Figura 15</b> - Preço <i>Spot</i> do GLP e Gasolina no mercado do Nordeste de 2001 a 2007.....	85
<b>Figura 16</b> – Assimetrias nos preços no mercado internacional.....	99
<b>Figura 17</b> - Assimetrias nos preços no mercado brasileiro.....	100
<b>Figura 18</b> - Assimetrias nos preços no mercado da Região Nordeste.....	102

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMECLATURAS E ABREVIACÕES

ADF - Teste de Dickey e Fuller Aumentado  
*AIC* - Critério de Informação de Akaike  
ANP - Agência Nacional do Petróleo  
ARMA - Modelo de Autoregressivo e Médias Móveis  
ARIMA - Modelo de Autoregressivo, Médias Móveis e Integrado  
ARMAX - Modelo de Autoregressivo, Médias Móveis com Variável Exógena  
BEN - Balanço Energético Nacional  
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
CIDE - Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico  
CPMF - Contribuição Provisória sobre Movimentação ou Transmissão de Valores e de Créditos e Direitos de Natureza Financeira  
CNPE - Conselho Nacional de Política Energética  
EUA - Estados Unidos da América  
GASBOL - Gasoduto Bolívia-Brasil  
GN - Gás Natural  
GN<sup>B</sup> - Gás Natural no Brasil  
GN<sup>I</sup> - Gás Natural internacional  
GN<sup>N</sup> - Gás Natural no Nordeste  
GNV - Gás Natural Veicular  
GNV<sup>B</sup> - Gás Natural Veicular no Brasil  
GNV<sup>I</sup> - Gás Natural Veicular internacional  
GNV<sup>N</sup> - Gás Natural Veicular no Nordeste  
GNL – Gás Natural Liquefeito  
GLP - Gás Liquefeito de Petróleo  
GLP<sup>B</sup> - Gás Liquefeito de Petróleo no Brasil  
GLP<sup>I</sup> - Gás Liquefeito de Petróleo internacional  
GLP<sup>N</sup> - Gás Liquefeito de Petróleo no Nordeste  
ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços  
IGN - Indústria de Gás Natural  
MME - Ministério de Minas e Energia  
NYMEX - New York Mercantile Exchange  
PETROBRAS - Petróleo Brasileiro SA.  
PLANGAS – Plano nacional do Gás Natural  
SBC - Critério Bayesiano de Schwartz  
TAR - Modelo de Autoregressivo com Limiar  
ZA - Teste de Zivot-Andrews

## SUMÁRIO

<b>Capítulo I: INTRODUÇÃO.....</b>	14
1.1 Objetivos.....	16
<b>Capítulo II: CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO DE GÁS NATURAL.....</b>	17
2.1 O mercado de gás natural no cenário mundial e no Brasil.....	17
2.2 Desempenho e perspectiva do mercado de gás natural .....	20
2.3 A política de preços do gás natural e a ANP.....	28
<b>Capítulo III: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	31
3.1 Teorias de determinação dos preços.....	31
3.2 Teorias de determinação dos preços com Regulação.....	40
3.3 Estratégia empírica: uma revisão da literatura.....	50
3.3.1 Assimetrias.....	50
3.3.2. Transmissão de preços.....	53
<b>Capítulo IV: METODOLÓGIA DA PESQUISA.....</b>	57
4.1 Séries temporais lineares: construção do modelo ARMAX.....	58
4.1.1 Processo autoregressivo e média móvel – ARMA.....	58
4.1.2 Processo autoregressivo integrado de médias móveis – ARIMA.....	60
4.1.3 Função de transferência: o modelo ARMAX.....	62
4.2 Séries temporais não-lineares: um enfoque pelo modelo TAR.....	67
4.2.1 Estimação do processo autoregressivo TAR.....	71
4.3 Base de dados e procedimentos econométricos.....	74
4.3.1 Teste de Raiz Unitária.....	76
4.3.2 Teste de Causalidade de Granger.....	78
<b>Capítulo V: RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	80
5.1 Análise da trajetória dos preços nos mercados internacional e doméstico.....	80
5.2 Investigação da transmissão entre os preços.....	86
5.3 Investigação da assimetria .....	98
<b>Capítulo VI: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	105
REFERÊNCIAS.....	106
ANEXOS .....	114

# 1

## INTRODUÇÃO

---

Desde a década de 90, vários países têm implementado o processo de liberalização no mercado de gás natural, com o objetivo primordial de expandir o consumo mundial e remover as barreiras legais, regulatórias e fiscais à entrada de novos competidores no mercado.

No Brasil, o desenvolvimento do mercado de Gás Natural vem ocorrendo num contexto de grande incerteza quanto à sua principal variável econômica; o preço para o consumidor final. Esta incerteza tem contribuído para elevar a percepção de risco por parte tanto dos consumidores quanto dos agentes responsáveis pelo investimento ao longo da cadeia. Até recentemente o preço da *commodity* nacional era fixado por uma portaria interministerial que estabelecia reajustes trimestrais. Atualmente, o preço de venda do gás natural para as distribuidoras, inspirado no processo internacional, não é regulado. Uma vez liberalizados, os preços domésticos do gás natural passaram a refletir os impactos dos aumentos dos preços do mercado internacional (PINTO-JR, *ET. AL.*, 2004).

No mercado brasileiro, a elevada dependência à importação (próxima de 50%) e a falta de um sistema integrado nacional capaz de ajustar a oferta entre as regiões tem aumentado a vulnerabilidade dos preços do gás natural (PRATES, *ET. AL.*, 2006). Mesmo em algumas Regiões como o Nordeste brasileiro, onde a oferta interna responde por 100% do que é consumido internamente, os preços do gás natural não ficam indiferentes às variações dos preços no mercado mundial.

Neste novo contexto, esperava-se que houvesse maior equalização entre os preços interno e externo de forma a se estabelecer um novo cenário baseado em práticas concorrenciais. Entretanto, o que vem ocorrendo, na prática, é uma política de reajustes esporádicos, que, por não apresentar regras claras quanto à intensidade e previsibilidade, constitui-se, de acordo com Almeida (2001), um instrumento ineficiente do ponto de vista regulatório.

Embora a teoria tradicional tenha proposto formulações simétricas nos preços, trabalhos recentes têm explorado a possibilidade de não-linearidade e transmissão entre

as *commodities*, evidenciando a existência de um comportamento assimétrico nas flutuações, isto é, uma elevação na cotação dos preços no mercado internacional e/ou desvalorização do câmbio, por exemplo, não demora muito para começar a pressionar por um aumento nos preços dos combustíveis no mercado interno. Porém, quando há uma melhora, o retorno ao nível anterior é lento e, na maioria das vezes, sequer ocorre.

. Na literatura, destacam-se duas abordagens sobre o efeito assimétrico. A primeira, defendida especialmente por Duffy-Deno (1996) e Radchenko (2005), postula que a assimetria observada nos preços é caracterizada por uma implícita informação imperfeita entre os agentes, um procedimento do poder de mercado que usa a coordenação como meta para margens de lucro. Neste modelo, as firmas são não-competitivas e comportam-se de forma mais relutante em elevar preço do que em baixá-lo para obter e/ou manter parcelas do mercado, dado as vantagens de informação e os custos que os consumidores podem ter na procura pelo menor preço.

Outra idéia é a de que os custos de procura podem conduzir a uma resposta assimétrica às mudanças nos preços, defendido por Godby et. al. (2000). Nesse caso, quando os preços por atacado aumentam os donos dos postos de combustíveis procuram manter suas margens de lucro e repassam o aumento rapidamente para os preços de revenda. Por outro lado, quando os preços por atacado reduzem, cada distribuidora mantém temporariamente suas margens de lucro repassando lentamente a redução para os clientes. Neste sentido, após uma pesquisa dos consumidores por preços menores, nos posto de venda seriam forçados a praticar preços a um nível competitivo no qual as margens de lucro em cada posto estariam no seu nível normal. Faleiro e Alves (2006) ressaltam que apesar da abundância teórica e empírica internacional nessa área, ainda existem muitas questões em aberto sobre o comportamento assimétrico. Dentre estas, inclui-se as respostas do consumidor à mudança de preços, os custos de ajuste na refinaria e o comportamento dos *markups* sobre o ciclo de negócios.

Comparados à literatura internacional, estudos que tratem do comportamento dos preços, via transmissão e assimetria para o caso brasileiro ainda são escassos. Dentre estes podemos citar, no primeiro caso Lima e Sampaio (1997 a;b), Maia *et. al.*, (1999), Costa (2001); Silva-Filho *et. al.*, (2005); e no segundo caso, Galvão (2003), Correia e Minela (2005), Uchôa (2006), Oliveira-Júnior *et. al.*, (2007). Neste sentido, este trabalho se propõe a investigar a seguinte questão: o comportamento dos preços do



gás natural no Brasil e no Nordeste quando observados sob sua trajetória e integração entre as *commodities* apresentam semelhanças em relação ao mercado internacional?

O desenvolvimento de pesquisas desta natureza tem ganhado ênfase na comunidade acadêmica internacional, uma vez que, em decorrência de seus resultados pode-se buscar uma política energética que transmita uma melhor dinâmica ao estágio de desenvolvimento do mercado de gás natural, ou mesmo informações que auxiliem na elaboração de política de preços que garanta a competitividade do gás natural frente aos energéticos concorrentes.

Assim, para a consecução dos objetivos delineados, esta dissertação está dividida em quatro capítulos além desta introdução. O capítulo 2 trata da caracterização do mercado de gás natural, investigando aspectos relevantes do mercado internacional e nacional. No capítulo 3 apresentam-se os fundamentos teóricos referentes à tradicional determinação de preços e a determinação de preços com regulação. No capítulo 4 será apresentada a metodologia de séries temporais lineares (ARMAX) e dos modelos não-lineares (TAR), bem como os procedimentos empíricos a serem utilizados. O capítulo 5 analisa o comportamento dos preços do gás natural no mercado internacional e no mercado doméstico (Brasil e Região Nordeste) através de um estudo empírico por semelhanças. Por fim, mostram-se as considerações finais da pesquisa.

## 1.1 Objetivos

O objetivo geral do presente estudo é analisar o comportamento dos preços do gás natural nos mercados internacionais e nos mercados domésticos e identificar relações de assimetria no período de julho de 2001 a julho de 2007.

Em termos específicos, pretenderam-se:

- a) estudar as possíveis existências de sincronia e de causalidade entre os preços das *commodities* petróleo, gasolina e gás natural;
- b) estimar a elasticidade de transmissão dos preços dos mercados internacionais e dos preços domésticos identificando as inter-relações entre os mercados de petróleo, mercado de gasolina e mercado de gás natural através de modelos de série de tempo;
- c) identificar a existência de assimetrias de preços do petróleo, gasolina e gás natural no mercado internacional e no mercado doméstico utilizando modelos *Threshold Autoregressive* (TAR).

# 2

## CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO DE GÁS NATURAL

---

Este capítulo tem por objetivo, apresentar as principais características do mercado de gás natural no cenário internacional e doméstico, procurando destacar: um breve histórico do mercado de gás natural, bem como o seu desempenho e perspectiva nos segmentos das reservas, produção e consumo. E, por fim, apresenta-se o comportamento da Agência Nacional de Petróleo e as políticas de preços do gás natural nas últimas décadas no cenário doméstico.

### 2.1 O gás natural no cenário mundial e no Brasil

Apesar da descoberta do mercado de gás natural (GN) no cenário mundial datar de 1821, nos EUA<sup>1</sup>, a história desse setor pode ser analisada a partir de meados do século XX, com o avanço da tecnologia de construção de gasodutos, que começou a viabilizar o transporte de gás natural para longos percursos (LAUREANO, 2002).

De acordo com Moraes (2003), as expansões dos gasodutos e o “boom” das construções pós 2º Guerra mundial, foram os responsáveis pela instalação de quilômetros de dutos e utilização inicial do gás natural em larga escala por vários países, especificamente como combustível na iluminação, na cocção de alimentos e depois como combustível industrial. Entretanto, até o final da década de setenta, o gás natural<sup>2</sup> era visto, apesar de suas vantagens e versatilidade, como um produto de segunda categoria dentre os combustíveis fósseis. Pois, além das dificuldades impostas

---

<sup>1</sup> Ressalta-se que até o início deste século os esforços da Europa e dos Estados Unidos estavam voltados, sobretudo, para as descobertas de reservas de carvão, que se constituía, na época, a principal fonte de energia para a indústria. Entretanto, em 1951, os EUA era, praticamente, o único país produtor e consumidor de GN no mundo, tendo sido responsável por 92% da produção comercializada e 95% do consumo mundial (COUTINHO *ET. AL*, 1997).

<sup>2</sup> O gás natural pode ser encontrado sob duas formas, associado e não-associado ao petróleo. Quando o gás se encontra no reservatório dissolvido no óleo ou sob a forma de capa de gás, sua produção fica condicionada à produção de óleo. Nesse caso, se não houver condições econômicas para sua extração, o gás é reinjetado na jazida ou queimado, a fim de evitar o acúmulo de gases combustíveis próximos aos poços de petróleo. No mundo e no Brasil, as maiores ocorrências são as de gás associado, o que torna a indústria gasífera subordinada à lógica da exploração do petróleo. Já o gás não-associado é aquele que, no reservatório, está livre ou em presença de quantidades muito pequenas de óleo (ANP, 1998).

pela comercialização têm-se custos adicionais para o seu transporte, armazenamento e distribuição, tornando-se pouco atrativo para os eventuais investidores.

De acordo com Cordeiro (2005) a partir dos choques do petróleo na década de 1970, que quadruplicaram em 1973 os preços desse combustível e, em 1979, triplicaram mais uma vez, que os países que não possuíam reservas abundantes foram obrigados a buscarem meios de diminuir sua vulnerabilidade neste segmento, investindo na produção e no uso de fontes alternativas de energéticos. Assim, entre as alternativas, destacou-se a inserção e ampliação do gás natural no mercado de energético mundial.

Até a década de 70, grandes empresas, predominantemente públicas, atuando sob a forma de monopólios regionais verticalmente integrados, lideravam a expansão deste setor. Na década de 90, o gás natural consolidou-se como um dos principais combustíveis industriais e transformou-se em um energético essencial e estratégico para os países que o utilizam racionalmente.

No Brasil a distribuição do gás natural é relativamente recente, teve início no final do século passado com as redes urbanas no Rio de Janeiro e São Paulo. De acordo com estudos da ANP (2004), a introdução do GN no Brasil foi composta por quatro fases distintas. A partir da década de 60, o gás natural passou a ser produzido no Brasil com as descobertas de petróleo na Bahia, Alagoas e Sergipe que viabilizaram o fornecimento para indústrias químicas, atuantes principalmente nos segmentos petroquímicos, localizados em Camaçari na Bahia. Da mesma forma, o gasoduto ligando Guamaré a Cabo foi concluído, possibilitando assim a distribuição de gás natural nos estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte (NEIVA, 1988).

Na década de 80 e início dos anos 90, com o aumento da produção nacional de Petróleo e com a construção da rede de gasodutos que liga a Bacia de Campos ao Rio de Janeiro e São Paulo, o gás natural foi disponibilizado para consumo residencial e Industrial na região Sudeste. Neste período, foi lançado o Plano Nacional do Gás Natural (PLANGAS), a idéia principal era de utilização tanto do gás natural liquefeito (GNL) para o setor residencial e comercial quanto do gás natural veicular (GNV) em substituição ao diesel nos centros urbanos, visando à redução da poluição e a vulnerabilidade dos preços internacionais do petróleo. Entretanto, as dificuldades consistiam na ausência de rede de gasodutos e postos de abastecimento, na pequena diferença entre o preço do gás natural e outros combustíveis e na falta de tecnologia de conversão para veículos mais pesados (ALVES, 2005).

Na terceira fase, compreendida entre 1992 e 1998, houve um segundo incremento na produção com a ampliação da produção em novas regiões do país e a liberalização do gás natural veicular. Inicialmente, apenas para taxistas e frotas de empresas, nos anos de 1992 e 1993, o que acabou tornando seu uso economicamente viável em função do elevado consumo de combustível por essa classe de consumidores.

Por outro lado, de 1994 a 1996, período de estabilização econômica decorrente do Plano Real, houve uma aparente diminuição da economia do gás natural frente aos outros combustíveis, e no caso do GNV, as montadoras passaram a não dar garantias aos veículos novos convertidos a gás natural. Desta forma, alguns estados passaram a dar isenções de impostos como forma de incentivar a utilização deste energético pelos taxistas. No período de 1997 e 1998, o GNV foi liberado para veículos particulares, em resposta às crises de abastecimento de outros combustíveis, como o álcool e dos elevados preços da gasolina, o que ocasionou em um considerável consumo de GNV, com expansão significativa no mercado de autônomos e frotistas.

A quarta fase, compreendendo dos anos 2000 aos dias atuais, obteve aumento significativo no grau de desenvolvimento do mercado de gás natural e ampliação na participação da matriz Energética.

Neste contexto, Soares (2004) destaca que alguns fatores exerceram efeito significativo para consolidar a tendência de aumento da participação do gás natural na matriz energética brasileira, entre eles: i) comprovação do porte das reservas Bolivianas e ampliação da oferta com o gás importado da Bolívia, ii) dificuldades de expansão do parque gerador brasileiro via hidroeletricidade, iii) intensificação das políticas energéticas do Cone Sul iv) incentivos e investimentos em termoeletricidade, proporcionado pelo Programa Prioritário de Termelétricas<sup>3</sup> e, v) o crescimento, em nível mundial, da importância de tecnologias de geração de energia elétrica baseadas no uso de gás natural.

Segundo Praça (2003), as principais motivações que justificam esta tendência podem ser sintetizadas pelo maior volume e dispersão das reservas existentes no mundo, quando comparadas ao petróleo, pela privatização do setor elétrico iniciada em meados

---

<sup>3</sup> Segundo a ANP (2004), as centrais termoeletricas que foram qualificadas nesse programa receberam condições de mercado especiais, das quais destaca-se: garantia de suprimento de gás natural, pelo prazo de até vinte anos, com preço formado e assegurado pela Petrobras através da composição de suprimento entre o gás natural nacional (20%) e boliviano (80%), que resulta num preço abaixo do praticado em contratação livre do gás boliviano.

da década passada e a conseqüente crise de energia elétrica deflagrada; bem como a crescente pressão de grupos ambientais favoráveis à utilização de uma fonte energética mais limpa e polivalente.

Atualmente, o mercado de gás natural vem assumindo uma participação cada vez mais crescente no Brasil e no cenário mundial, seja pela manutenção de um diferencial de preços atraente, proporcionando uma relação custo benefício altamente favorável para o combustível veicular, substituindo a gasolina, diesel ou o álcool no setor de transportes, seja como fonte energética nas residências e estabelecimentos comerciais, seja como óleo combustível no setor industrial, mas, sobretudo na geração termoelétrica e co-geração de energia com elevada eficiência e menores impactos.

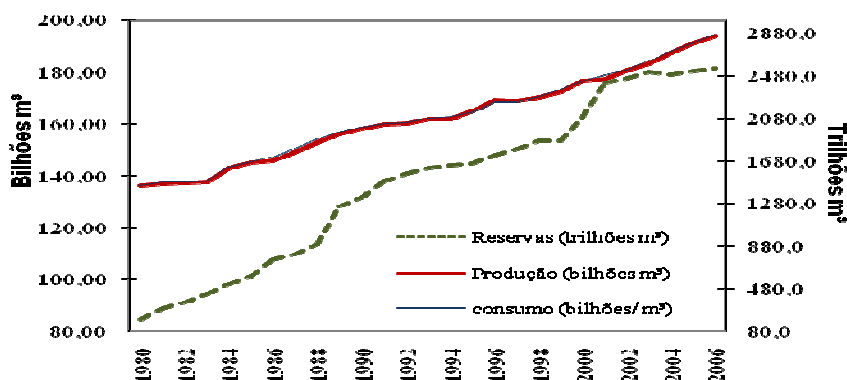
## **2.2 Desempenho e perspectiva do mercado de gás natural**

O gás natural é a fonte de energia primária de mais rápido crescimento em anos recentes (1980 - 2006), atingindo 181,46 trilhões de m<sup>3</sup> de reservas provadas, 2865,3 bilhões de m<sup>3</sup> de produção e 2850,8 bilhões de m<sup>3</sup> de consumo em 2006, ou seja, um incremento de 114,3%, 97,8% e 96,8%, respectivamente, neste período, como mostra a Figura 1.

De acordo com Almeida (2001) o uso do gás natural está em crescimento por uma série de razões, incluindo preço, questões ambientais, diversificação de combustíveis, questões de segurança, desregulamentação mercadológica e crescimento econômico mundial. Adicionalmente, constata-se que os processos de inovação tecnológica na produção, no transporte e na utilização do gás natural contribuíram para o novo padrão de desenvolvimento deste energético. Segundo Laureano (2002), os processos de integração regionais, especificamente os novos blocos econômicos, também têm contribuído de forma significativa para o desenvolvimento do comércio regional do Gás Natural no cenário internacional, principalmente pós-década de 80 (vide Figura 1).

Verifica-se na Figura 1 que as reservas mundiais de gás natural duplicaram nos últimos 6 anos, ultrapassando segundo dados da ANP (2007) o crescimento das reservas de petróleo no mesmo período. Observa-se ainda que a maioria dos aumentos nas reservas de gás natural ocorreu em países em desenvolvimento e cerca de três quartos

das reservas de gás natural do mundo foram descobertas no Oriente Médio e na ex-União Soviética, como Rússia<sup>4</sup>, Irã e Catar, juntos respondendo por cerca de 76% dessas reservas em 2006, conforme Figura 2.



**Figura 1:** Evolução das reservas, produção e consumo de gás natural no cenário mundial de 1980 a 2006.

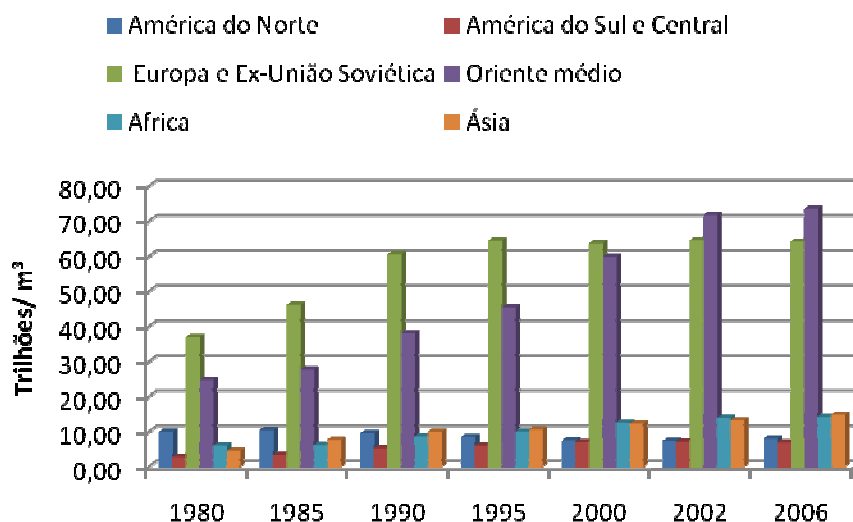
**Fonte:** Dados compilados do BP Global Statistical Review of World Energy, 2007.

Nas Américas do Sul e Central, os incrementos se deram, principalmente, na Venezuela (70,7%), Bolívia (83,5%), Trinidad e Tobago (43,9%) e Argentina (59,6%), com um crescimento total de 59,6%. Entretanto, destaca-se que muitas regiões permanecem inexploradas e novas descobertas têm acompanhado as atividades recentes de exploração, principalmente, no MERCOSUL, envolvendo Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, com Chile e Bolívia participando como membros associados. Em outros países, como por exemplo, Venezuela, Trinidad e Tobago, Porto Rico, República Dominicana, as atividades envolvendo o mercado do gás natural se concentram na utilização de GNL.

As reservas de gás natural da África são estimadas em 14,18 trilhões de m<sup>3</sup>, contabilizando aproximadamente 8 % das reservas globais em 2006 (vide Figura 2), com destaque para Egito (95,7%), Argélia (17,4%), e Nigéria (77,5%), que possuem 11,65 trilhões de m<sup>3</sup> (83 % do total africano). Na América do Norte, verifica-se um nível de crescimento negativo (-24%), dada à maturidade da indústria, correspondendo a 4% das reservas mundiais em 2006 (em 2001 contabilizava 12%). Na Ásia, constata-se

<sup>4</sup>A maior reserva de gás natural do mundo localiza-se na Rússia, sendo mais que o dobro do Irã, a segunda maior reserva.

um aumento considerável de 69,8% nas reservas de gás natural entre 1980 e 2006, com destaque para a Indonésia, Malásia e China (que juntos totalizam 51% das reservas da Ásia).



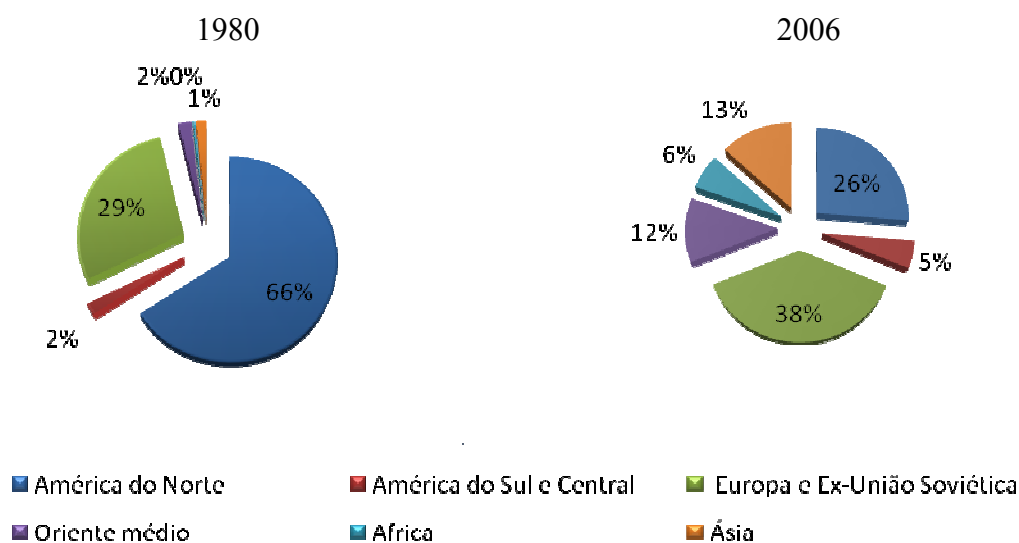
**Figura 2:** Reservas de gás natural por Blocos econômicos no cenário mundial de 1980 a 2006.  
**Fonte:** Dados compilados do BP Global Statistical Review of World Energy, 2007.

A Figura 3 apresenta a participação das Regiões na produção mundial de gás natural no período de 2001 e 2006. Observa-se que a América do Norte, maior região de produção de GN vem perdendo espaço nos últimos anos, produzindo em 2006 apenas 26% (754,4 bilhões de m<sup>3</sup>) do total mundial. Magalhães-Junior (2004) destaca que o único produtor importante na América do Norte que tem apresentado redução da produção refere-se aos Estados Unidos, devido à exaustão das suas reservas. No entanto, a produção de gás natural nos Estados Unidos ainda corresponde por cerca de 18,3% da mundial, perdendo apenas para a Rússia, com 21,4%. O Canadá é o terceiro maior produtor mundial de gás natural, com 6,5 % do total.

A África tem registrado as maiores taxas de crescimento na produção de GN nos últimos anos, alcançando a produção de 180,5 bilhões de m<sup>3</sup> em 2006 com uma participação de 6% no total, com destaque para a produção de Gás Natural Liquefeito (GNL)<sup>5</sup> no Norte da África (Argélia e Líbia). Na Ásia<sup>6</sup> verifica-se através da Figura 3

<sup>5</sup> De acordo com Silva (2003) os principais fatores de interesse no GNL residem nos preços mais altos do gás natural, reduções nos custos de produção e transporte do GNL, e o desenvolvimento de novas fontes. No passado, a Argélia era a principal fonte de GNL no Mundo, porém, atualmente a principal fonte é Trinidad e Tobago, seguido de Qatar, Nigéria, Austrália, Oman e Emirados Árabes Unidos.

um crescimento em torno de 95,8% no período de análise, com destaque para Indonésia, Malásia, China e Austrália, que juntas corresponde a 62% do total produzido na Região.



**Figura 3:** Participação da produção de gás natural por Blocos econômicos no cenário mundial nos anos de 1980 e 2006.

**Fonte:** Dados compilados do BP Global Statistical Review of World Energy, 2007.

Os mercados de produção de gás natural na Europa e antiga União Soviética apresentaram um crescimento de 73,2%, com uma participação em 2006 de 38% na produção mundial, com destaque para a Rússia, que além de ser o maior produtor é o maior exportador de gás natural no cenário internacional. No que diz respeito, a América do Sul e Central constata-se através da Figura 3 que a produção passou de 18 bilhões de m<sup>3</sup> em 1980 (2% do total) para 144,5 bilhões de m<sup>3</sup> (5% do total produzido no mundo), totalizando um crescimento de 87,5%.

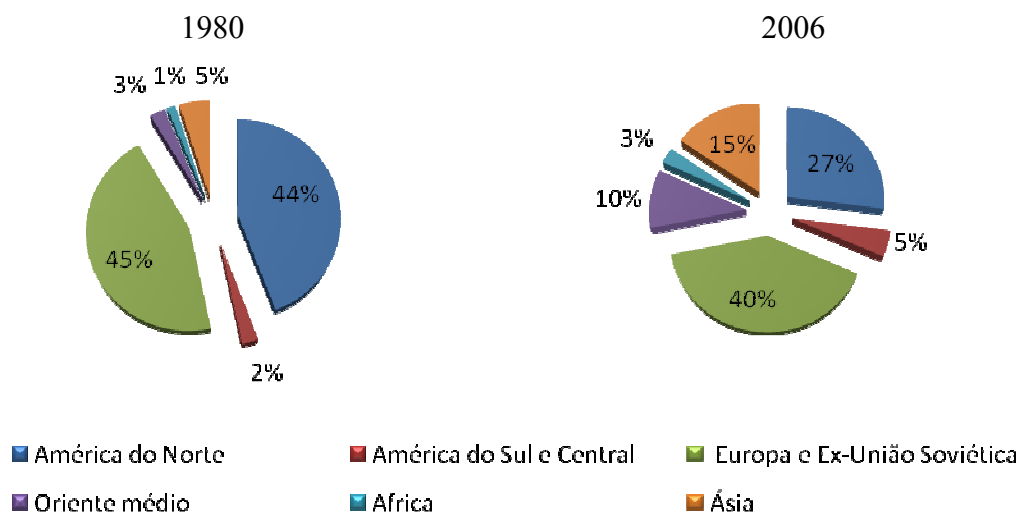
Com relação ao consumo mundial de gás natural, verifica-se que devido ao aumento da consciência ecológica e fontes alternativas de energia, o gás natural tem se tornado um dos combustíveis mais demandados na atualidade, com um crescimento de 49,2% nos últimos 26 anos. A Figura 4 apresenta os principais blocos econômicos consumidores de gás natural no Mundo.

O principal destaque reside no forte crescimento da demanda na Ásia e no Oriente Médio. Outro destaque refere-se aos Estados Unidos e a Rússia, que atualmente

<sup>6</sup> Destaca-se que o forte crescimento no produto interno bruto e o uso do gás natural foram superiores as expectativas do mercado, pois, de acordo com estudos do Instituto de Energia dos EUA era esperado para a região, a participação de 13 % da produção do gás natural em 2020, porém, como observa-se na Figura 3, em 2006 a Ásia obteve este percentual (EIA, 2001).



respondem, em conjunto, por 37% da demanda global, respectivamente no período de 1980 a 2006.

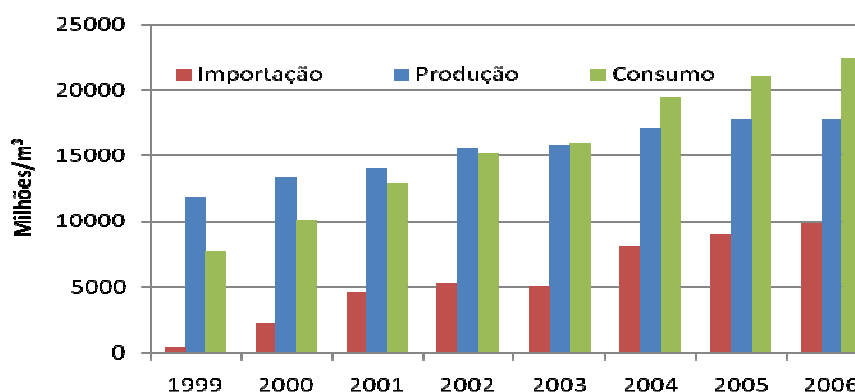


**Figura 4:** Participação do consumo de gás natural por Blocos econômicos no cenário mundial nos anos de 1980 e 2006.

**Fonte:** Dados compilados do BP Global Statistical Review of World Energy, 2007.

De acordo com Magalhães-Júnior (2005), um dos fatores limitantes na expansão do consumo mundial deste energético reside na infra-estrutura de transporte e na possível redução da oferta de gás natural em algumas regiões do mundo. Entretanto, o autor ressalta que devido às grandes reservas da Rússia e do Oriente Médio, bem como, a expansão de gasodutos do Continente Euro-Asiático as demandas, principalmente, Europeias e Asiáticas, no longo prazo, serão atendidas. Por outro lado, os mercados Norte-Americanos e o Japonês dependerão cada vez mais do fornecimento do GNL, vindos principalmente do Norte da África e de Trinidad e Tobago. Assim como, alguns lugares da América do Sul e Central.

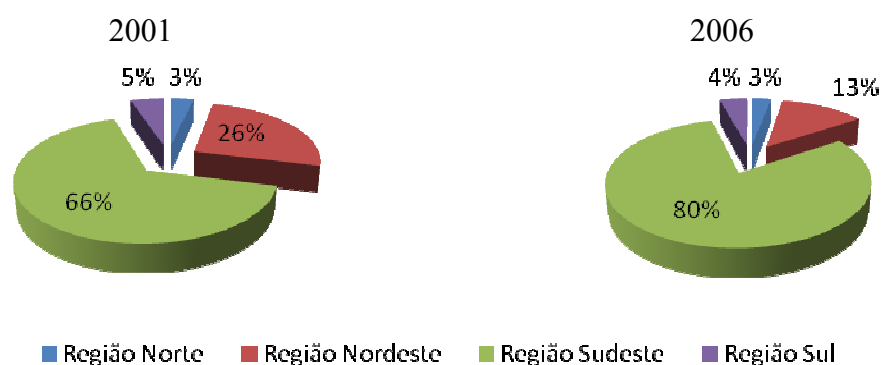
No cenário doméstico, mesmo ainda representando apenas 7,5% da matriz energética interna, observa-se através da Figura 5, um crescimento significativo do consumo e das importações, nos últimos anos. Em grande parte, o expressivo aumento no uso do gás natural é reflexo do anseio do Governo Federal de elevar a participação do gás natural na matriz energética do Brasil. A meta, estabelecida pelo Ministério das Minas e Energia, em 1992, é de uma participação de 12% de gás natural na matriz energética brasileira até 2010.



**Figura 5:** Evolução das Produção, consumo e importação do gás natural no cenário nacional de 1999 a 2006.

**Fonte:** Dados compilados da ANP.

Com relação à produção de gás natural no Brasil constata-se que apesar do crescimento verificado nos últimos anos, este não mostrou-se suficiente para atender ao ritmo de crescimento da economia brasileira, sendo necessário o aumento das importações a partir de 2003. Em relação ao consumo, verifica-se na Figura 6 que a Região Sudeste ainda mantém a liderança no cenário nacional desde 2001, com uma participação de 80% no total em 2006, com destaque para o Estado do Rio de Janeiro, com 61,9% do total consumido no país.



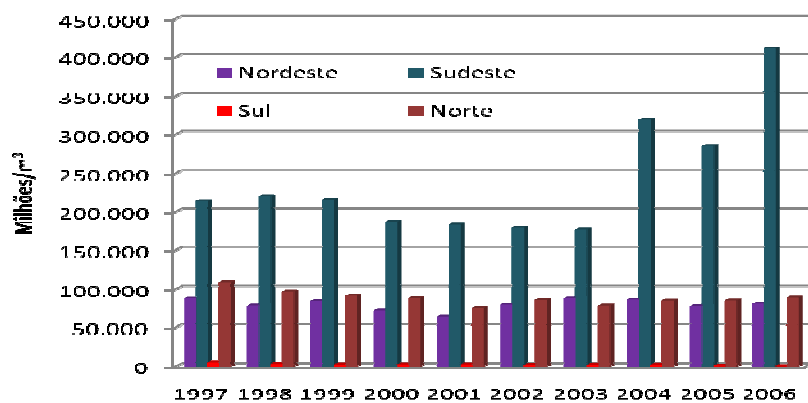
**Figura 6:** Participação do consumo de gás natural no cenário doméstico nos anos de 2001 e 2006.

**Fonte:** Dados compilados da ANP.

Destaca-se que a Região Nordeste vem apresentando uma redução na participação do total consumido no país, com destaque para o Estado da Bahia, que em 2001 representava 46% do total e reduziu para cerca de 23% em 2006. Por outro lado,

observa-se um crescimento na participação dos Estados do Rio Grande do Norte e Pernambuco (este principalmente em razão da entrada em operação da termoeletrica UTE Termopernambuco).

Na figura 7 observa-se a trajetória das reservas de GN nas Regiões brasileiras. Constata-se através da análise que as reservas de gás natural estão concentradas principalmente na Região Sudeste e na Região Nordeste, representando uma participação de 70% e 14,7% do total. Deve-se salientar que 80 % das reservas são de gás associado e 55 % estão situadas em águas profundas, principalmente na Bacia de Campos (39,1%), enquanto que os 22,6% restantes encontram-se em terra, principalmente no campo de Urucu (AM) e em campos produtores no estado da Bahia. Em consequência, a oferta de gás natural é influenciada e muito dependente da produção de petróleo.



**Figura 7:** Evolução das reservas de gás natural no cenário nacional de 1997 a 2006.

**Fonte:** Dados compilados da ANP.

Na região Nordeste o abastecimento é realizado, exclusivamente, pela produção de gás natural oriunda dos campos da Bahia, Ceará, Alagoas, Sergipe e Rio grande do Norte, totalizando 17,2 mil m<sup>3</sup>/dia de capacidade instalada na região, representando cerca de 33,7% da capacidade produzida em âmbito nacional.

A malha de gasoduto nordestina está sendo expandida. Recentemente, foi colocado em operação um gasoduto que leva gás até a cidade de Campina Grande, no interior da Paraíba. Esse esforço de interiorizar a malha regional de gasodutos terá continuidade com o término da construção do gasoduto Nordestão 2, que corta os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, levando gás de Mossoró (RN) à cidade Marechal Deodoro em Alagoas. Observa-se que um dos grande

problemas para o gás natural no Nordeste refere-se a garantia na ampliação da infraestrutura necessária para atender um possível aumento da demanda, devido sobretudo ao grande volume de investimentos necessário neste setor.

Ressalta-se, que os investimentos na ampliação da produção de gás, bem como, nas ampliações das malhas de transporte e distribuição são expressivos e indicam uma orientação bastante clara quanto à inserção deste energético na matriz energética do Nordeste. A descoberta de gás natural na Bacia de Santos em 2003, representou um novo paradigma na oferta de gás natural nacional, pois significou quase o dobro das reservas provadas de gás do país neste ano. Entretanto, apesar do crescimento vivenciado pelo aumento da oferta de gás natural no país, a Região Nordeste continua, segundo Maculan e Silva (2006) com uma restrição futura na oferta de gás natural na região e sendo uma das regiões mais carentes do país sob a ótica do acesso a fontes de energia a um preço competitivo.

De acordo com Prates et. al. (2006), apesar da consolidação da malha de gasodutos de transporte na Região, a malha ainda ficará fragmentada, faltando a interligação com outras regiões do País, em especial com a região Sudeste. Por outro lado, a queda da produção da Região Nordeste será, em parte, compensada pela oferta adicional gerada pela construção do terminal de importação de GNL no Ceará, cujo início da operação está previsto para o ano de 2009. O terminal de importação de GNL será de vital importância para a região, pois além de fornecer considerável volume de gás natural ao sistema, propiciará maior flexibilidade de atendimento ao mercado termelétrico.

### **2.3. A política de preços do gás natural no Brasil e a ANP**

A política de preços do gás natural vem passando por várias mudanças ao longo das últimas décadas. Até fins dos anos 80, o governo controlava todos os preços de petróleo e de seus derivados, com base no tabelamento e na uniformização dos preços em todo o território nacional, cujo objetivo era sustentar a política de subsídios cruzados entre os derivados (ANP, 2004).

No início dos anos 90, acompanhando o cenário internacional, a política de preços começou a ser pautada na introdução de uma economia de mercado, com o início

de um processo gradual de liberalização dos preços e de extinção dos subsídios cruzados. De acordo com Oliveira (2006), o governo iniciou uma série de ações em relação aos preços, entre elas, a criação da Lei do Petróleo - 9478/97 - que estabelecia o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), responsável por estabelecer as diretrizes da política energética brasileira, e a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e B combustíveis (ANP)<sup>7</sup>, uma autarquia especial com a finalidade de regular o setor de petróleo e gás natural.

Neste período, os preços e reajustes do petróleo e derivados, inclusive o gás natural, eram fixados por atos do Ministério da Fazenda (MF) e Ministério de Minas e Energia (MME), com uma paridade entre o preço do gás natural e do óleo combustível 1A<sup>8</sup> de 75% (não considerava-se os custos de transporte). Entretanto, esta regra mostrou-se estável devido ao controle dos preços dos óleos combustíveis (ANP, 2002).

Posteriormente, em conformidade com a Lei do Petróleo o período entre 1998 e 2001 passou a ser de transição entre o regime vigente para uma política de preços livres. Nesta etapa, a formação dos preços era realizada por portarias interministeriais, onde o MF e o MME, de forma conjunta com a Petrobrás, acabaram por definir a convergência entre os preços dos derivados básicos e os respectivos preços internacionais, com base no conceito de custo operacional da empresa somado a uma margem de lucro<sup>9</sup>. Adicionalmente, consideraram-se os custos médios de frete e seguro, bem como o imposto de importação de cada derivado e, a taxa portuária, que teve como referência inicial o Porto de Vitória- Espírito Santo.

---

<sup>7</sup> A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e B combustíveis (ANP) é uma autarquia integrante da Administração Pública Federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Tem por finalidade promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo, de acordo com o estabelecido na Lei nº 9.478, de 06/08/97, regulamentada pelo Decreto nº 2.455, de 14/01/98, nas diretrizes emanadas do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e em conformidade com os interesses do País (ANP, 2002).

<sup>8</sup> São óleos combustíveis com viscosidade cinemática máxima de 620 mm<sup>2</sup>/s (a 60o C) e teor de enxofre máximo de 2,5%, além de outras características especificadas no Regulamento Técnico n.º 003/99, aprovado pela Portaria ANP nº 80/99.

<sup>9</sup> De acordo com Oliveira (2006), a partir de 1º de agosto de 1998, os preços passaram a oscilar mensalmente no em função da cotação internacional do derivado e da taxa de câmbio. Ressalta-se, que o mercado internacional de derivados é formado por um conjunto de mercados de referência, que podem transacionar cargas físicas ou futuras. Dentre os principais, pode-se citar o mercado do Golfo do México (conhecido como *US Gulf Coast*), da costa leste americana, *New York Mercantile Exchange* (Nymex), *International Petroleum Exchange* (IPE - Londres), do noroeste europeu, do Mediterrâneo, de Cingapura e do Golfo Árabe. Nesses mercados, em geral, os preços variam diariamente e várias vezes durante o dia, apresentando alta volatilidade.

Assim, fixaram-se, então, para a produção nacional às distribuidoras estaduais preços máximos para as vendas à vista do gás natural nos *city gates*<sup>10</sup>. Sendo, os preços máximos resultado da soma de duas parcelas, uma relativa ao transporte entre os pontos de recepção e entrega do energético e outra ao preço da *commodity* gás natural na entrada do gasoduto. No entanto, as duas parcelas eram corrigidas de formas diferentes, cabendo à ANP estabelecer os valores da parcela de transporte, o que resultou em preços diferenciados entre os Estados brasileiros (ANP, 2004). O preço do gás importado destinado à distribuição local, por sua vez, era definido via contratos já existentes ou futuros, negociados livremente entre as partes. Já nos preços do gás destinado as termelétricas, por fazer parte do Programa Prioritário de Termelétricidade (PPT), estabeleceram-se um preço médio de suprimento, com base em um portfólio composto de 80% de gás importado e 20% de gás nacional.

Neste caso, Silveira e Pinto-Junior. (1999) enfatiza que o principal obstáculo à liberalização dos preços dos combustíveis residia na estrutura tributária do setor, entre os quais destacava-se, o imposto de importação, ICMS, CPMF, contribuições sociais e principalmente, a Parcela de Preços Específica (PPE)<sup>11</sup>. Entretanto, após a Emenda Constitucional nº 33, de 11 de dezembro de 2001, regulamentada pela Lei Complementar nº 10.336/01, de 19 de dezembro de 2001, extingue-se a PPE e institui a Contribuição de Intervenção de Domínio Econômico (CIDE).

Segundo Oliveira (2006), a criação da CIDE<sup>12</sup> era condição necessária para a abertura dos mercados de importação e exportação e foi à última etapa para a criação de condições favoráveis ao livre mercado.

Desta forma, a partir de janeiro de 2002, vigora em toda a cadeia de produção e comercialização de combustível, incluindo o gás natural em seus estágios de produção,

---

<sup>10</sup> Refere-se ao divisor físico da rede de transporte para a rede de distribuição de gás natural. Neste local, a pressão do gás é rebaixada e é colocado um odorante, para que, caso haja vazamento de gás, ele possa ser identificado. A jurisdição, neste ponto, é transferida do âmbito federal para o estadual.

<sup>11</sup> O imposto de importação refere-se a um tributo de competência federal cuja base de cálculo é o preço CIF de importação. Em relação ao Imposto sobre Circulação de Mercadorias e sobre a Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal (ICMS) é de competência estadual cujas alíquotas, que podem ser diferentes, são estabelecidas no âmbito do Conselho Nacional de Política Fazendária – CONFAZ. O ICMS incide sobre as atividades de refino, distribuição e revenda. As contribuições sociais incidentes são duas: o Programa de Integração Social (PIS) e a Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS) (SILVEIRA; PINTO-JR, 1999).

<sup>12</sup> A CIDE é cobrada sobre a produção, importação e comercialização de GLP, gasolinas, diesel. QAV, outros querosenes, óleos combustíveis e álcool etílico anidro. A Lei 10453/02 define a destinação dos recursos da CIDE à concessão de subsídios, à compra de GLP por famílias de baixa renda (Programa Auxílio Gás), bem como subsídios aos produtores de álcool combustível.

distribuição e revenda, o regime de liberalização dos preços da indústria de petróleo e derivados<sup>13</sup>. De acordo com o regime, não há qualquer tipo de tabelamento, valores máximos e mínimos, nem necessidade de autorização prévia para reajustes de preços dos combustíveis e o preço do gás natural nacional passou a ser estabelecido por meio de contratos da mesma forma que o gás importado.

A partir de então, a ANP, passou tanto a arbitrar os possíveis conflitos entre as partes envolvidas nos contratos, quanto verificar se as tarifas acordadas são compatíveis com o mercado e não prejudicam os interesses do consumidor (FREITAS, 2004).

---

<sup>13</sup> Verifica-se que as tarifas de distribuição podem variar de um Estado para outro, devido os diferentes contratos de concessão entre os agentes.

# 3

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

---

O presente capítulo está dividido em três seções, iniciadas por uma síntese sobre a tradicional determinação dos preços nas estruturas de concorrência perfeita e imperfeita. O objetivo principal desta parte da pesquisa é dar suporte a análise do comportamento nos preços do gás natural. Na segunda, seção apresentam-se as especificações da determinação de preços sob regulação com ênfase nos modelos tradicionais e nos modelos recentes de regulação proposto por Laffont (1994, 2005). E na terceira seção consideram-se os elementos que explicam o comportamento dos preços de uma *commodity*, destacando alguns estudos empíricos a respeito do comportamento dos preços através da análise de transmissão de preços entre mercados e relações de assimetria nos preços, cujas abordagens embasam o presente estudo.

### 3.1 Teorias de determinação dos preços

Estudos da determinação e do comportamento dos preços têm ocupado o foco central em ciências econômicas. Características fundamentais são as oscilações, resultando em fortes instabilidades entre a oferta e a demanda. Para a oferta, esta instabilidade é fator de insegurança em sua perspectiva de venda; para a demanda, o problema aparece sob forma de abastecimento e preços instáveis.

A teoria de concorrência perfeita configura-se em um modelo tradicional com um grande número de firmas no mercado, em que os preços são determinados através da interação dinâmica entre a oferta e a demanda. Nesta situação, o preço é estabelecido de acordo com as condições do mercado e tende a permanecer em patamares próximos ao custo de produção das mercadorias. A teoria toma a estrutura de mercado como um dado e analisa seus resultados em termos de preço praticado e quantidade transacionada. Constitui-se assim, numa abordagem estática, uma vez que as ações de cada firma não afetam, nem as decisões das outras presentes no mercado e nem a estrutura definida inicialmente.



De acordo com Kreps (1995), a análise de mercados competitivos fundamenta-se nas seguintes condições: i) *price takers*: os consumidores e as firmas assumem que suas decisões não afetam o preço de mercado; ii) perfeita informação: os consumidores e as empresas apresentam informações completas sobre suas preferências, níveis de renda, custos, tecnologias, preços e qualidade dos produtos; iii) homogeneidade de produto: as empresas produzem produtos idênticos, de forma que, a única escolha dos consumidores é o preço<sup>14</sup>; e, iv) perfeita mobilidade de recursos: livre entrada e saída de empresas do mercado<sup>15</sup>.

O equilíbrio walrasiano competitivo, segundo Mas-collel *et. al* (1995), só ocorrerá se as seguintes condições forem satisfeitas:

1. condição de maximização de lucros é dada por:  $Max p^* \cdot y_j - c(y)$ , sendo o vetor de preços  $p^* \in \Re$ , dado pelo mercado e, um vetor de bens  $1, \dots, L$ , para cada firma  $j$ , a quantidade produzida ( $y^*$ ) que resolve o problema de maximização e, a

2. condição de maximização de utilidade é dada por:  $Max U_i(x_i)$ , sujeito a:

$$p^* x_i \leq p^* w_i + \sum_{j=1}^J \theta_{ij} (p^* \cdot y_j^*), \text{ onde, } w_i \text{ é a quantidade dos bens } 1, \dots, L \text{ que}$$

o consumidor  $i$  possui, e  $\sum_{j=1}^J \theta_{ij} (p^* \cdot y_j^*)$  é o somatório percentual

$(\theta_{ij})$  que o consumidor  $i$  tem nas firmas  $1, \dots, j$ <sup>16</sup>.

Na primeira condição tem-se que as firmas, como agentes, maximizam os seus lucros dado um vetor de preços de insumos e dado um vetor de preços dos bens produzidos, acordando com a premissa de *price takers*. Da mesma forma, cada consumidor irá atuar de forma a maximizar a sua utilidade, escolhendo a cesta de bens

<sup>14</sup> Desta forma, o mercado apresenta um preço único, pois, qualquer desvio do preço de mercado reduziria as vendas da empresa à zero.

<sup>15</sup> Neste caso, se as empresas percebem uma oportunidade de lucro, podem contratar recursos e entrar no mercado; se estiverem auferindo prejuízos, conseguem abandonar os recursos de produção e se retirar do mercado.

<sup>16</sup> Ressalta-se que estas duas condições não são comuns apenas a mercados competitivos, e sim a mercados de equilíbrio de um modo geral.

de maneira a agregar o máximo possível de utilidade dada sua restrição orçamentária, imposta pelos preços de mercado e sua riqueza.

Assim, constata-se que o vetor de preços tem dois impactos na restrição do consumidor: primeiramente na quantidade de bens que o consumidor possui e que determina a sua riqueza e em segundo os preços afetam os lucros da firma e assim, a riqueza proveniente da fração que pertence ao consumidor. Dadas estas escolhas, o preço de mercado se ajusta atingindo o nível de equilíbrio para cada bem  $1, \dots, L$ , da seguinte forma:

$$\sum_{i=1}^I x_{li}^* = w_l + \sum_{j=1}^J Y_{lj}^* .$$

A questão que se coloca nesses modelos é que muitas das suas premissas não são verificadas no mundo real. Na prática, verifica-se nos diversos mercados: concentração, assimetria de informações, imobilidade de fatores, práticas desleais e produtos diferenciados. Todos esses fatores comprometem o bom funcionamento do modelo descrito. Neste contexto, a partir do “relaxamento” de alguns dos pressupostos de concorrência perfeita chega-se aos modelos de concorrência imperfeita.

Quando há um número relativamente pequeno de agentes de algum lado do mercado, pode ocorrer uma habilidade por parte destes em alterar os preços com suas atitudes, e desta forma, ocasionar variações além dos níveis de competição perfeita; caso da teoria do monopólio.

Assume-se que neste mercado há apenas um vendedor de um determinado bem e que a função denominada por este bem ao preço  $p$  seja  $x(p)$ , a qual é contínua e estritamente decrescente para todo  $p$ , isto é,  $x'(p) < 0$ . Logo, a função de custo do monopolista é  $c(q)$ , sendo que a quantidade produzida e a decisão do monopolista consistem basicamente em encontrar o preço que maximize seu lucro<sup>17</sup>, da seguinte forma:

$$\text{Max } px(p) - c(x(p)) \quad (1)$$

---

<sup>17</sup> Verifica-se que muitas vezes a maximização do lucro do monopolista é visto como a função de demanda inversa, sendo  $p(q)$  o preço que cobrado para ser vendido e  $q$  unidades do produto. Assim, a renda que o monopolista deve receber por  $q$  unidades vendidas é  $r(q) = p(q)q$ , e o problema de maximização transforma-se em:  $\text{Max } p(q)q - c(q)$ . Logo, as condições de 1ª e 2ª ordem são:  $p(q) + p'(q)q = c'(q) < 1$  e  $2p'(q) + p''(q)q = c''(q) \geq 0$  (MAS-COLLEL ET AL., 1995).

Segundo Mas-Collel *et. al* (1995) assume-se que as funções de custo e preços são contínuas e diferenciáveis para todo  $q \geq 0$  e  $p(0) > c'(0)$ . E ainda que exista uma única solução  $q^* \in (0, \infty)$  de forma que  $p(q^*) = c'(q^*)$ . A quantidade  $q^*$  de equilíbrio é um ponto de ótimo social ao nível de um mercado competitivo. Portanto, satisfazendo a condição de primeira ordem, teremos:

$$p'(q^m)q^m + p(q^m) \leq c'(q^m) \quad (2)$$

A condição de primeira ordem mostra que na escolha ótima de maximização de lucro, a receita marginal é igual ao custo marginal. Entretanto, usando a suposição que  $p(0) \geq c'(0)$ , a condição anterior transforma-se em:

$$p'(q^m)q^m + p(q^m) = c'(q^m) \quad (3)$$

Sendo  $p'(q) < 0$ , uma variação na quantidade demandada para qualquer  $(q)$ ,  $p'(q^m) < 0$  e  $p(q^m) > c'(q^m)$ , isto é, o preço de monopólio ultrapassa o custo marginal<sup>18</sup>. Neste caso, a decisão do monopolista é tomada com base no aumento dos preços de todas as quantidades vendidas e não apenas na unidade marginal.

Entretanto, existem casos, em que há mais de um vendedor, porém não muitos, de um produto; o caso da concorrência oligopolista. Neste caso, os bens produzidos são homogêneos (diferenciados) e podem existir barreiras que dificultam ou tornam impossível a entrada de novas firmas no mercado<sup>19</sup>. Os modelos de oligopólios são caracterizados por um mercado com um número pequeno de firmas (países) em que as decisões econômicas envolvem considerações estratégicas, isto é, cada firma deverá considerar de que forma suas ações influenciarão suas rivais e quais seriam as prováveis reações destas concorrentes, utilizando-se para a análise a teoria dos jogos.

---

<sup>18</sup> O termo  $p'(q^m)q^m$  capta o valor do monopolista em produzir uma quantidade ótima a um preço superior que o mercado competitivo (VARIAN, 1992).

<sup>19</sup> As barreiras a entrada impõe custos elevados para os novos entrantes num mercado em oligopólio. Ressalta-se que a entrada de uma nova empresa só acontecerá apenas quando existir um potencial para a mesma realizar lucros extraordinários, isto é, é necessário que o preço do mercado fique acima do custo médio do novo entrante.

Neste sentido, em situações de interação estratégica em que os jogadores buscam maximizar seus *payoff*, utiliza-se o *equilíbrio de Nash*. Para a análise de estratégias puras, utilizam-se os modelos tradicionais do mercado oligopolista, entre os quais, destacam-se os jogos simultâneos de Cournot e Bertrand e o jogo seqüencial de Stalkeberg<sup>20</sup>.

O modelo de Cournot parte do princípio que existem  $n$  firmas no mercado produzindo um produto homogêneo. Considera-se que sejam duas firmas ( $q_1 + q_2$ ) competindo entre si (ambas decidem produzir simultaneamente  $q_1$  e  $q_2$ ), onde o nível total de produção agregada corresponde a  $Q$ . Deste modo, a quantidade total afeta o preço de mercado e a decisão de cada *payoff* de quanto produzir, isto é, a variável estratégica que afeta o nível de preços<sup>21</sup>.

Segundo Mas-Collel *et. al* (1995) assume-se que  $p(0) > c$  e que existe um único nível de produção  $q^0 \in (0, \infty)$  de forma que  $p(q^0) = c$  em termos da função de demanda  $x(\cdot)$ ,  $q^0 = x(c)$ . Sendo,  $p(\cdot)$  diferenciável com  $p'(q) < 0$  para todo  $q \geq 0$  e que as firmas apresentam custos de produção,  $c > 0$  pela unidade. Logo, a quantidade  $q^0$  representa um ponto de ótimo social ao nível de produção neste mercado.

Desta forma, o equilíbrio de Nash em estratégia pura<sup>22</sup> é obtido a partir da maximização da firma  $j$  dado o nível de produção,  $\bar{q}_k$ , da firma  $k$ , em que  $k \neq j$ :

$$\text{Max}_{q_j \geq 0} (q_j + \bar{q}_k) q_j - c q_j \quad (4)$$

Observa-se, que os lucros da firma  $j$  dependem da quantidade produzida pela firma  $k$  e para tomar uma decisão à firma  $j$  deve estimar qual é a possível escolha de produção da firma  $k$ . Ressalta-se que o mesmo raciocínio pode ser desenvolvido para a firma  $k$ .

<sup>20</sup> De acordo com Kreps (1995) estes modelos são exemplos de jogos não cooperativos, isto é, cada firma tem como objetivo a maximização de seus lucros e tomam suas decisões independentemente das demais firmas.

<sup>21</sup> Destaca-se que o preço de mercado se ajusta atingindo o nível de equilíbrio  $p(Q) \equiv p(q_1 + q_2)$ , sendo  $p(\cdot) = x^{-1}$  a função de demanda inversa, dada por:  $p = a - b(Q)$ .

<sup>22</sup> O *equilíbrio de Nash* acontece no conjunto de níveis de produção  $(q_i^*, q_j^*)$  onde cada uma das empresas escolhe o nível de produção que maximiza seus lucros, dadas suas expectativas sobre a escolha da sua concorrente.

Para resolver o problema de maximização da firma, na equação (4), a firma  $j$  age exatamente como um monopolista que enfrenta uma função de demanda inversa,  $\bar{p}(q_j) = p(q_j + \bar{q}_k)$ , sendo o preço ( $p$ ) função da quantidade produzida ( $q$ ). Logo, a escolha ótima da firma  $j$  dada à quantidade produzida ( $\bar{q}_k$ ) por sua concorrente deve satisfazer a seguinte condição de primeira ordem:

$$p'(q_j + \bar{q}_k)q_j + p(q_j + \bar{q}_k) \leq c, \text{ com igualdade se } q_j > 0 \quad (5)$$

onde, para cada  $\bar{q}_k$ , a função  $b_j(\bar{q}_k)$  representa a escolha ótima de quantidade fixada pela firma  $j$ . Assim  $b_j(\cdot)$  corresponde a função de reação da firma  $j$ .

Neste sentido, o par de escolhas ótimas  $(q_1^*, q_2^*)$  é um equilíbrio de Nash se e somente se  $q_j^* \in b_j(q_k^*)$  para  $k \neq j$  e  $j = 1, 2$ . Logo, se  $(q_1^*, q_2^*)$  é um equilíbrio de Nash, então estas quantidades devem satisfazer as seguintes condições:

$$p'(q_1^* + q_2^*)q_1^* + p(q_1^* + q_2^*) \leq c \text{ com igualdade se } q_1^* > 0 \quad (6)$$

$$p'(q_1^* + q_2^*)q_2^* + p(q_1^* + q_2^*) \leq c \text{ com igualdade se } q_2^* > 0 \quad (7)$$

Considera-se nestas suposições que  $(q_1^*, q_2^*) \gg 0$  e assim as condições estarão de acordo com a igualdade em qualquer equilíbrio de Nash. Deste modo, desenvolvendo as equações (6) e (7), pode-se mostrar que em equilíbrio de Nash<sup>23</sup> considera a seguinte condição:

$$p'(q_1^* + q_2^*) \left( \frac{q_1^* + q_2^*}{2} \right) + p(q_1^* + q_2^*) = c \quad (8)$$

<sup>23</sup>Onde, através dos pares de produção  $(q_1^*, q_2^*)$ , sendo  $q_1^* = b_1(q_2^*)$  e  $q_2^* = b_2(q_1^*)$ , encontra-se o equilíbrio de Nash. Logo, o resultado da produção individual de cada firma corresponde a:  $q_1^* = q_2^* = \left( \frac{a-c}{3b} \right)$  e o nível de produção total é de:  $Q = \frac{2(a-c)}{3b}$ , sendo o preço de mercado dado por:  $p(q_1^* + q_2^*) = \left( \frac{a+2c}{3} \right) \in (c, p^m)$  (MAS-COLLEL ET. AL., 1995).

Ressalta-se, que o sinal de asteriscos em  $(q_1^*, q_2^*)$  representa o equilíbrio de Nash e cada escolha de estratégias de um jogador é a melhor resposta para as estratégias jogadas pelos seus concorrentes<sup>24</sup>.

Em síntese, nos modelos de Cournot os jogos são simultâneos e as firmas competem por quantidades (quantidades decididas de acordo com previsões para a produção das concorrentes). Cada empresa maximiza seus lucros de acordo com suas expectativas sobre a escolha de produção das outras e no equilíbrio de Cournot, nenhuma empresa achará lucrativo alterar sua produção (*equilíbrio Cournot – Nash*).

No modelo de Stackelberg considera-se que as empresas decidem sequencialmente a quantidade que será produzida, isto é, a variável estratégica das firmas é a quantidade, onde a decisão é realizada em um jogo de dois estágios. No primeiro estágio uma das firmas (a líder natural) toma a decisão estratégica e sabe que a outra empresa, denominada de seguidora, vai se ajustar a sua escolha no segundo estágio. Neste caso, a empresa líder escolherá uma quantidade tal que induza a empresa seguidora a produzir uma quantidade adequada à maximização dos lucros da líder.

Admite-se, uma situação de duopólio, em que a firma  $j$  é a empresa líder e a firma  $k$  é a seguidora, sendo a função de demanda inversa dada por  $p = a - b(Q)$ , em que  $Q = q_j + q_k$ , as firmas apresentam custo de produção  $c > 0$  por unidade<sup>25</sup>.

De acordo com Varian (1992) na solução do jogo, a firma líder antecipa a função de reação da seguidora referente ao segundo estágio, ao tomar sua própria decisão no início e maximiza seu lucro em função do lucro da seguidora. E a firma seguidora, por sua vez, decidirá seu nível de produção tomando como dado o nível de produto da líder. Logo, o problema da seguidora pode ser representado da seguinte forma:

$$\text{Max}_{q_k} \pi_k(q_j, q_k) = p(q_j + q_k)q_k - c_k(q_k) \quad (9)$$

<sup>24</sup> Entretanto, se aumentasse indefinidamente o número de empresas, chega-se a um ponto em que o preço seria igual ao custo adicional de produzir uma unidade a mais do produto (custo marginal) e os lucros se reduzem a zero (ao mesmo tempo, a oferta do setor atinge seu ponto de máximo). Neste caso, tem-se um mercado em concorrência perfeita. E assim, o modelo de Cournot com um número grande de empresas é equivalente a um mercado perfeitamente competitivo (VARIAN, 1992).

<sup>25</sup> Ambas as empresa produzem bens homogêneos.

Aplicando-se a condição de primeira ordem e igualando-se a zero, obtêm-se a função de reação da seguidora, isto é,  $q_2(q_1) = \frac{a - bq_1 - c}{2b}$ .

No segundo estágio, o problema da firma  $j$  (líder) pode ser representado da seguinte forma:

$$\text{Max}_{q_j} \pi_j(q_j, q_k) = p(q_j + f_k(q_j))q_j - c_j(q_j) \quad (10)$$

onde, a firma líder considera a função de reação da seguidora ao decidir o nível de produção da firma. Logo, aplicando-se a condição de primeira ordem de maximização, o nível de produto de equilíbrio da firma  $j$  (líder),  $q_j^*$ , é dada por:

$$q_j^* = \frac{a - c}{2b} \quad 26.$$

Já no modelo de Bertrand, assim como o de Cournot, os jogos são simultâneos. Porém, a variável estratégica das firmas é o preço. Nesse modelo, cada firma escolhe seu preço ao mesmo tempo, a partir do que prevê que as concorrentes farão. É um equilíbrio de Nash em preços.

Segundo Mas-Collel *et. al* (1995) no modelo de Bertrand considera-se duas firmas<sup>27</sup> (duopólio) maximizadoras de lucros em um mercado onde a função de demanda é dada por  $q(p) = a - b(P)$ , sendo que  $q(\cdot)$  é contínua e estritamente decrescente para todo  $p$ , tal que  $q(p) > 0$  e existe um  $\bar{p} < \infty$ , tal que  $q(p) = 0$  para todo  $p \geq \bar{p}$ . Neste sentido, as firmas apresentam retornos constantes de escala com o mesmo custo por unidade produzida, isto é,  $c > 0$ . Assim, a curva de demanda da firma  $j$  pode ser representada por:

<sup>26</sup> Substituindo-se o produto de equilíbrio da firma líder na função de reação da firma seguidora, obtêm-se a quantidade de equilíbrio da firma seguidora ( $q_k^*$ ), representada por:  $q_2^e = \frac{a - c}{4b}$ .

<sup>27</sup> Ressalta-se que o produto produzido por ambas as firmas é homogêneo.

$$q_j(p_j, p_k) = \begin{cases} q(p_j) & \text{se } p_j < p_k \\ \frac{1}{2}q(p_j) & \text{se } p_j = p_k \\ 0 & \text{se } p_j > p_k \end{cases} \quad (11)$$

Neste caso, o lucro da firma  $j$  é dado por  $(p_j - c)q_j(p_j, p_k)$ . Logo, o equilíbrio de Nash é dado por  $p_j^* = p_k^* = c$ <sup>28</sup>, ou seja, em uma situação de equilíbrio tem-se apenas um par de preços  $(p_j^*, p_k^*)$  tal que a firma  $j$  e a firma  $k$  irão ter um lucro maior ou igual a qualquer outro preço que escolherem dado por:  $\pi_1(p_j^*, p_k^*) \geq (p_j, p_k) \forall p_j$  e  $\pi_2(p_j^*, p_k^*) \geq (p_j, p_k) \forall p_k$ <sup>29</sup>.

Segundo Mas-Collel *et. al.*, (1995) no modelo de Bertrand, o preço é igual ao custo marginal e as firmas não têm lucro econômico. A solução para o paradoxo de Bertrand foi descoberta por Edgeworth, que introduziu o conceito de restrição de capacidade. Assim, cada firma só pode produzir o que sua capacidade lhe permite. Se uma indústria tem uma capacidade de produção menor que a demanda, o preço do produto é maior que o custo marginal e há margens de lucro.

Entretanto, existem casos no modelo de concorrência em oligopólio que para obter a maximização do lucro, as empresas adotam um comportamento estratégico conjunto<sup>30</sup> e passam a coordenar suas ações visando fixar o preço ou a quantidade no mercado; caso do cartel<sup>31</sup>.

<sup>28</sup> No modelo de duopólio de Bertrand tem-se apenas um único ponto de equilíbrio de Nash  $(p_1^*, p_2^*)$ , onde ambas as firmas fixam seus preços igual ao custo marginal.

<sup>29</sup> Entretanto, se as duas empresas cobrarem preços diferentes, sendo  $p_j < p_k$ , a empresa  $j$  deverá abastecer todo o mercado e a firma  $k$  com um preço mais alto não irá vender nada. Por outro lado, se  $p_j > p_k$ , o mercado será todo abastecido pela firma  $k$ . E se ambas as firmas decidirem pelo mesmo preço  $(p_j = p_k)$ , os consumidores se mostrarão indiferentes em relação à firma que estariam fazendo suas aquisições, de tal forma que cada uma abastece metade do mercado.

<sup>30</sup> Destaca-se que pode haver também uma guerra de preços, que reduzirá o preço até o custo marginal (como prevê Bertrand).

<sup>31</sup> Pode-se definir um cartel como um acordo, formal ou informal, entre firmas concorrentes que determinam a política de preços para todos os seus membros.



No cartel adota-se como premissa a concentração ou poder de mercado, isto é, para que seja possível a coordenação deve haver no mercado um número de empresas (assimetria de *market-share*) com participações divergentes<sup>32</sup>. As empresas atuarão no mercado de forma estratégica, de modo que suas decisões passam a ter influência no mercado e na quantidade ofertada. Logo, uma empresa em cartel maximiza seu lucro quando o custo marginal se iguala a receita marginal. Nesse ponto, as empresas estarão vendendo uma quantidade inferior do que se estivesse em concorrência perfeita. No entanto, a um preço maior e obtendo receitas extraordinárias.

Dada a formação de um cartel, os preços e as quantidades do mercado são manipulados, de forma que os lucros das firmas envolvidas sejam máximos. O resultado é a transferência de renda dos consumidores para os organizadores do cartel e a diminuição da produção, reduzindo o bem estar da sociedade.

### 3.2 Teorias de determinação dos preços com Regulação

As formas de organização das transações econômicas costumam ser bem mais complexas do que pressupõe o enfoque tradicional de determinação dos preços, isto é, em muitos casos, o mercado não consegue atingir, por si só, uma alocação eficiente dos recursos, convergindo para uma intervenção governamental. Segundo a teoria econômica, a intervenção na economia teria por objetivo regular desequilíbrios do mercado e promover o desenvolvimento econômico. As diretrizes dessa intervenção seriam: i) maximização da utilidade coletiva; ii) promoção do crescimento econômico com estabilidade; e, iii) redistribuição da renda.

Desta forma, o Estado visaria tanto aperfeiçoar o mecanismo de livre mercado, quanto corrigir o desvio na alocação ótima dos recursos e da maximização da eficiência, que ocorrem quando o mercado se afasta do modelo de concorrência perfeita, isto é, na presença das falhas de mercado<sup>33</sup> (BENJÓ, 1999).

De acordo com Berli (1997) as principais falhas de mercado referem-se: a) poder de mercado: presente especificamente em mercados sob monopólio e oligopólio, onde

---

<sup>32</sup> Ressalta-se, que nem todas as empresas de um setor necessitam fazer parte do cartel. Entretanto, se uma quantidade relativamente grande de empresas optarem a aderir aos termos do cartel e se a demanda do mercado for suficientemente inelástica, o cartel poderá elevar os preços bem acima dos níveis competitivos (VARIAN, 1992).

<sup>33</sup> Na presença de falhas de mercado, o equilíbrio entre oferta e demanda deixa de ser eficiente no sentido de Pareto, na medida em que os preços praticados diferem do custo marginal.

as firmas tendem a aumentar os preços e reduzir a produção afastando-se da eficiência de Pareto, bem como, a prática de discriminação de preços; b) externalidades: ocorre quando as atividades de produção e consumo possuem efeitos indiretos, gerando tanto benefícios (externalidades positivas) quanto custos (externalidades negativas) sobre outras atividades na economia, não sendo refletidos no preço; c) assimetria de informação: refere-se à falta de informações exatas acerca das condições de preços e qualidade do produto; e d) economias de escala e escopo<sup>34</sup>: refere-se às barreiras a entrada e saída do tipo investimentos *sunk costs*, bem como, sub-aditividade de custos e conseqüentemente monopólio natural.

Tradicionalmente, os principais instrumentos utilizados para coibir a presença de imperfeições na economia configuram-se num padrão de regulação ativa, por meio de rígido controle de entrada e saída na indústria, preços, quantidade e monitoração de contratos para o ajuste necessário entre a oferta e a demanda.

No caso da regulação nos preços, o mecanismo tradicional não funciona, implicando que o preço estabelecido não será mais o de equilíbrio do mercado, ou seja, o preço com intervenção poderá ser mais alto ou mais baixo. De acordo com Freitas (2004), o objetivo do agente regulador ao estabelecer preços ou critérios de reajustes é assegurar o bem-estar social<sup>35</sup> gerado ao mesmo tempo em que, busca-se preservar o interesse dos consumidores impedindo a cobrança de tarifas abusivas, bem como, a preservação da rentabilidade dos investidores. Entre as regras tarifárias empregadas na literatura tradicional, destaca-se: a) tarifação por custo de serviço (ou taxa de retorno) e b) tarifação por custo marginal.

De acordo com Viscusi et. al. (1995) a tarifação por custo de serviços, consiste em fixar uma taxa de remuneração do retorno do capital investido, considerada adequada pelo regulador. Neste caso, o preço estipulado pelo regulador não deverá exceder o valor dos custos e da taxa de retorno fixada, por unidade produzida, isto é,

$$P \leq s \frac{(K - D)}{Q} + \frac{C}{Q}.$$

<sup>34</sup> Economias de escala ocorrem quando existe redução dos custos unitários de produção com o aumento da quantidade produzida, enquanto economias de escopo decorrem da existência de sinergia na produção conjunta de dois ou mais produtos afetando o custo de produção de cada uma delas, de forma decrescente (KREPS, 1995).

<sup>35</sup> Desta forma, caso haja um equilíbrio, este será um ótimo de Pareto ou eficiente no sentido, isto é nenhum dos agentes pode melhorar o seu bem-estar sem piorar o bem-estar do próximo (SOARES, 2004).

Sendo,  $P$  é o preço;  $K$  é o capital;  $D$  é a depreciação;  $C$  são os custos fixos e operacionais;  $s$  é a taxa de retorno especificada em lei ou pelo órgão regulador<sup>36</sup>. No entanto, devido à dificuldade em avaliar os custos, que servem de base para determinação do preço, especialmente devido à assimetria de informações, bem como, ao caráter controvertido da definição dos custos (históricos ou de reprodução), a tarifação sob taxa de retorno torna-se ineficiente (POSSAS, *et. al.*, 1997).

Na tarifação por custo marginal, tem-se que a solução ótima é a regra que iguala o preço de acesso ao custo marginal de prover o serviço. Neste caso, se a indústria apresentar-se como um monopólio sob controle público, esta política simularia um mercado perfeito, alcançando-se o ótimo social (FREITAS, 2004). Admitindo-se que  $c^a$  é o custo unitário e  $c_2$  o custo unitário no *downstream*<sup>37</sup>, o preço final ( $P$ ) seria:  $P = c_2 + c^a$ .

Entretanto, em caso de um monopólio natural<sup>38</sup>, esta regra geraria um *déficit* para a empresa, ou seja, as firmas não conseguiriam cobrir seus custos fixos. Assim, no caso de indústrias cujas firmas ofertam um único produto, haveria duas soluções para o financiamento de tal *déficit*: i) *first best* ou ii) *second best*. E, no caso de uma firma ofertar múltiplos bens ou serviços para mercados diferenciados, tem-se como solução a regra de *Ramsey*<sup>39</sup>.

De acordo Doyle e Cave (1994) sob a hipótese de *first best*, uma maneira de viabilizar essa regra é o governo sem custos, transferir para o proprietário o montante de recursos necessário para corrigir os problemas gerados pela regra do custo marginal. Entretanto, para que a solução seja *first best*, a captação desse recurso deve ser feita através de um imposto *lump sum*<sup>40</sup>.

Como alternativa à solução anterior, pode-se adotar um critério de acesso baseado no custo médio ao invés do custo marginal, caso do *second best*. Sob tal

<sup>36</sup> Sendo,  $s \geq r$  (taxa de juros).

<sup>37</sup> Refere-se as áreas de negócio que lidam com a refinação, distribuição e venda de produtos petrolíferos.

<sup>38</sup> Na presença de monopólio natural o preço igual ao custo marginal, traz prejuízos à firma porque remunera apenas os custos marginais, em detrimento da eficiência produtiva (BALDWIN; CAVES, 1999).

<sup>39</sup> De acordo com Armstrong e Sappington (2005) a solução de *Ramsey* é estabelecida com base na discriminação de preço. Assume-se que a firma pode distinguir entre diferentes produtos, ou vendendo o mesmo bem em diferentes mercados, ou vendendo diferentes bens no mesmo mercado, sendo cobrado um vetor de preços para estes produtos,  $P = (P_1, P_2, \dots)$ .

<sup>40</sup> O imposto *lump sum* é dito imposto não distorcivo porque não altera preços relativos, funcionando como uma dedução uniforme da renda dos agentes.

critério, as firmas entrantes passam a participar da recuperação dos custos fixos, assim como os consumidores finais. Adicionalmente, ressalta-se que a regra difere do resultado competitivo, sendo, portanto, uma alocação de recursos dita ‘sub-ótima’ (FREITAS, 2004). Assim, apesar desta perda de eficiência, a regra garante a recuperação dos custos fixos e não reduz necessariamente o bem-estar social ao estabelecer que o preço de acesso ( $a$ ) deva ser igual ao custo unitário da provisão do acesso ( $c_a$ ) mais os custos fixos ( $F$ ) divididos pela quantidade demandada ( $Q_d$ ). Assim, teremos:

$$a = c_a + \frac{F}{Q_d} \quad (12)$$

Segundo Viscusi et. al. (1995), se a economia não está inicialmente em equilíbrio competitivo em função de alguma distorção, como o preço esta diferente do custo marginal em um mercado qualquer, por exemplo, a distorção adicional decorrente da não adoção de uma regra de acesso *first best* poderá ter um impacto tanto negativo quanto positivo no bem-estar social. Entretanto, no caso do *second best*, a regra do custo médio os preços seriam determinados entre o preço competitivo (custo marginal) e o preço de monopólio.

Na regra de *Ramsey*, as tarifas são definidas igualando o custo total à receita total, de modo a minimizar a perda de peso morto (distorções causadas pela fixação do preço acima do custo marginal).

De acordo com Noam (2002), nos preços de *Ramsey*, o *mark-up* com relação ao custo marginal deve ser inversamente proporcional à elasticidade-preço da demanda. A intuição é repartir os custos fixos entre todos os consumidores e cobrar mais de quem é menos sensível a variações de preços. Neste caso, o preço ótimo de *Ramsey* pode ser definido da seguinte forma:

$$P_i(q_i) = cmg_i + \left[ \frac{(\lambda)}{1 + \lambda} \right] \cdot \left( \frac{P_i(q_i)}{|\varepsilon_i|} \right) \quad (13)$$

Onde,  $P_i$  é o preço do bem  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, k$ ;  $k$  refere-se ao número de bens ou serviços produzidos;  $cmg_i$  é o custo marginal;  $\lambda$  é o multiplicador de Lagrange da

otimização e representa o valor implícito da restrição orçamentária da firma estabelecida e  $\varepsilon_{ii}$  é a elasticidade preço-demanda desse bem ou serviço<sup>41</sup>. De acordo com Pinto-Júnior e Fiani (2002) em se tratando de monopólio, com déficit em  $P_i = cmg_i$ , a equação (14) enfatiza que o aumento relativo no preço será inversamente proporcional à elasticidade da demanda, isto é, em uma demanda inelástica os aumentos nos preços serão maiores<sup>42</sup>.

Na prática, tanto na tarifação por custo de serviço quanto na tarifação pelos custos marginais, a maior dificuldade apontada para uma regulação eficiente reside na informação assimétrica. Neste caso, o regulador dificilmente tem acesso ao mesmo nível de informações do regulado, isto é, enquanto a firma regulada tem informações completas sobre suas atividades, à agência reguladora não as detém, embora necessite delas para conseguir que a firma regulada de maneira eficiente.

Laffont (1994, 2005), aprofundou a discussão sobre a atividade regulatória e através da modelagem matemática desenvolveu um modelo de regulação canônica sob informação assimétrica, considerando além das particularidades dos setores as características inerentes aos países.

Desta forma, considere o modelo simples de regulação proposto por Laffont (1994, 2005), em que a função de custos pode ser definida da seguinte forma:

$$C = (\beta - e)q + K + \tilde{\varepsilon} \quad (14)$$

Onde, o custo  $C$  é observável,  $q_k$  é a produção do nível  $k$  ( $k=1, \dots, n$ ),  $\beta$  representa um parâmetro de custo para a empresa, isto é, representa a informação privada da firma<sup>43</sup>(parâmetro de seleção adversa),  $e$  representa uma ação da empresa (uma variável que representa o risco moral, por exemplo, um esforço)<sup>44</sup>,  $K$  é o custo fixo de conhecimento comum entre regulado e regulador e,  $\tilde{\varepsilon}$  é uma variável aleatória,

<sup>41</sup>Onde, a  $\varepsilon = \left( \frac{\partial q_i}{\partial P_i} \right) \cdot \left( \frac{P_i}{q_i} \right)$

<sup>42</sup> O aumento de preços em produtos com demanda inelástica minimiza o aumento de preços necessários à cobertura de custos (FREITAS, 2004).

<sup>43</sup> Que pode apresentar um alto  $\underline{\beta}$  ou um  $\bar{\beta}$  baixo e sua probabilidade é de conhecimento comum entre os agentes com  $\nu = \Pr(\beta = \underline{\beta})$ .

<sup>44</sup> Ao escolher o nível de esforço  $e$ , a empresa incorre à desutilidade  $\psi(e)$  com  $\psi' > 0$ ,  $\psi'' > 0$  e  $\psi^m \geq 0$ . Onde,  $\psi'' > 0$ , representa o pressuposto de concavidade e  $\psi^m \geq 0$ , o mecanismo estocástico que torna-se irrelevante.

que pode ser interpretado como um choque de custo ou como um erro observado pelo regulador.

Considerando na abordagem o regulador e assumindo que este é benevolente<sup>45</sup> e objetiva maximizar o bem estar social, dado o nível de produção  $L$ , a derivada da utilidade dos consumidores ( $S$ ) pode ser expressa da seguinte forma:

$$S = (\theta, s, q_1, \dots, q_k) \quad (15)$$

Sendo,  $\theta$  um parâmetro que, dependendo do contexto, pode ser uma informação privada da empresa ou dos consumidores,  $s$  representa um esforço no nível da empresa<sup>46</sup> ou dos consumidores, tem-se  $S' > 0$  e  $S'' < 0$ .

Por simplicidade, adota-se que o custo é reembolsado pelas empresas e que a receita proveniente da venda das *commodities*,  $R(q)$ , será acumulada diretamente pela entidade reguladora. Assim, o excedente líquido dos consumidores ( $V$ ) é obtido por:

$$V = S(q) - p(q)q - (1 + \lambda)\hat{t} \quad (16)$$

Em que  $\lambda$  é o custo social dos fundos públicos<sup>47</sup> (por causa da distorção da tributação) e  $\hat{t}$  a transferência monetária da empresa para a entidade reguladora. Assim, a firma espera obter a seguinte utilidade:

---

<sup>45</sup> Quando ele é do tipo benevolente, a regulação de um monopólio tem por objetivo a maximização de uma média ponderada do excedente do consumidor (ou contribuinte),  $S$ , e das rendas (ou lucro líquido),  $R$ , garantidas pela empresa regulada. Formalmente, o regulador maximiza  $S + \alpha R$ , onde  $\alpha \in [0, 1]$  é o valor que o regulador atribui a cada dólar de renda (ARMSTRONG; SAPPINGTON, 2005).

<sup>46</sup> Assim, a desutilidade da empresa é de  $\psi(e, s)$ .

<sup>47</sup> Geralmente, esta variável é estendida como exógena ao modelo de regulação nas indústrias. Entretanto, na literatura adotam-se duas possíveis abordagens: a primeira abordagem, que segue Barron e Myerson (1982), sugere que qualquer custo social dos fundos públicos seja nulo (portanto,  $\lambda = 0$ ), pressupõe-se que o regulador estritamente consumidor prefere o excedente para a sua renda (para  $\alpha < 1$ ). A segunda abordagem, que segue Laffont e Tirole (1986), assume estritamente positivo os custos sociais de fundos públicos (portanto  $\lambda > 0$ ), mas, a partir de qualquer distribuição de preferências de sua renda (para  $\alpha < 1$ ). A principal diferença entre as duas abordagens diz respeito à regulação nos preços, que são ótimos quando o regulador e a empresa são ambos perfeitamente informados sobre as condições de demanda e oferta da indústria. Entretanto, Laffont e Tirole (1986) fornecem conclusões qualitativas semelhantes, isto é, fazem uma combinação das duas abordagens (em que,  $\lambda > 0$  e  $\alpha < 1$ ) e assim, introduzem notações adicionais que podem tornar a análise menos transparente (ARMSTRONG; SAPPINGTON, 2005).

$$U = \hat{t} + R(q) - (\beta - e)q - K - \psi(e, s) \quad (17)$$

Por sua vez, o nível de utilidade da firma pode ser simplesmente expresso por:

$$U = t - \psi(e, s) \quad (18)$$

Onde,  $t$  é a transferência líquida, sendo  $t = \hat{t} + p(q)q + (\beta - e)q - K$ . Deste modo, a utilidade do consumidor pode ser definida da seguinte forma:

$$V = S(q) - \lambda p(q)q - (1 + \lambda)((\beta - e)q + K + \psi(e, s)) - (1 + \lambda)U \quad (19)$$

Onde,

$$S = S(\theta, s, q) - R(q) - (1 + \lambda)\hat{t} \quad (20)$$

Portanto, o bem-estar social para um regulador benevolente ( $V + U$ ), pode ser expresso pela equação a seguir:

$$W = S(\theta, s, q) + \lambda R(q) - (1 + \lambda)((\beta - e)q + K + \psi(e, s)) - \lambda U \quad (21)$$

A equação (21) enfatiza que a perda de bem estar da firma ou a desutilidade da firma é socialmente onerosa para o regulador e para a economia, pois, ocasionam taxas para os fundos sociais, representando um peso morto, sobretudo devido às informações assimétricas.

Para avaliar o impacto da regulação sob conhecimento assimétrico, considera-se, que a função custos da empresa,  $C(\cdot)$  (14), é do conhecimento geral e a demanda dos consumidores pode assumir as seguintes formas:

A empresa conhece a função da demanda que enfrenta desde o início da sua relação com o regulador. Por sua vez, a entidade reguladora nunca observa a função demanda prevalecente<sup>48</sup>. Neste caso, a demanda é representada pela função  $Q_L(\cdot)$ , com

---

<sup>48</sup> Se o regulador observa-se os custos ou a demanda, este seria capaz de inferir nas informações privada da empresa, pois, saberia as funções de  $C(\cdot)$  e  $Q_i(\cdot)$ .

probabilidade  $\phi$  no caso de custos baixos e  $Q_H(\cdot)$  com probabilidade  $1 - \phi$ , no caso de custos altos, onde  $Q_H(p) > Q_L(p)$ , para todos os preços  $(p)$ .

Inicialmente, a empresa é obrigada a servir todos os clientes e irá exigir operar enquanto receber lucro não negativo. Entretanto, suponha que o custo da empresa é  $C(q) = cq + F$ . Neste caso, a entidade reguladora pode instruir a empresa a vender o seu produto ao preço igual ao custo marginal, em troca de uma transferência do pagamento igual a  $F$ . Logo, o custo marginal zero gera preços e renda para a empresa em ambas as realizações da demanda (seja com baixo custo ou alto custo), o que é o pleno resultado com perfeita informação. Assim, o custo marginal constante, ou seja,  $p = c$ , é do conhecimento geral, uma vez que o custo marginal de produção depende exclusivamente da empresa.

Entretanto, supondo que as informações da empresa acerca da demanda sejam assimétricas. A regulação segue os seguintes resultados: i) se  $C''(q) \geq 0$ , informações possíveis (e eficiente no sentido de Pareto) e, ii) se  $C''(q) < 0$ , o regulador freqüentemente estabelece um preço único para todos os pagamentos e transferências da demanda (com custos alto ou baixo). Neste sentido, o aumento dos custos com a produção faz com que o preço  $(p)$  de perfeita informação para a empresa aumente com a demanda, bem como, verifica-se que o pagamento de transferência à empresa  $T$  diminui com a demanda. Logo, o preço mais elevado reflete o custo marginal de produção mais elevada. Assim, a redução em  $T$  só compensa se o  $(p)$  garantir o maior lucro variável para empresa.

No entanto, dado que a redução em  $T$  compensa exatamente o aumento do lucro variável quando a demanda é alta, que por sua vez, mais do que compensa o aumento do lucro variável quando a demanda é baixa. A empresa não tem qualquer incentivo para exagerar nas informações sobre os custos da demanda. Quando a demanda é verdadeiramente baixa, pois, a redução em  $T$  mais do que compensa o maior lucro extra de  $(p)$  quando a demanda é exagerada.

Entretanto, a empresa não tem qualquer incentivo para subestimar a demanda quando o regulador oferece a empresa duas opções, que constituem o resultado completo de informações. A subavaliação da demanda exige uma redução de preço que



reduz o lucro da empresa por mais que o correspondente aumente a transferência de pagamento que recebe.

Assim, a parte (i) prevê que o resultado da informação completa, neste cenário é viável<sup>49</sup>. O item (ii) mostra que o mesmo não acontece quando o custo marginal diminui. Neste caso, o preço ( $p$ ) diminui conforme aumenta a demanda no resultado com informação completa. Em muitos casos, o preço ( $p$ ) induzido não pode recusar o aumento da demanda quando a empresa tem informação completa sobre a realização da demanda sozinho. Logo, quando a demanda é elevada, um aumento substancial na transferência do pagamento  $T$ , induziria uma indenização a empresa, para diminuir o lucro variável, resultando em um menor ( $p$ ).

Quando for viável aumentar os preços com a informação completa da demanda, os preços continuarão diminuindo a demanda, enquanto o regulador não for capaz de induzir as empresas a empregar o seu conhecimento da demanda para beneficiar os consumidores. Ao invés disso, o regulador escolhe um único preço unitário e transfere o pagamento para maximizar o bem-estar esperado. Portanto, quando a empresa é função côncava dos custos, torna-se relativamente oneroso a partir de um ponto de vista social que a empresa faça uso das informações acerca da demanda privada.

Em suma, verifica-se que a regulação sob informação assimétrica não se estende para a análise onde a transferência de pagamentos à empresa é socialmente onerosa. Em contraste, a regulação tradicional por custo marginal é mais adequada<sup>50</sup>. Portanto, desde que a informação seja completa, os preços de *Ramsey* são preferíveis aos preços de custo marginal.

No entanto, embora os preços de *Ramsey* seja um indicativo para a construção de uma estrutura tarifária, algumas limitações em relação à complexidade de se implementar a discriminação de preços e restrições informacionais, devem ser apontadas: i) a solução pode acarretar em uma distribuição de renda injusta, à medida em que geralmente demandas inelásticas são comuns a classes de menor renda - efeitos distributivos adversos; ii) o preço de *Ramsey* não é totalmente livre de subsídios e pode

---

<sup>49</sup>Biglaiser e Ma (2000) analisaram um cenário em que uma empresa regulada produz com custo marginal constante e é informado privativamente sobre a demanda de seu produto e da demanda do produto (diferenciadas) da sua rival não regulada. Os autores mostram que, quando a entidade reguladora possui um conjunto de instrumentos restrito deve servir tanto para limitar a renda do regulado quanto o bem-estar, limitando as perdas que podem resultar do poder de mercado do rival. Assim, a melhor política regulamentar sob informação assimétrica difere da correspondente política sob as informações completa.

<sup>50</sup> Ressalta-se, que esta versão compreende apenas o modelo simples de Laffont (1994, 2005).

levar à entrada ineficiente; iii) dificuldade não só na obtenção de informações em relação aos custos marginais, mas também para o cálculo das elasticidades, estas podendo ser rapidamente alteradas no tempo; iv) complexidade no levantamento das características dos clientes para que se realize a discriminação e; v) não incentiva o corte de custos nem o aumento de produtividade por parte das firmas (ARMSTRONG; SAPPINGTON, 2005).

Adicionalmente, o regulador dificilmente tem acesso ao mesmo nível de informações do regulado, isto é, enquanto a firma regulada tem informações completas sobre suas atividades, à agência reguladora não as detém, embora necessite delas para conseguir que a firma regulada monitore de maneira eficiente. Esse tipo de relação causa dois tipos de problemas transacionais<sup>51</sup>: seleção adversa e o risco moral. No primeiro caso deriva-se do custo de acesso a informação. O fenômeno da seleção adversa consiste no fato de que a seleção do produto a ser demandado ocorre de forma ineficiente, sendo resultado do custo de acesso à informação e derivada do diferencial de riscos entre os agentes. No segundo caso, baseia-se nas ações dos agentes, que podem acabar influenciando esse risco. Neste caso, o que está em questão é a moral dos consumidores, que podem tomar certos comportamentos de forma a aumentarem ou diminuir a probabilidade de ocorrência do aspecto em questão (STIGLITZ, 1988).

A percepção de que as regras tradicionais geravam, entre outros, problemas derivados da assimetria de informação entre a firma regulada e o órgão regulador fez com que esquemas alternativos de regulação fossem criados. Deste modo, frente às transformações não apenas na configuração industrial, mas também no comportamento estratégico dos agentes que neles atuam (em função da redução das barreiras institucionais à entrada e dos processos de abertura das redes), o regulador passa a exercer diferentes tarefas, principalmente nos países em desenvolvimento (PINTO-JÚNIOR; PIRES, 1999).

Neste novo cenário, a regulação deixa de estar vinculada apenas a atividades caracterizadas exclusivamente como monopólicas (monopólio e consumidores) e passa, entre outros, a supervisionar o mecanismo de transmissão de preços do produtor ao consumidor final, através do setor de intermediação e contratos. Assim, acreditava-se que uma estrutura adequada de contratos poderia ser estabelecida de forma a induzir os agentes a escolhas eficientes e a revelarem informações. Contudo, de acordo com Siciliano (2005) a

---

<sup>51</sup> Os custos de transação incluem os custos *ex-ante* de coleta de informação sobre preços, condições de venda e sobre as características do produto, e os custos *ex-post* de monitorar as transações e de adaptar as transações às novas condições.

evidência empírica mostra que o leque de possibilidades de oportunismo foi ampliado e que a necessidade de supervisão das atividades da indústria torna-se elevada mediante a manutenção da prestação do serviço com qualidade e das condições de operação em ambiente competitivo. Neste caso, a obtenção das informações ocorre mediante custos: quanto maior for a assimetria de informações entre os agentes, maiores serão os custos do processo de acesso às informações relevantes e, conseqüentemente, mais demorado será o repasse entre os agentes.

### **3.3 Estratégia empírica: uma revisão da literatura**

#### **3.3.1 Assimetrias**

De acordo com alguns modelos microeconômicos tradicionais (concorrência perfeita, monopólio e oligopólio) os preços devem responder simetricamente aos aumentos do custo e às reduções de custo (MAS-COLLEL *ET. AL.*, 1995). Entretanto, com avanços das técnicas de captação de dados e estudos da década de 80, observou-se que os preços poderiam ter um comportamento assimétrico na economia [ver, por exemplo, Hamilton (1983); Kilian, (2007)].

Desde então vários estudiosos chamaram a atenção para o fenômeno da assimetria na análise dos mercados de petróleo [ver, por exemplo, Burbridge e Harrison, (1984); Gisser e Goodwin, (1986)], em produtos agrícolas [Pick *et. al.*, (1991)] e nos mercados de gasolina [Duffy-Deno, (1996); Reilly e Witt (1998); Godby *et. al.* (2000); Radchenko, (2005); Cabral e Fishman (2006)].

Quando há simetria na transmissão de preços entre mercados, pressupõe que as informações circulam perfeitamente e o poder de mercado entre os intermediários são iguais. A presença da assimetria na transmissão de preços pode ser explicada, por diferenças no acesso às informações de mercado ou por diferenças de poder de mercado entre os agentes de comercialização.

Bacon (1991) pode ser considerado um dos trabalhos empíricos pioneiros no estudo de assimetria. Através da estimação econométrica de um modelo de ajuste não-linear nos preços Britânicos do mercado de gasolina para o período de 1982 a 1999.

Duffy-Deno (1996) analisaram a existência de assimetria nos preços do petróleo e da gasolina por atacado e varejo no período de 1989 a 1993 para a cidade de Salt Lake dos Estados Unidos (EUA). De acordo com o autor, o mecanismo de determinação nos preços da gasolina para esta cidade pode ser completamente diferente em relação aos países da Europa, pois, o mercado é limitado e/ou as fontes por atacado devem ser transportadas ou conduzido dentro de fronteiras distantes. Os resultados encontrados indicam que há um ajustamento assimétrico nos preços da gasolina no varejo, devido o poder de mercado dos varejistas.

Borenstein *et. al.* (1997), testaram a existência de assimetria no movimento dos preços entre vários estágios da produção e da distribuição do mercado da gasolina dos EUA. Para tanto, utilizam o modelo de correção de erros bivariados para o período de 1986-1992 (dados semanais). A investigação empírica realizada confirmou que há forte evidência de assimetria em todos os segmentos do mercado. Suas conclusões foram no sentido de que os preços de varejo da gasolina nos Estados Unidos respondiam a um aumento nos preços do petróleo em quatro semanas, porém, demoravam mais de oito semanas para responder a uma queda de igual magnitude.

Entretanto, Brown e Yücel (2000) conclui que o poder de mercado não é responsável pela assimetria, indicando que tais suposições podem ser vistas como custos de diferenciação de produtos sob a hipótese de competição monopolística.

Considere-se, por exemplo, uma indústria com algumas firmas dominantes que agem em forma de conluio para manter as margens de lucro elevadas. Se as firmas avaliassem o acordo e sob a hipótese de informação imperfeita nos preços, cada firma enfrentaria uma função assimétrica de perda onde fosse mais relutante baixar seu preço de venda do que aumentá-lo (UCHÔA, 2006).

De acordo com Peltzman (2000)<sup>52</sup>, apesar do poder de mercado ser indicado como a explicação mais interessante para aqueles que observam a assimetria nos preços nos mercado de produtos de petróleo e derivados, alguns estudos indicam que este fenômeno ocorre independentemente de sua estrutura de mercado.

Segundo Radchenko (2005), a assimetria observada nos preços é caracterizada por uma implícita informação imperfeita entre os agentes, um procedimento do poder de mercado que usa a coordenação como meta para margens de lucro no varejo. Neste modelo, assume-se que as firmas possuem certo poder de mercado dado as vantagens de

---

<sup>52</sup> O autor realizou um estudo sobre o comportamento assimétrico em 240 mercados.

localização e os custos que os consumidores podem ter na procura pelo menor preço. Desta forma, o autor através de um modelo de ajustamento parcial VAR analisa a relação entre a assimetria nos preços da gasolina e a volatilidade nos preços do petróleo demonstrando que existe uma forte relação negativa entre os dois para o período de 1994 a 2003 (dados semanais). De acordo com o autor, o grau de assimetria pode ser atribuído a uma rápida resposta dos preços da gasolina a mudança no preço do petróleo quando há um aumento da sua volatilidade.

Observa-se a existência de poucos trabalhos referente à assimetria nos preços do mercado de petróleo e derivados no Brasil, não obstante, o trabalho de Uchôa (2006) merece destaque. Uchôa (2006) contribuí para a evidência de assimetria no mercado brasileiro com o estudo da relação não-linear dos preços da gasolina com os preços do petróleo e com a taxa de câmbio para o Brasil e para o Estado da Bahia. Na abordagem empírica são expostos os métodos de análise linear VAR e análise de variáveis cointegradas com modelos de correção de erros não-linear TAR e MTAR. De acordo com o autor o procedimento tradicional na forma linear não possibilita evidências de assimetria nos preços devido a sua limitação conceitual. Por outro lado, através dos modelos não-lineares o autor conclui que os preços da gasolina têm um comportamento assimétrico tanto no Brasil quanto na Bahia.

### **3.3.2 Transmissão de preços**

O petróleo e seus derivados, como gasolina e gás natural, são *commodities* de grande importância no mundo atual, e seus mercados *spot* apresentam grande quantidade de negócios diariamente. Deste modo, o comportamento dos preços deve considerar também o estudo via integração de mercados, isto é, a transmissão entre mercados internos e externos.

De acordo com Silva-Junior *et. al.* (2007) os mercados são eficientemente integrados quando os movimentos de preços são transmitidos entre mercados dispersos e entre *commodities*: neste caso, ele será suficiente para estabilizar preços em um mercado central pelos quais outros são relacionados e o preço de uma *commodity* pelos quais os preços de outras *commodities* estão relacionadas.

Segundo Barros (1987), o comportamento dos preços, sobretudo nos mercados agrícolas, passa-se num contexto de que participam produtores, intermediários e consumidores, isto é, acontecem simultaneamente, logo, um modelo que pretende explicar o comportamento dos preços deve considerar fatores relacionados aos três níveis para explicar as variações de preços, além das defasagens de tempo. Entretanto, esta análise não se restringem apenas aos mercados agrícolas, estendendo-se também a outros mercados, tais como o mercado internacional de *commodities*.

Além disso, outro aspecto importante reside na intensidade que os choques se transmitem aos demais níveis de mercado. Aguiar (1990) enfatiza que o conhecimento da origem dos choques de preços e da intensidade com que se transmitem aos demais níveis de mercado permite uma previsão mais segura dos efeitos dos choques sobre os setores da economia. Neste contexto, análises multivariadas podem ser úteis para desenvolver um modelo de análise para descrever a inter-relação entre as séries, via transmissão e assimetria.

Sendo os mercados em países em desenvolvimento suspeitos de fragmentação e prática de preços de oligopólio, diversos estudos utilizando o comportamento dos preços vêm sendo realizados na literatura, procurando testar empiricamente o grau de integração de mercado e a inter-relação existente entre os setores. Estudos sobre a transmissão nos preços são freqüentes, sobretudo da relação entre os mercados de *commodities* agrícolas, como açúcar, algodão e soja.

O estudo conduzido por Sordi (1997) pode ser caracterizado como um trabalho pioneiro na literatura nacional sobre o mercado de combustível. O autor centrou sua análise em obter os efeitos dos custos de transporte na liberação dos preços do álcool hidratado no Brasil, no período de janeiro de 1980 a dezembro de 1995. As variáveis consideradas foram: demanda total de álcool hidratado, preço do álcool hidratado ao consumidor, renda, frota de veículos movidos a álcool, razão dos preços do álcool hidratado e da gasolina ao consumidor, preço da cana-de-açúcar, preço do álcool hidratado ao produtor, preço do açúcar no mercado interno, preço do açúcar no mercado internacional e preço do petróleo no mercado internacional. O estudo demonstra que a curva de demanda que melhor representa o mercado do álcool hidratado no Brasil tem um formato linear e, assim, os preços devem variar em 50% do aumento dos custos de transporte.

Lima e Sampaio (1997) utilizaram um modelo dinâmico ajustado com dados mensais de 1981 a 1995 para discutir a formação dos preços do açúcar para a região Nordeste do Brasil como uma função dos preços internacionais do açúcar, das políticas agrícolas e de mudanças macroeconômicas. Neste caso, os autores utilizaram uma função de transferência para examinar o impacto dos preços internacionais nos preços do Nordeste. Deste modo, observa-se de acordo os resultados que a série de preços dessa região era predominantemente influenciada pela sua memória auto-regressiva, bem como, os preços internacionais do açúcar não exerciam, no período de análise, influência significativa na formação dos preços domésticos no Nordeste. Eles ainda inseriram modelos de intervenção que consideraram políticas agrícolas e mudanças macroeconômicas influenciando a formação de preços do açúcar no Nordeste. Para as políticas agrícolas consideradas, os resultados mostraram que apenas a extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA - exerceu um impacto significativo na formação dos preços. No que se referem às mudanças macroeconômicas, os resultados mostraram que apenas o Plano Cruzado exerceu algum impacto significativo na série de preços.

Costa (2001) utilizou um modelo de comercialização para estudar o processo de transmissão de preços entre os produtos do setor sucroalcooleiro no qual foram considerados três níveis de mercado no caso do açúcar cristal empacotado para uso doméstico e dois níveis no caso do açúcar refinado, uma vez que para esse último produto o mercado atacadista é inexistente. Para o modelo proposto, utilizando o açúcar cristal, a autora considerou que nos segmentos produtor e atacado os preços ajustam-se continuamente de acordo com o excesso de demanda.

No resultado obtido no varejo, os preços formam-se por política de *markup*, com base no preço ao atacado e nos custos de comercialização. No modelo proposto para o mercado de açúcar refinado, pressupõe que os preços ao produtor e ao varejo são formados da mesma maneira que no caso do açúcar cristal – por *markup* (considerando o processo de defasagem distribuída), e no caso do segmento produtor, por excesso de demanda. Para os mercados de álcool hidratado e anidro foram considerados apenas dois níveis de mercado. Entretanto, deve-se chamar a atenção para o fato da autora ter utilizado em sua análise séries de dados de período no qual os preços de álcool ainda eram regulados.

Maia *et. al.*, (2001) obtêm a elasticidade de transmissão de preços entre os níveis de varejo (consumo de farinha de trigo) e níveis de produtores (oferta de trigo) através

de duas metodologias distintas e, conseqüentemente, compara sob o ponto de vista operacional. A primeira metodologia é usualmente usada com procedimentos de modelos de defasagens distribuídas no período de janeiro a setembro de 1990; a segunda segue o procedimento dos modelos de séries temporais de BOX-JENKINS, com o uso de uma função de transferência no período de outubro de 1990 a julho de 1998.

Marjotta-Maistro (2002) desenvolveu um estudo com o objetivo de analisar e caracterizar o mercado de combustíveis para um período no qual os preços eram parcialmente liberados, correspondendo aos anos de 1995 a 2000. A autora estimou dois modelos: modelo de ajuste pelo preço e modelo de ajuste pela quantidade. Os resultados permitiram concluir que os preços foram pouco eficazes para influenciar alterações nas quantidades consumidas dos combustíveis; que as variações de demanda tendiam a ser atendidas sem grandes alterações nos preços da gasolina e dos seus componentes; que os ajustes de preços ao atacado da gasolina C e da gasolina A eram repassados ao varejo parcialmente; que o governo tendia a absorver os choques externos de preços não os repassando imediatamente ao varejo. Assim, os resultados da pesquisa refletiram setores ainda operando sob a égide do Estado, que controlava suas operações, sem atender à lógica econômica.

Bachi (2005) em seu estudo construiu e estimou um modelo analítico para explicar o comportamento dos preços dos produtos do setor sucroalcooleiro considerando a inter-relação existente entre esse setor e o de combustível fóssil, no qual o álcool hidratado é tido como substituto da gasolina C. A metodologia utilizada é a de Auto-Regressão Vetorial, sendo consideradas na definição do modelo estatístico as propriedades de integração e cointegração das séries temporais utilizadas. Os resultados apontam que as variações do preço da gasolina C ao consumidor têm efeito imediato e de grande magnitude sobre o preço do álcool hidratado neste mesmo segmento de mercado, indicando elevado grau de substitutibilidade do primeiro produto pelo segundo. As variações dos preços de açúcar no mercado doméstico, produto que tem sido considerado o carro chefe do setor sucroalcooleiro, são transmitidas para os demais produtos do setor.

Silva-Filho *et. al.*, (2005) analisam o mercado internacional de soja através das relações entre os preços. Para tanto, os autores estimaram um modelo VAR avaliando a transmissão do preço da *commodity* da soja americana para a soja em grão doméstica e



seus derivados: óleo e farelo de soja. Adicionalmente estimou-se um ARMAX para captar a transmissão entre os preços domésticos da soja para seus derivados. De acordo com os resultados, tanto os modelos VAR como ARMAX parecem se ajustar bem à explicação da dinâmica dos preços da soja. As significâncias estatísticas dos parâmetros das estimações do modelo ARMAX confirmam a transmissão dos preços da soja em grão doméstica para seus derivados. Do ponto de vista do modelo VAR, os preços da soja e do farelo domésticos se alinham muito bem com o preço da *commodity* de soja em grão americana, já o preço do óleo de soja, possivelmente por estar integrado numa rede mais ampla de mercados correlacionados tanto pra trás quanto pra frente, apresenta características distintas dos demais segmentos do complexo soja.

Silva Junior *et. al.*, (2007) analisaram as inter-relações na formação dos preços do açúcar para a região Nordeste do Brasil como uma função dos preços internacionais do açúcar, assim como, os preços do Nordeste no mercado internacional, no período de janeiro de 1991 a julho de 2006. Para tanto, os autores utilizaram o modelo de Vetores Auto Regressivos – VAR, para examinar tais impactos nos respectivos preços. Os resultados mostraram que a série de preços da região Nordeste é predominantemente influenciada pela sua memória auto-regressiva e mais ainda pela influência dos preços no mercado internacional.

# 4

## METODOLOGIA DA PESQUISA

---

As diversas contribuições teóricas acerca da determinação dos preços apresentadas no capítulo 3 procuram, em certa medida, a busca da eficiência no sistema de preços dos mercados na economia. Adicionalmente, a introdução, de imperfeições de mercado nos modelos teóricos, torna mais realista a análise de como os mercados respondem a diferentes situações sob regulação. Entretanto, apesar deste esforço, as teorias do preço ainda se encontram distantes da prática. Uma das principais razões para isto é que as regras, de um modo geral, demandam muita informação e esforço do regulador para monitoramento em mercados eficientemente integrados. Em geral, quando choques provocam alterações no comportamento dos preços à extensão de tempo que pode impactar tem sido importante para induzir políticas com o intuito de reduzir as oscilações de preços dos produtos e dos setores que participam do mercado.

Desta forma, a estratégia empírica adotada nesta pesquisa tem como objetivo contestar os instrumentos de amortecimento das teorias de determinação de preços e analisar como se comportam os preços do gás natural nos mercados internacional, brasileiro e na Região Nordeste, identificando possíveis relações de assimetria por semelhanças.

O capítulo está dividido em 2 seções: na seção 4.1 destaca-se a análise de séries temporais lineares fundamentados na discussão dos modelos *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) e de *Autoregressive Moving Average with Exogenous inputs* (ARMAX) do tipo proposto por Box e Jenkins (1976), com o objetivo de captar o efeito transmissão entre os preços no mercado internacional, doméstico e regional; Na seção 4.2 apresenta-se o método para captar assimetria nos preços, isto é, a possibilidade de uma baixa de preços não ajustar-se na mesma potência que uma alta nos preços, através da análise de séries temporais não-lineares com o modelo *Threshold Autoregressive Model* (TAR) proposto por Tong e Lin (1983), onde, destacam-se: a) a obtenção dos parâmetros do modelo TAR; b) sua respectiva estimação paramétrica do processo assimétrico, conjugando o método de inferência proposto por Enders (2001) e Carner e Hansen (2004).

## 4.1 Séries temporais lineares: construção do modelo ARMAX

O estudo dos efeitos de inter-relação entre variáveis econômicas em modelos que envolvam um sistema dinâmico são realizados pela técnica dos modelos de função de transferência - ARMAX<sup>53</sup>. Essa metodologia é considerada um instrumento bastante eficaz para estimar modelos que envolvem inter-relações com natureza autoregressiva, no sentido de estabelecer padrões de causalidade ou *feedback* entre elas [ver Lima e Sampaio (1997), Maia *et. al* (1999) e Margarido (2000)]. Para isso, é necessário discutir os principais aspectos teóricos relacionados com os modelos ARMAX, imprescindíveis para implementação desses modelos, que são os conceitos de: processo autoregressivo e médias móveis (ARMA), processo autoregressivo integrado (ARIMA) e o processo de transferência, com o estudo dos pesos de impulso-resposta.

### 4.1.1 Processo autoregressivo e média móvel - ARMA

A ênfase dos modelos *ARMA* parte da hipótese de analisar as propriedades probabilísticas (ou estocásticas) de séries temporais<sup>54</sup> a partir da própria série, de acordo com a filosofia de “deixar que os dados falem por si mesmos”. Assim, as séries estacionárias são modeladas pelos componentes *AR* (autoregressivos) e *MA* (médias móveis) separados ou em conjunto.

De acordo com Morettin (2006), um modelo auto-regressivo é definido de maneira que os valores da série no tempo (*t*) dependem dos valores passados. Assim, dada uma série  $Y_t$ , o modelo autoregressivo de ordem *p*,  $AR(p)$ , é determinado por:

$$Y_t - \mu = \phi_1(Y_{t-1} - \mu) + \phi_2(Y_{t-2} - \mu) + \dots + \phi_p(Y_{t-p} - \mu) + \varepsilon_t \quad (22)$$

<sup>53</sup> Também conhecido por Análise de Séries Temporais Multivariadas ou MARIMA (MAKRIDAKIS, 1976).

<sup>54</sup> De acordo com Enders (2004), uma série temporal pode ser entendida como um conjunto de observações feitas seqüencialmente no tempo e definida como uma função aleatória  $x$  de uma variável independente  $t$ .

Onde,  $\mu, \phi_1, \dots, \phi_p$  são parâmetros reais e  $\varepsilon_t$  é um erro aleatório<sup>55</sup>. Supondo  $\mu = 0$ , tem-se o processo  $AR(1)$ , da seguinte forma:

$$Y_t = \phi Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (23)$$

No modelo médias móveis, a série  $Y_t$ , é gerada pela combinação linear dos choques aleatórios ocorridos no período corrente e em q períodos passados. Desta forma, um processo de médias móveis de ordem q, denotado por  $MA(q)$  é definido segundo Morettin (2006) por:

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (24)$$

Onde,  $\theta$  é um parâmetro,  $\varepsilon_{t-q}$  é o termo ruído branco, tal que  $Y_t(\mu)$  é zero, ou seja,  $\tilde{Y}_t = Y_t - \mu$ , tem-se:

$$\tilde{Y}_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (25)$$

Box e Jenkins (1976), ao observarem que as séries temporais na realidade, apresentavam muitas vezes características que não permitiam sua descrição simplesmente por um processo de ordem finita puramente auto-regressiva ou puramente média móvel, propõem uma abordagem alternativa, considerando a classe de processos mistos, isto é, os modelos  $ARMA$  (*AutoRegressive-Moving Average*). De acordo com os autores, um processo  $ARMA(p, q)$  pode ser expresso da seguinte forma:

$$Y_t - \mu = \phi_1 (Y_{t-1} - \mu) + \dots + \phi_p (Y_{t-p} - \mu) + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (26)$$

Ou, escrevendo de outra forma:

---

<sup>55</sup> Tal que para cada período de tempo t, tem-se: i) média zero:  $E[\varepsilon_t] = E[\varepsilon_{t-1}] = \dots = 0$ ; ii) variância constante:  $E[\varepsilon_t^2] = E[\varepsilon_{t-1}^2] = \dots = \sigma^2$  e iii) covariância nula:  $E[\varepsilon_t, \varepsilon_{t-s}] = E[\varepsilon_{t-j}, \varepsilon_{t-j-s}] = \dots = 0$ , para todo valor de s.

$$(1 - \phi_1 \cdot B - \dots - \phi_p \cdot B^p)Y_t = (1 - \theta_1 \cdot B - \dots - \theta_q \cdot B^q)\varepsilon_t \quad (27)$$

Onde  $B$  representa o operador de defasagem ( $B \cdot Y_t = Y_{t-1}$ ),  $\phi$  e  $\theta$  são os parâmetros do modelo e  $\varepsilon_t$  o termo de erro. Assim, as variáveis defasadas de  $y_t$  representam a parte autoregressiva do modelo (AR), enquanto que as defasagens de  $\varepsilon_t$  representam a parte de média móvel (MA). O modelo apresentado acima é denominado ARMA(p,q), sendo que “p” representa a ordem de defasagem do termo autoregressivo e “q” a ordem de defasagem do termo de média móvel (ENDERS, 2004).

#### 4.1.2 Processo autoregressivo integrado de médias móveis - ARIMA

Box e Jenkins (1976), estenderam o conceito dos modelos  $ARMA(p, q)$ , incluindo a eventual necessidade de aplicação do operador diferença simples de ordem  $d$ ,  $\Delta^d$ , para se obter a condição de estacionariedade<sup>56</sup> do processo estocástico, resultando, nos modelos  $ARIMA$ <sup>57</sup> (*AutoRegressive-Integrated-Moving Average*) de ordens  $p, d$  e  $q$ , ou simplesmente  $ARIMA(p, d, q)$ <sup>58</sup>. Algebricamente, o modelo pode ser expresso da seguinte forma:

$$\phi_p(B)w_t = \theta_0 + \theta_q(B)\varepsilon_t \quad (28)$$

<sup>56</sup> Considera-se uma série estacionária aquela que está em equilíbrio estatístico, no sentido que não contém nenhuma tendência. A maioria das séries temporais encontradas na prática não podem ser classificadas como estacionárias, isto é, apresentam um comportamento não-estacionário evolutivo no tempo (NELSON; PLOSSER, 1982). Quando uma série temporal é dita não-estacionária, os efeitos dos choques são permanentes e, no longo prazo, tem-se a possibilidade de não-convergência da série. No entanto, quando uma série é estacionária, os choques exógenos possuem apenas efeitos transitórios.

<sup>57</sup> Conhecidos como modelos de Box-Jenkins, foram propostos por George Box e Gwilym Jenkins no início dos anos 70 e visam captar o comportamento da correlação serial ou autocorrelação entre os valores da série temporal, e com base nesse comportamento, realizar previsões futuras.

<sup>58</sup> Ressalta-se que o processo  $ARIMA(p, d, q)$  é utilizado quando a série é não-estacionária do tipo homogêneo, que permite sua transformação em uma série estacionária através do operador da diferença de ordem  $d$ .

Onde,  $\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$  representa o operador ordinário autoregressivo, que é um polinômio de ordem  $p$ ;  $w_t = \Delta^d Y_t$ , onde  $\Delta^d$  é o operador diferença simples de ordem  $d$ ;  $\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$  representa o operador ordinário de médias móveis, que é um polinômio de ordem  $q$ ;  $\varepsilon_t$  é um elemento puramente aleatório;  $\theta_0$  é o termo constante. Ou na forma simplificada, teremos:

$$X_t = \frac{\theta(B)}{\phi(B)} \varepsilon_t \quad (29)$$

Arita (1999) enfatiza que em virtude de sua estrutura mista, contendo parâmetros autoregressivo e de médias móveis, um processo *ARIMA* deve satisfazer, independentemente, tanto a condição de estacionariedade como a condição de inversibilidade e para isto ocorrer é necessário, respectivamente, que todas as raízes de  $\phi(B) = 0$  e  $\theta(B) = 0$ , se situem fora do círculo unitário.

Segundo Enders (2004), a construção dos modelos Box-Jenkins é baseada em um ciclo iterativo, no qual a escolha da estrutura do modelo é feita com base nos próprios dados, seguindo quatro estágios: i) identificação; ii) estimação dos parâmetros do modelo; iii) diagnóstico e avaliação do modelo e iv) previsão.

O exame da identificação é a fase mais crítica do modelo *ARIMA*. Em geral, pode ser feito, a priori: pela verificação da necessidade de uma transformação na série original, com o objetivo de estabilizar a variância de modo que o processo se torne estacionário<sup>59</sup> e, com base no correlograma, pela demonstração gráfica da Função de Autocorrelação (FAC) e Função de Autocorrelação Parcial (FACP), cujos comportamentos devem imitar os comportamentos das respectivas quantidades teóricas.

Uma vez resolvido o problema da identificação, a ferramenta essencial para analisar a estimação dos parâmetros do modelo é a representação dos melhores modelos (processo *AR*, *MA*, *ARMA* ou *ARIMA*), com base em alguns critérios. Tal

---

<sup>59</sup> O número de diferenças,  $d$ , necessárias para que o processo se torne estacionário, pode ser alcançado quando a FAC amostral de  $W_t = \Delta^d Y_t$  decresce rapidamente para zero. Neste estágio, utiliza-se testes de raiz unitária para verificar a existência de raízes unitárias no polinômio auto-regressivo (MORETTIN, 2006).

representação é possível desde que sejam respeitadas as condições de estacionariedade e parcimônia, no qual se verifica que a incorporação de coeficientes adicionais melhora o grau de ajustamento (aumenta o  $R^2$  e reduz a soma dos quadrados dos resíduos) do modelo (ENDERS, 2004). Logo, o critério mais utilizado na literatura, refere-se ao *Akaike Information Criterion* (AIC) e o *Schwartz Bayesian Criterion* (SBC).

Para o diagnóstico e avaliação do modelo é necessário, inicialmente, a análise dos resíduos de modelos alternativos (candidatos) ajustados, a qual pode ser realizada pelas funções de autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos e seus respectivos correlogramas. Verifica-se, que se os resíduos são autocorrelacionados, então, a dinâmica da série não é completamente explicada pelos coeficientes do modelo ajustado, sendo necessário excluir do processo de escolha, modelos que apresentem tais características. Enders (2004) afirma que, na prática, a estatística  $Q$ , calculada por meio do teste de Box-Pierce ou pelo teste de Ljung-Box<sup>60</sup>, é verificada para testar se um determinado conjunto de autocorrelações de resíduos é (ou não) estatisticamente diferente de zero.

A estrutura de construção dos modelos Box-Jenkins tem na previsão, a última etapa do ciclo iterativo. Nesta etapa testa-se o potencial preditivo dos valores futuros para a série estudada, assumindo dois aspectos: *ex-ante* e *ex-post*. A previsão *ex-ante* é realizada para calcular valores futuros, de curto prazo, da variável em estudo e/ou valores futuros, que ainda não existem. Por outro lado, a previsão *ex-post* é realizada para gerar valores dentro do período amostral. Ressalta-se, que para obter a melhor previsão, utiliza-se o critério erro quadrado médio (EQM) da previsão, onde quanto menor o EQM, melhor será o grau de ajustamento do modelo aos dados da série temporal.

#### 4.1.3 Função de transferência: o modelo ARMAX

A construção do modelo ARMAX parte da concepção de que as séries temporais envolvidas na análise são geradas por um sistema dinâmico, onde parte-se da

---

<sup>60</sup>O teste é realizado comparando-se os valores de  $Q_{calculado}$  e  $Q_{tabelado}$ . Isto é, se  $Q_{calculado} > Q_{tabelado}$ , dado certo nível de significância, rejeita-se a hipótese nula ( $H_0$ ) de que os resíduos não são autocorrelacionados, ou seja, pelo menos uma autocorrelação  $r_k$  é estatisticamente diferente de zero (o erro não é ruído branco).

formulação univariada ARIMA para modelar eventos externos, através de uma variável explicativa. De acordo com Makridakis (1976), os modelos ARMAX destinam-se a efetuar a dinâmica na ligação entre a saída de algum processo,  $Y_t$ , por várias entradas  $X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots$ , de tal forma que a relação entre as entradas e saídas no tempo anterior pode ser avaliado e posteriormente utilizados para controlar o processo, representado da seguinte forma:

$$Y_t = \delta_1 Y_{t-1} + \delta_2 Y_{t-2} + \dots + \delta_r Y_{t-r} + w_0 X_{t-s} - \dots - \alpha_s X_{t-s} \quad (30)$$

Onde,  $\delta_i$  e  $w_i$  representam os parâmetros do processo de entrada e saída correspondente,  $Y_t$  é a variável endógena e  $X_i$  (com  $i=1,2,\dots,n$ ) são as variáveis explicativas. Considerando, que a defasagem da variável  $Y_t$  capta tanto os efeitos na própria série quanto da série  $X_i$ , isto é, as variações na variável independente são transmitidas para a variável dependente, teremos:

$$Y_t - \delta_1 Y_{t-1} - \delta_2 Y_{t-2} - \dots - \delta_r Y_{t-r} = w_0 X_{t-1} + \dots + w_s X_{t-s} \quad (31)$$

Aplicando o operador de defasagem B, obtemos:

$$(1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r) Y_t = (w_0 + w_1 B + \dots + w_s B^s) X_t \quad (32)$$

Logo, a equação (32), pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\delta(B) Y_t = w(B) X_t \quad (33)$$

Ou, escrevendo de forma a considerar a parte estocástica, tem-se:

$$Y_t = \frac{w(B)}{\delta(B)} X_t + \eta_t, \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (34)$$

De acordo com Box e Jenkins (1976), uma generalização é considerar um termo de ruído onde  $\eta_t$  não é necessariamente um ruído branco, seguindo um modelo



$ARIMA(p,d,q)$ , isto é,  $\phi(B)(1-B)^d \eta_t = \theta(B)a_t$ <sup>61</sup>. Makridakis (1976), também considera que, em geral, o ruído será não estacionário e, portanto, o modelo será não parcimonioso, no sentido de haver de estimar muitos pesos  $v_i$ . Logo, teremos o modelo ARMAX na sua forma geral:

$$Y_t = \frac{w(B)}{\delta(B)} X_{t-b} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (35)$$

Onde,  $Y_t$  representa a variável dependente;  $X_t$  é a variável independente;  $\theta(B)$  é o operador de média móvel, representado por  $\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$ ;  $\phi(B)$  é o operador auto-regressivo representado por  $\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$ ;  $\omega(B)$  são os impactos de curto prazo, isto é,  $\omega(B) = \omega_0 + \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s$ ;  $\delta(B)$  representa a “memória” ou fator de ajustamento de longo prazo, isto é,  $\delta(B) = 1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r$ ;  $a_t$  refere-se ao valor do ruído aleatório;  $b$  representa o impacto inicial da série de entrada  $X_t$  sobre a série de saída  $Y_t$ , isto é, o número completo de intervalos de tempo necessários para que o impacto inicial na variável  $X_{it}$  produza algum efeito em  $Y_t$ ;  $s$  representa a quantidade de defasagens significativas exclusive  $b$ , e finalmente  $r$  mostra a presença de elementos de longo prazo na função de transferência.

Assim, como no processo ARIMA ou modelos de Box e Jenkins, a identificação do modelo de função de transferência que melhor se ajusta aos dados é a etapa mais difícil da metodologia. Na literatura empírica, destacam-se dois métodos: o desenvolvido por Box e Jenkins (1976) e o de Haugh e Box (1977).

Nesta pesquisa, trabalha-se com o método desenvolvido por Box e Jenkins (1976), uma vez que este destaca-se pela simplicidade, em geral envolvem poucos parâmetros (para obedecer ao princípio da parcimônia são utilizados termos auto-regressivos e de média móvel), não requerem a interpretação da estrutura do fenômeno e seu ajustamento é feito com base nos próprios dados.

---

<sup>61</sup> Isto é,  $\Delta^{dN} \eta_t = \left[ \frac{\theta(B)}{\phi(B)} \right] a_t$ .

O método de identificação de Box e Jenkins nos modelos ARMAX, envolve assim como no contexto univariado, os valores de  $p, d$  e  $q$  do modelo ARIMA e a ordem dos polinômios  $w_j(B)$  e  $\delta_j(B)$  do modelo de função de transferência. A verificação dos modelos é realizada através da análise de resíduos, os quais devem estar limpos, isto é, não pode existir correlação entre eles (BOX; JENKINS, 1976).

Desta forma, a técnica de modelagem de uma função de transferência envolve a análise das funções de autocorrelação (FAC), autocorrelação parcial (FACP) e da função de correlação cruzada obtido com as séries  $Y_t$  e  $X_t$ , isto é, o propósito da identificação é obter os termos  $MARIMA(r, s, b)(p, q)$ <sup>62</sup>. A forma é filtrar as séries com os próprios processos ARIMA que os transformam em ruído branco.

De acordo com Box e Jenkins (1976), como a função de correlação cruzada não é simétrica, as correlações cruzadas devem ser calculadas para defasagens positivas e negativas. O procedimento de filtragem prévia (com o ARIMA da variável explicativa) limita-se a análise ao campo negativo ou positivo, dependendo do sentido de causalidade proposto. Chamando de  $\rho_{XY(k)}$  a correlação cruzada, com defasagem  $k$ , se forem verificados valores elevados de  $\rho_{XY(k)}$ , para  $k > 0$ , conclui-se que  $\alpha_t$  é preditor de  $\beta_t$ . Valores elevados de  $\rho_{XY(k)}$  para  $k < 0$ , indicam o contrário (BOX; JENKINS, 1976). Assim, a função de correlação cruzada<sup>63</sup> pode ser representada da seguinte forma:

$$\rho_{XY(k)} = \frac{\gamma_{XY}(k)}{[\sigma_X^2 \sigma_Y^2]} \quad (36)$$

<sup>62</sup> De acordo com Lima e Sampaio (1997) e Silva-Filho *et. al* (2005) o principal problema na identificação reside, justamente, na obtenção dos parâmetros  $(r, s, b)$ , que se referem à parametrização da função de transferência ligando  $Y_t$  e  $X_t$  e, em  $(p, q)$  que se designam à parametrização do modelo ruído  $(\eta_t)$ .

<sup>63</sup> De acordo com Bachi (2005), outra observação que pode ser feita é que quando a função de correlação cruzada não declina rapidamente para zero, há evidência de que pelo menos uma das duas séries não seja estacionária. Assim, a significância da correlação cruzada é avaliada, comparando-se com o seu desvio padrão. Logo, o desvio-padrão da correlação cruzada das séries é definido:  $D_{XY} [r_{Y_1 X_2}(k)] = \frac{1}{\sqrt{N}}$ ,

com um nível de significância de 5%, teremos:  $|r_{Y_1 X_2}(k)| \geq \frac{1,96}{\sqrt{N}}$  (SILVA-FILHO ET. AL. 2005).

Onde,  $\sigma_Y^2$  e  $\sigma_X^2$  referem-se aos desvios-padrões das séries de tempo  $Y_1$  e  $X_2$ , respectivamente;  $\gamma_{XY}(k) = E[(X_{1t} - \mu_X)(Y_{2t+k} - \mu_Y)]$ , sendo  $\gamma_{XY}(k)$  a covariância entre  $Y_{1t}$  e  $X_{2t+k}$ , respectivamente;  $\mu_Y$  e  $\mu_X$  são as médias dos parâmetros  $Y_1$  e  $X_2$ , respectivamente.

Na análise dos parâmetros da função de transferência  $(r, s, b)$  através da função de correlação cruzada, devem-se observar os seguintes itens:

- a) o valor da constante  $b$  é igual à defasagem da primeira correlação cruzada significativa, indicando que  $Y_t$  não é influenciado por  $X_t$  até o período  $(t + b)$ ,  $Y_t = 0X_t + 0X_{t-1} + \dots + w_0X_{t-1}$ ;
- b) o parâmetro  $s$  representa em quanto tempo a série de saída  $Y_t$  continua sendo influenciada pelo novo valor da série de entrada  $X_t$ , ou seja,  $Y_t$  é influenciado por  $(X_{t-b}, X_{t-b-1}, \dots, X_{t-b-s})$ ;
- c) o parâmetro  $r$  evidencia que  $Y_t$  é relacionado com seu próprio valor passado, isto é,  $Y_t$  é influenciado por  $(Y_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-r})$ .

Além dos procedimentos anteriores para analisar a função de transferência, realiza-se a verificação das elasticidades com o objetivo de captar o efeito transmissão de curto e longo prazo da série analisada.

Desta forma, a elasticidade de transmissão pode ser descrito como uma adaptação do modelo descrito em Oliveira e Pino (1983) e posteriormente aplicado por Maia, Rocha e Lima (1999). De acordo com os autores, sendo,  $U_t, Y_t, X_1, \dots, X_k$  processos estocásticos<sup>64</sup> relacionáveis através das funções  $f$  e  $g$  tais que  $U_t = g(X_1, \dots, X_k) = f(Y)$ , onde  $Y$  representa o estado de longo prazo de  $U$  e  $f$  refere-se à elasticidade de curto prazo de  $Y$  em relação à  $X_i$ , podendo ser calculado da seguinte forma:

---

<sup>64</sup> Ressalta-se que alguns dos  $Y_i$  poderão ser termos dos erros ou representar intervenções.

$$E_{CP} = \left( \frac{Y_t}{X_i} \right) = \frac{\partial U}{\partial X_i} \cdot \frac{X_i}{U} \quad (37)$$

E a elasticidade de transmissão de longo prazo segue o seguinte processo:

$$E_{LP} = \left( \frac{Y_t}{X_i} \right) = \frac{\partial Y_t}{\partial X_i} \cdot \frac{X_i}{Y_t} \quad (38)$$

Entretanto, para análise do modelo ARMAX chama-se  $U_i = \delta(B)Y_t$  e tornam-se os processos em logaritmos, obtendo as elasticidades de curto e longo prazo do modelo de função de transferência, respectivamente:

$$E_{CP} = \left( \frac{Y_t}{X_i} \right) = w(B) = w_0 - w_1 B - \dots - w_s B^s \quad (39)$$

$$E_{LP} = \left( \frac{Y_t}{X_i} \right) = \frac{w(B)}{\delta(B)} = \frac{w_0 - w_1 B - \dots - w_s B^s}{1 - \delta_1 B - \dots - \delta_r B^r} \quad (40)$$

Desta forma, se as elasticidades de transmissão entre  $\left( \frac{Y_t}{X_i} \right)$  for maior que um, significa que as variações percentuais da série de saída  $Y_t$  serão maiores que as variações percentuais das séries de entrada  $X_i$  ou vice-versa. Sugerindo que, caso ocorra uma elevação de preços no mercado (por exemplo, internacional) a transmissão para o mercado doméstico será na magnitude da elasticidade. Logo, a inter-relação entre os mercados pode trazer um componente positivo (ou negativo) para o mercado doméstico (MAIA ET. AL. 1999).

#### 4.2 Assimetrias: um enfoque pelo modelo *Threshold*

Nas últimas décadas, a análise de séries temporais não-lineares tem tomado lugar de destaque na literatura econômica, podendo-se citar inúmeras aplicações empíricas e conseqüências teóricas advindas de sua observação [ver, por exemplo, Tiao e Tsay (1994); Granger e Teräsvirta (1993); Chen e Tsay (1993)].

De acordo com Galvão (2002) os modelos de séries temporais não-lineares podem ser introduzidos, em sua maioria, para caracterizar assimetrias no ajustamento da dinâmica de curto prazo em relação ao equilíbrio de longo prazo e, caracterizar assimetrias do processo estocástico de séries macroeconômicas dependendo do ciclo econômico. De forma análoga, podem ser utilizados para mensurar respostas a choques que dependem do tamanho, do sinal e da história quando os choques atingem o sistema; verificar integração/cointegração de séries tendo como hipótese alternativa um regime com reversão à média e outro que é um *random walk*. Além de permitirem uma melhoria na previsão de eventos raros, como, por exemplo, recessão.

No entanto, destaca-se, nessa seção, os modelos TAR (*Threshold Autoregressive*), que tem como objetivo captar assimetrias, dentre as quais, pode-se enfatizar: i) assimetria na dinâmica das fases do ciclo dos negócios; ii) assimetria no ajuste da dinâmica de curto prazo ao equilíbrio de longo prazo; iii) assimetria na capacidade de uma variável prever outra e, iv) assimetria na resposta a choques. O foco deste estudo concentra-se na análise da assimetria na resposta a choques nos preços.

Os modelos *threshold*, especificadamente, aquele onde se considera a captação de processos de assimetria através de modelos estocásticos paramétricos em tempo discreto – TAR (*threshold autoregressive model*) têm atraído uma maior atenção em anos recentes, por fornecer uma maior flexibilidade na modelagem de séries temporais não lineares<sup>65</sup>.

Este tipo de especificação foi proposto inicialmente por Tong (1978) e obteve desenvolvimento por Tong e Lim (1980) e Tong (1983, 1990). Sua principal característica consiste em definir diferentes estados do mundo ou regimes e permitir comportamentos dinâmicos distintos para as variáveis dependendo do regime que ocorre em cada ponto do tempo (FRANSES; VAN DIJK, 2000).

A idéia básica de um modelo TAR é descrever um dado processo estocástico a partir de um modelo auto-regressivo formado por um conjunto de equações, onde o que determina se a equação está ativa, ou não, são os valores de uma variável observada, conhecida como variável de **limiar**. Assim, os parâmetros do modelo dependem do regime no qual está a variável dependente, sendo o regime determinado quando a variável *threshold* ultrapassa determinado valor, estimado.

---

<sup>65</sup> Ressalta-se que os modelos paramétricos e não lineares na média apresentam, na maioria das vezes, desempenho superior às abordagens tradicionais de séries temporais lineares [ver, por exemplo, Tião; Tsay (1994)].

De acordo com Yao (2007), o modelo TAR parte inicialmente da hipótese de simplicidade, tanto na construção quanto na interpretação do modelo e, pressupõe estacionariedade<sup>66</sup> nas séries utilizadas.

Uma série temporal definida como um processo *threshold* auto-regressivo em sua forma mais simples consiste em:

$$Y_t = \phi_0^{(i)} + \sum_{j=1}^p \phi_j^{(i)} Y_{t-j} + \varepsilon_t^{(i)} \quad (41)$$

Onde,  $\varepsilon_t$  é uma seqüência ruído branco *i.i.d.* condicional à história passada da série, que é denotada por  $\Omega_{t-1} = \{Y_{t-1}, \dots, Y_{t-p-1}, Y_{t-p}\}$ , com média zero e variância  $\sigma^2$ ; os termos  $\phi_0^i, \dots, \phi_p^i$ ,  $i = 1, 2, \dots, h$  são os coeficientes associados a cada regime.

Para escrever o modelo em uma única equação, pode-se definir a equação (41) de maneira alternativa na qual o modelo segue a forma:

$$Y_t = \sum_{i=1}^h \left[ \phi_0^{(i)} + \sum_{j=1}^p \phi_j^{(i)} Y_{t-j} + \varepsilon_t^{(i)} \right] I_i(\tau_t) \quad (42)$$

Tomando  $\tau_{t-1} < y_{t-d} \leq \tau_t$ , tem-se no parâmetro  $d$  a magnitude da persistência do processo, sendo,  $d$  um número inteiro e positivo. O termo  $I(\cdot)$  representa uma função indicadora<sup>67</sup> *dummy* que assume valor igual a zero ou um, dependendo do regime ocorrido no tempo  $t$ , de modo que:

$$I_t = \begin{cases} 1 & \text{se } Y_{t-1} \geq \tau \text{ com } \tau \in \mathfrak{R}_i \\ 0 & \text{se } Y_{t-1} < \tau \end{cases} \quad (43)$$

<sup>66</sup> Embora haja pouco conhecimento sobre as condições de estacionariedade dos modelos TAR, pode-se definir uma solução estritamente estacionária se: i)  $\sigma_1 = \dots = \sigma_p$  e, ii)  $\text{Max} : 1 \leq i \leq k \sum_j^{p_i} = 1 |b_{ij}| < 1$  ou  $\sum_{j=1}^p \text{Max} : 1 \leq i \leq k \sum_j^{p_i} = 1 |b_{ij}| \leq 1$  (YAO, 2007). Se ambos os coeficientes autoregressivos são, em valor absoluto, menores que 1, ou seja,  $(|\phi_0, \phi_1|) < 1$ . Entretanto, Amaral (2003) enfatiza que pode-se aplicar testes de estacionariedade na série temporal em estudo para saber se a série é estacionária.

<sup>67</sup> A função indicadora pode ser definida como  $I_t = f(Y_{t-1}, -\tau)$ .

Onde,  $\tau$  é o valor do *threshold* dado por um valor defasado da série de tempo;  $\mathfrak{R}_i = (r_{i-1}, r_i] e \{r_1, \dots, r_h\}$  é um subconjunto de números reais ordenado linearmente, de tal forma que  $-\infty < r_1 < r_2 < \dots < r_h < \infty$ . Tal processo parte de um espaço tridimensional Euclideano em  $h$  regimes e segue um modelo linear auto-regressivo de ordem  $p$ , AR( $p$ ).

Considerando um modelo *threshold* AR(1) de dois regimes e  $d=1$ , pode-se escrever a formulação anterior fazendo com que o *threshold* esteja correlacionado com a taxa de variação do período anterior:

$$Y_t = \begin{cases} \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t & \text{se } Y_{t-1} \geq \tau \\ \theta_0 + \theta_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t & \text{se } Y_{t-1} < \tau \end{cases} \quad (44)$$

Assim como em Tong e Lim (1983), a equação (43) pode alternativamente ser representado como:

$$Y_t = I_t \left[ \phi_0 + \sum_{j=1}^p \phi_j Y_{t-j} \right] + (1 - I_t) \left[ \theta_0 + \sum_{j=1}^p \theta_j Y_{t-j} \right] + \varepsilon_t \quad (45)$$

A natureza do modelo é que existem dois momentos ou regimes<sup>68</sup> que dividem o comportamento da variável no longo prazo, ou seja, no período em que  $Y_{t-1}$  excede o valor do *threshold* e tem-se que  $I_t = 1$  e  $(1 - I_t) = 0$ . Se o sistema for convergente,  $Y_t = 0$  pode ser considerado o valor da seqüência de equilíbrio de longo prazo. Como tal  $Y_t$  segue o processo  $\phi_0 + \sum \phi_j Y_{t-j}$ . Entretanto, se  $Y_{t-1}$  está abaixo do valor de longo prazo de equilíbrio, o ajuste é  $\theta_1 Y_{t-1}$ , ou seja,  $Y_{t-1}$  fica aquém do *threshold* e tem-se que  $I_t = 0$  e  $(1 - I_t) = 1$ , onde  $Y_t$  segue o processo  $\theta_0 + \sum \theta_j Y_{t-j}$ , permitindo que o grau de autocorrelação se comporte de maneiras diferentes do estado da variável no momento

---

<sup>68</sup> Em muitas circunstâncias o valor que divide a série nos dois regimes é desconhecido, o que faz com que seja necessário estimá-lo juntamente com os demais parâmetros da equação. Enders (2004) considera o valor do *threshold* sendo zero.

$Y_{t-1}$ , isto é, tem-se um ajustamento assimétrico. Por outro lado, se  $\phi_1 = \theta_1$  tem-se um ajustamento simétrico nas séries.

#### 4.2.1 Estimação do processo autoregressivo *threshold* TAR

Para que seja relevante utilizar um modelo não-linear, do tipo TAR, é necessário que haja indícios de que o modelo não-linear é superior em termos de resultados em relação ao modelo linear. Testes de hipótese são ferramentas úteis para analisar esta questão. Neste trabalho, o teste de linearidade segue aquele descrito por Hansen (1996).

De acordo com o teste, cuja hipótese nula refere-se à linearidade do modelo, a variável candidata a *threshold* é testada, consecutivamente, se a série rejeitar a hipótese nula ( $\rho_1 = \rho_2$ ), aceita-se a presença de não-linearidade (maior estatística F ( $\rho_1 \neq \rho_2$ )). Logo, se o teste de linearidade aplicado a candidata<sup>69</sup> a *threshold* não acusar a necessidade de mais de um regime explicando o comportamento da função de reação, então uma função linear parece ser indicada para o modelo. Se este for o caso, então significa que os dados não demonstram mudanças no comportamento da determinação da variável em períodos calmos ou de crises. Assim, após o modelo identificar a existência de múltiplos regimes (e identificar uma relação não-linear, apesar do modelo continuar linear em cada regime), estima-se a regressão (45), considerando a variável (no caso, ( $Y_{t-1}$ )) como exógena.

No entanto, Caner e Hansen (2004) advertem que a equação na forma estrutural não pode ser estimada diretamente, uma vez que, apresenta o termo do erro correlacionado com a variável ( $Y_{t-1}$ ) indicando que a variável é endógena. Assim, os parâmetros serão não apenas enviesados, mas também inconsistentes. Neste caso, para o modelo TAR com variáveis endógenas, a teoria e o processo de estimação encontram-se em formação. Entretanto, alguns autores, entre eles, Enders (2001) e Caner e Hansen (2004), propõem um estimador e uma teoria de inferência para modelos desse tipo.

A intuição dos autores baseia-se na estimação da equação estrutural (45) em dois estágios. No primeiro estágio, estima-se uma regressão na forma reduzida para as variáveis endógenas como função de variáveis instrumentais (impondo uma restrição no

---

<sup>69</sup> Ressalta-se que as variáveis candidatas do modelo podem ser escolhidas através de informação conhecida *a priori* ou de forma empírica, via tentativa e erro, acarretando na escolha de variáveis redundantes ou de pouca importância (GRANGER; TERÄSVIRTA, 1993).



*threshold*), ou seja, um modelo de média condicional da variável endógena como função da variável exógena. A partir dessa equação ajustada, os valores estimados são usados na equação estrutural (45) e, por meio da minimização da soma dos quadrados dos resíduos, estima-se o valor do *threshold*. No segundo estágio, a amostra é dividida baseada no *threshold* estimado e, a equação (45) pode ser estimada para captar a relação assimétrica, uma vez que teremos parâmetros consistentes.

Portanto, pode-se obter o primeiro estágio (modelo de expectativa condicional de  $z_t$ ) da seguinte forma:

$$z_{-t} = f(x_t, \beta) + \mu_t \quad (46)$$

$$E\left(\frac{\mu_t}{x_t}\right) = 0 \quad (47)$$

Sendo,  $z_t$  um vetor de dimensão com  $M$  (regressores) e  $x_t$  um vetor de dimensão  $K$  (instrumentos), com  $K \geq M$ . A variável de *threshold*  $\hat{\tau}_t = \hat{\tau}(x_t)$  poder se representada por um elemento ou uma função do vetor  $x_t$ ;  $\beta$  é o parâmetro da equação na forma reduzida,  $\mu_t$  o termo de erros e  $f(\dots)$  uma função condicionada ao valor do *threshold*, assumindo a seguinte forma:

$$f(x_t, \pi) = (\beta_1' x_t) [1 - I(\tau < \hat{\tau})] + (\beta_2' x_t) [1 - I(\tau \geq \hat{\tau})] \quad (48)$$

Assim, os parâmetros  $\beta$  da equação (43) podem ser estimados por OLS através da restrição imposta no *threshold*, para cada  $\tau \in T$ , de modo que:

$$\hat{\beta}_1(\tau) = \left( \sum_{t=1}^n x_t x_t' [I(\tau < \hat{\tau})] \right)^{-1} \sum_{t=1}^n x_t z_t' [I(\tau < \hat{\tau})] \quad (49)$$

$$\hat{\beta}_2(\tau) = \left( \sum_{t=1}^n x_t x_t' [I(\tau \geq \hat{\tau})] \right)^{-1} \sum_{t=1}^n x_t z_t' [I(\tau \geq \hat{\tau})] \quad (50)$$

Logo, os valores estimados são usados na equação estrutural (45) e, por meio da minimização da soma dos quadrados dos resíduos, estima-se o valor do *threshold*:

$$\hat{\tau} = \arg \min_{\tau \in T} S_n(\tau) \quad (51)$$

Onde  $S_n(\tau)$  representa a soma dos quadrados do resíduo da regressão  $Y$  sobre  $\hat{Z}_L$  e  $\hat{Z}_G$ . Os valores em (45) deve ser tal que em cada regime tenha observações suficientes para produzir estimativas consistentes. Em geral, a estimação do intervalo de confiança no modelo *threshold* é encontrada através da inversão da estatística de Wald ou da estatística  $t$ . Entretanto, quando o parâmetro  $\tau$  não é identificado, a estatística de Wald tem suas propriedades de pequenas amostras prejudicadas. Neste caso, de acordo com Franses e van Dijk (1999) uma escolha segura para essa proporção é pelo menos 15%.

No segundo estágio, os parâmetros da equação (45) são obtidos, quando a amostra é dividida, tendo como base o *threshold* estimado, seguindo as seguintes equações:

$$\hat{\beta}_1 = \left[ \hat{Z}'_L \hat{X}_L (\hat{X}'_L \hat{X}_L)^{-1} \hat{X}'_L \hat{Z}_L \right]^{-1} \left[ \hat{Z}'_L \hat{X}_L (\hat{X}'_L \hat{X}_L)^{-1} \hat{X}'_L Y \right] \quad (52)$$

$$\hat{\beta}_2 = \left[ \hat{Z}'_G \hat{X}_G (\hat{X}'_G \hat{X}_G)^{-1} \hat{X}'_G \hat{Z}_G \right]^{-1} \left[ \hat{Z}'_G \hat{X}_G (\hat{X}'_G \hat{X}_G)^{-1} \hat{X}'_G Y \right] \quad (53)$$

Onde,  $\hat{Z}_L, \hat{Z}_G, \hat{X}_L$  e  $\hat{X}_G$  representam, respectivamente, as matrizes com as observações  $z_t [I(\tau_t < (\hat{\tau}))]$ ,  $z_t [I(\tau_t \geq (\hat{\tau}))]$ ,  $x_t [I(\tau_t < (\hat{\tau}))]$  e  $x_t [I(\tau_t \geq (\hat{\tau}))]$ .

Caner e Hansen (2004) demonstram que esses estimadores são consistentes, embora não necessariamente eficientes. Além disso, sua aplicabilidade está condicionada ao fato de que a variável de *threshold* deve ser uma variável exógena.

### 4.3 Base de dados e procedimentos empíricos

A base de dados utilizada na pesquisa é composta de observações mensais do mercado internacional (INT) e do mercado doméstico - Brasil (BR) e da Região Nordeste (NE) - compreendendo o período entre julho de 2001 a agosto de 2007.

A série *Spot* (cotadas nas bolsas NYMEX), por ser a cotação usada na literatura internacional para o petróleo e derivados [ver, por exemplo, Borenstein, Cameron e Gilbert (1992) e Hamilton (2000)], será utilizada como base tanto para o mercado internacional quanto para o doméstico. Os preços do gás natural nos EUA, por ser considerado um país de referência e que lidera o crescimento da economia mundial, será utilizado como *proxy* para os preços internacionais. Ressalta-se que os preços internacionais só foram encontrados em valores diários, então, optou-se por transformá-los em dados mensais tirando uma média aritmética. Nas estimações dos modelos serão utilizadas as seguintes variáveis:

- Preço do gás natural no mercado internacional ( $GN^I$ ): o preço do gás natural *spot* FOB está expresso em US\$ por m<sup>3</sup> e refere-se a uma *proxy* do preço mensal do gás natural nos EUA, obtidos no website da Energy Information Administration (EIA) do governo dos EUA. Acesso em: [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov) ;
- Preço da gasolina no mercado internacional ( $GAS^I$ ): representado pelo preço diário *spot* FOB, expresso em *cents* por galão, obtidos no website da Energy Information Administration (EIA) do governo dos EUA. Acesso em: [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov) ;
- Preço do petróleo no mercado internacional ( $PET^I$ ): representado pelo preço diário *spot* FOB, expresso em US\$ por barril do tipo Brent<sup>70</sup>, obtidos no website da Energy Information Administration (EIA) do governo dos EUA. Acesso em: [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov) ;
- Preço do gás natural no mercado doméstico ( $GN^B$ ) e ( $GN^N$ ): como *proxy* para esta variável, foi realizada uma média dos preços mensais do gás natural veicular e do gás Liquefeito do Brasil e da Região Nordeste, respectivamente, expresso em R\$ por m<sup>3</sup>, obtidos no website da Agência

---

<sup>70</sup> Será utilizado o petróleo do tipo Brent, por ser considerado como referência internacional para o petróleo.

Nacional do Petróleo (ANP) do governo brasileiro. Acesso em: [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br);

- Preço do gás natural veicular no mercado doméstico (**GNV<sup>B</sup>**) e (**GNV<sup>N</sup>**): estas séries referem-se à média dos preços recebido do produtor e do distribuidor mensal do Brasil e da Região Nordeste, respectivamente. Os dados são expressos em R\$ por m<sup>3</sup>, obtidos no website da Agência Nacional do Petróleo (ANP) do governo brasileiro. Acesso em: [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br);
- Preço do gás natural liquefeito de petróleo no mercado doméstico (**GLP<sup>B</sup>**) e (**GLP<sup>N</sup>**): representado pela média dos preços recebido do produtor e do distribuidor mensal do Brasil e da Região Nordeste, respectivamente, expresso em R\$ por 13kg, obtidos no website da Agência Nacional do Petróleo (ANP) do governo brasileiro. Acesso em: [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br);
- Preço da gasolina no mercado doméstico (**GAS<sup>B</sup>**) e (**GAS<sup>N</sup>**): representado pela média dos preços mensais recebido do produtor e do distribuidor mensal do Brasil e da Região Nordeste, respectivamente, expresso em R\$ por litro, obtidos no website da Agência Nacional do Petróleo (ANP). Acesso em: [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br).

As séries de preços dos combustíveis (GNV, GLP e GAS) referem-se a uma média ponderada da pesquisa<sup>71</sup>, realizada pela ANP, feita nos postos de revenda no Brasil. No presente estudo, optou-se por trabalhar com a média aritmética dos preços ao consumidor e distribuidor, dado à melhor adequação ao estudo. A formação original é dada pelas refinarias, centrais petroquímicas, formuladores e importadores de Gasolina, GNV E GLP. Para se obter o preço final, acrescentam-se os valores dos impostos<sup>72</sup> e da

---

<sup>71</sup>O resultado de pesquisa de preços ao consumidor e distribuidor realizado pela ANP no Brasil, no período de 2001, refere-se a 411 municípios para combustíveis automotivos (GNV e GAS) e de 363 localidades para o GLP. Entretanto, a partir de maio de 2004, a ANP passou a publicar uma nova versão do Levantamento de Preços de Combustíveis, contemplando a ampliação do universo de municípios pesquisados, com a inclusão de 144 novas localidades para combustíveis automotivos e de 192 para o GLP, abrangendo um total de 555 localidades, além de nova apresentação dos resultados das pesquisas por porte de municípios e por capitais (ANP, 2007).

<sup>72</sup>Ressalta-se que são incluídas as parcelas da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE), instituída pela Lei nº. 10.336, de 19/12/2001, e alterada pelo Decreto nº. 4.565, de 01/01/2003, do ICMS e dos Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP), além do Financiamento da Seguridade Social - COFINS, conforme a Lei nº. 9.990, de

taxa de lucros dos postos revendedores (ANP, 2004). Entretanto, não está incluído nas séries o valor dos impostos e da tarifa de transporte para análise e estimação das séries. As estimações das séries serão realizadas por meio do Programa *Regression Analysis Time Series* (RATS), versão 6.1 e *Eviews* versão 5.0. Ressalta-se que as séries foram suavizadas pelo método X-11 ARIMA.

Desta forma, antes da aplicação da metodologia dos modelos ARMAX e TAR é necessário realizar alguns procedimentos de séries temporais fundamentais para a estimação dos modelos, tais como, a verificação da estacionariedade das séries e teste de causalidade de Granger.

#### 4.3.1 Teste de Raiz Unitária

O primeiro passo no tratamento de séries temporais é verificar se as variáveis exibem um comportamento estacionário, ou seja, se apresentam média e variância constante e covariância entre dois períodos de tempo dependente apenas da distância entre estes períodos. Tecnicamente, faz-se o uso dos testes de raízes unitárias para verificar a condição ou não de estacionariedade das séries. Na literatura empírica, o método mais comum para realização do teste de raiz unitária é o de Dickey e Fuller (1979). Segundo Enders (2004) esse teste pode ser feito pela seguinte equação:

$$\Delta y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (54)$$

Nesse teste, admite-se como hipótese nula a presença de raiz unitária, isto é, série não-estacionária ( $H_0 : \delta = 0$ ) contra a hipótese alternativa de série estacionária ( $H_a : |\delta| < 0$ ). Intuitivamente, este teste é utilizado quando o termo de erro  $\varepsilon_t$  é autocorrelacionado. Destaca-se que o número de termos de diferenças defasadas a ser incluídos no modelo é determinado pelos critérios de *Akaike* (AIC) e de *Schwarz* (SBC).

No entanto, na presença de mudança estrutural nas séries temporais, o resultado encontrado pelo teste de Dickey-Fuller Aumentado, pode não ser consistente com o

verdadeiro comportamento da série em estudo. A literatura empírica [ver, por exemplo, Perron (1989) e Zivot e Andrews (1992)] enfatiza que, diante de tais mudanças, esse teste torna-se viesados no sentido da não rejeição da presença de raiz unitária. Neste caso, para contornar esse problema, adota-se, o teste de quebra estrutural de Zivot e Andrews (1992) para averiguar se ocorre uma mudança de nível na série analisada.

A intuição do teste é considerar o ponto de mudança estrutural como endógena, ou seja, testa-se a hipótese nula de raiz unitária (com intercepto, o que excluiria qualquer mudança estrutural) contra a hipótese alternativa de estacionariedade com mudança estrutural (quebra no processo estacionário em torno de uma tendência) para algum ponto no tempo não conhecido<sup>73</sup>. O momento da quebra  $(T_B)$ <sup>74</sup> foi definido como aquele que minimiza a estatística  $t$  do parâmetro autoregressivo, isto é, o objetivo é estimar o ponto de quebra que maximiza a possibilidade de se rejeitar a hipótese nula (ZIVOT; ANDREWS, 1992).

Desta forma, as equações do teste seguem as adotadas por Perron (1989), exceto que agora a variável *dummy*  $D(TB)$ , está ausente, já que nos três modelos a hipótese nula considerada, refere-se:

$$Y = \mu + Y_{t-1} + e_t \quad (55)$$

Onde, deve-se escolher um ponto de quebra estrutural que fornece o menor resultado favorável para a hipótese nula utilizando-se a estatística  $t_{\hat{\alpha}^i}(\lambda)$ , ou seja,  $\lambda$  é escolhido para minimizar a estatística unilateral *t-Student* por testar se,  $\alpha^i = 1$  com  $i=A, B, C$ , quando os valores pequenos da estatística conduzem para a rejeição da hipótese nula. A partir do modelo de hipótese nula definido na equação anterior, os autores utilizam para testar a presença de raiz unitária através das seguintes equações:

$$Y_t = \hat{\mu}^A + \hat{\theta}^A DU_t(\hat{\lambda}) + \hat{\beta}^A t + \hat{\alpha}^A Y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \hat{c}_j \Delta Y_{t-j} + \hat{e}_t \quad (56)$$

$$Y_t = \hat{\mu}^B + \hat{\beta}^B t + \hat{\gamma}^B DT_t^*(\hat{\lambda}) + \hat{\alpha}^B Y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \hat{c}_j \Delta Y_{t-j} + \hat{e}_t \quad (57)$$

<sup>73</sup> De acordo com Perron (1989) as datas de quebra consideradas foram escolhidas *ex-ante* e não modificada *ex-post*, e que tais resultados estavam relacionados a eventos exógenos para os quais a teoria econômica sugeria resultados semelhantes.

<sup>74</sup> Destaca-se que o ponto de quebra estrutural é fixado no teste de Perron (1989).

$$Y_t = \hat{\mu}^C + \hat{\theta}^C DU_t(\hat{\lambda}) + \hat{\beta}^C t + \hat{\gamma}^C DT_t^*(\hat{\lambda}) + \hat{\alpha}^C Y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \hat{c}_j \Delta Y_{t-j} + \hat{e}_t \quad (58)$$

Sendo,  $DU_t(\lambda) = 1$  se  $t > T\lambda$ , 0 caso contrário e,  $DT_t^*(\lambda) = t - T\lambda$  se  $t > T\lambda$ , 0 caso contrário. Logo, rejeita-se a hipótese nula de raiz unitária se,  $\inf_{\lambda \in \Lambda} t_{\hat{\alpha}^i}(\lambda) < k_{\text{inf}, \alpha}^i$ ,  $i=A, B, C$ , sendo que  $k_{\text{inf}, \alpha}^i$  representa o tamanho  $\alpha$  do valor crítico da distribuição assintótica de  $\inf_{\lambda \in \Lambda} t_{\hat{\alpha}^i}(\lambda)$ . Ressalta-se que os parâmetros de  $\lambda$  nas equações (56), (57) e (58) referem-se aos valores estimados da quebra estrutural.

#### 4.3.2 Teste de Causalidade de Granger

No estudo das relações entre duas variáveis econômicas, uma questão central refere-se à existência de uma relação causal, unidirecional ou bidirecional entre as mesmas. Existem na literatura empírica, diversos exemplos, em que duas variáveis apresentam uma evolução altamente correlacionada, mas que não necessariamente exista uma relação de causalidade entre as mesmas. Nesse sentido, um passo fundamental no estudo da análise de transmissão entre variáveis econômicas é buscar identificar esta relação de causalidade.

Nesta pesquisa, o teste de causalidade é utilizado para captar uma possível indicação do sentido da causalidade entre as séries. O teste segue a metodologia proposta por Granger (1969). De acordo com o teste, as informações relevantes para a previsão de duas variáveis estão contidas somente nas séries de tempo sobre essas duas variáveis<sup>75</sup>. Considerando duas séries de tempo,  $X_t$  e  $Y_t$ , a série de tempo  $X_t$  causa no sentido de Granger a série  $Y_t$  se melhores previsões estatisticamente significantes de  $Y_t$  possam ser obtidas ao se incluir valores defasados de  $X_t$  aos valores defasados de  $Y_t$  (GRANGER, 1969). Formalmente, o teste envolve estimar as seguintes equações:

<sup>75</sup> Gujarati (2006) enfatiza que a realização do teste de causalidade de Granger deve ser realizada nas variáveis em nível, atentando-se para seus pressupostos básicos de que as variáveis testadas são estacionárias, ou seja, suas propriedades estocásticas não variam ao longo do tempo e, o futuro não causa o presente e o passado, tendo-se em vista o número de defasagem escolhida pode influenciar a direção da causalidade.

$$X_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_j X_{t-j} + \varepsilon_{1t} \quad (59)$$

$$Y_t = \sum_{i=1}^m \lambda_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^m \delta_j X_{t-j} + \varepsilon_{2t} \quad (60)$$

Onde,  $\varepsilon_{1t}$  e  $\varepsilon_{2t}$  são resíduos não correlacionados. A equação (59) postula que  $Y_t$  está relacionado aos seus próprios valores passados e aos valores da série  $X_t$ ; o mesmo raciocínio é válido para a equação (60). A partir dos resultados dessas duas regressões, Granger (1969) postula quatro possibilidades, quais sejam:

- a) causalidade unidirecional de  $Y_t$  para  $X_t$ : quando os coeficientes estimados na equação (59) para a variável defasada  $Y_t$  são estatisticamente diferentes de zero ( $\sum \alpha_i \neq 0$ ), e quando o conjunto de coeficientes estimados para os  $X_t$  defasados, na equação (60) não forem estatisticamente diferentes de zero ( $\sum \delta_i = 0$ );
- b) causalidade unidirecional de  $X_t$  para  $Y_t$ : quando o conjunto de coeficientes de  $Y_t$  defasados, na equação (59) não for estatisticamente diferente de zero ( $\sum \alpha_i = 0$ ) e o conjunto de coeficientes defasados para a variável  $X_t$  na equação (60) for estatisticamente diferente de zero ( $\sum \delta_i \neq 0$ );
- c) bicausalidade: quando os conjuntos de coeficientes de  $X_t$  e  $Y_t$  forem estatisticamente significativos e diferentes de zero em ambas as regressões; e
- d) independência: quando em ambas as regressões, os conjuntos de coeficientes defasados de  $X_t$  e  $Y_t$  não forem estatisticamente significativos nas duas regressões, isto é diferentes de zero.



# 5

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

---

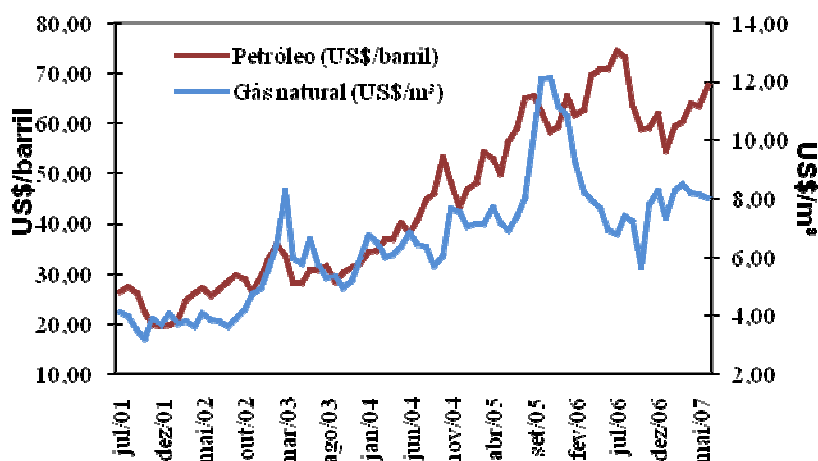
Neste capítulo, apresentar-se-á e analisar-se-á um conjunto de resultados que buscarão contribuir para o entendimento do comportamento dos preços do gás natural no mercado internacional, sua transmissão para o mercado doméstico (Brasil e Nordeste) e a trajetória ascendente e descendente com seus respectivos efeitos. O capítulo está estruturado em quatro partes: a) uma apresentação da trajetória dos preços do petróleo (PET), gasolina (GAS), gás natural (GN), gás natural veicular (GNV) e gás natural liquefeito de petróleo (GLP), nos mercados considerados; b) investiga-se a inter-relação entre os preços através da estimação dos modelos de séries temporais lineares ARMAX, com o intuito de averiguar: a transmissão entre os preços via setores (gás natural, petróleo e gasolina); c) verifica-se a relação assimétrica dos preços através dos modelos não lineares de séries temporais TAR nos mercados internacionais e domésticos; e, d) apresentam-se os resultados da inter-relação entre os mercados e as inferências com estes resultados econométricos sobre o comportamento dos preços para o mercado de gás natural no Brasil e no Nordeste.

### 5.1 Análise da trajetória dos preços nos mercados internacional e doméstico

A partir de janeiro de 2002 observou-se, no Brasil, uma alteração no mercado do petróleo e derivados, incluindo o gás natural, por meio de uma nova política de preços. O comportamento das séries após a liberalização dos preços revela uma trajetória de crescimento mais acentuada em todos os produtos: petróleo, gás natural e gasolina, durante todo o período analisado (vide Figuras 10 a 15).

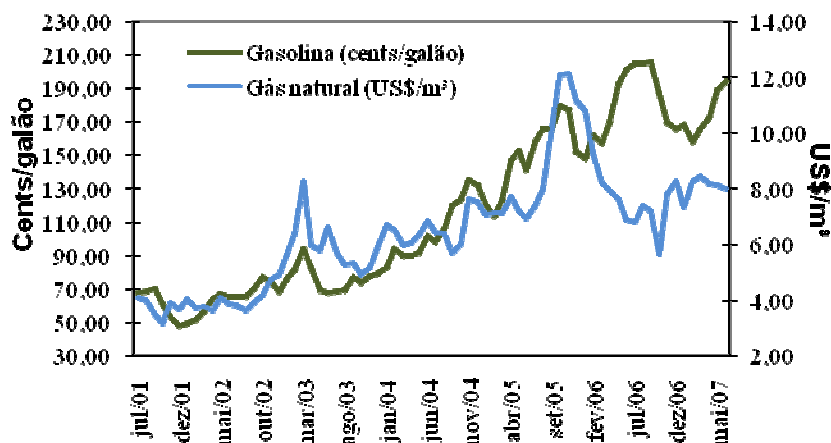
Confrontando-se os dados dos preços do petróleo e do gás natural no cenário internacional, verifica-se que em julho de 2007 as séries apresentaram um crescimento de 61% e 49% em relação ao mesmo período de 2001, passando de US\$ 26,42/b e US\$ 4,1/m<sup>3</sup> para US\$ 67,49/b e US\$ 7,99/m<sup>3</sup>, respectivamente. A alta nos preços do petróleo durante este período ocorreu devido às tensões geopolíticas no cenário internacional,

especialmente após a invasão do Iraque, instabilidades na Venezuela, bem como pelo crescimento da demanda mundial que levaram os preços do produto desde meados de 2003 a patamares superiores aos US\$ 30,00 por barril. Ressalta-se que em alguns meses do período analisado, as *commodities* apresentaram relações inversas, sobretudo no ano de 2006.



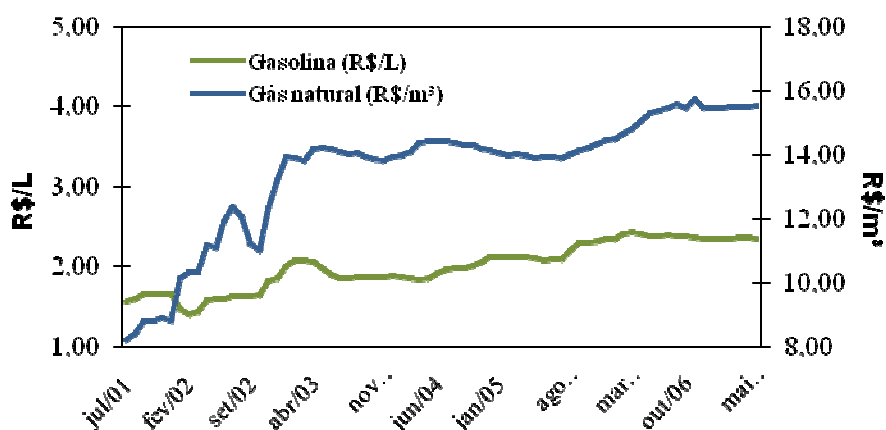
**Figura 8:** Preço *Spot* do petróleo e gás natural no mercado internacional de 2001 a 2007.  
**Fonte:** Dados compilados do EIA.

Em relação ao comportamento dos preços da gasolina, observa-se na Figura 8 que a série acompanha a trajetória de crescimento verificada nos preços do petróleo, com um crescimento de 65% no período de julho de 2007 em relação ao mesmo período de 2001.



**Figura 9:** Preço *Spot* da gasolina e gás natural no mercado internacional de 2001 a 2007.  
**Fonte:** Dados compilados do EIA.

No cenário doméstico<sup>76</sup>, verifica-se que os preços do gás natural e da gasolina, tanto no Brasil (Figura 10) quanto na Região Nordeste<sup>77</sup> (Figura 11), seguem o comportamento de alta do cenário internacional. Os preços do gás natural comercializado no Brasil apresentaram crescimento de 47% no período analisado, onde passaram de R\$ 8,22/m<sup>3</sup> no mês de julho de 2001(período em que os preços estavam totalmente regulados pelo governo) para R\$ 15,53/m<sup>3</sup> no mesmo período de 2007 (pós-liberalização).



**Figura 10:** Preço Spot da gasolina e gás natural no mercado Brasileiro de 2001 a 2007.  
**Fonte:** Dados compilados da ANP.

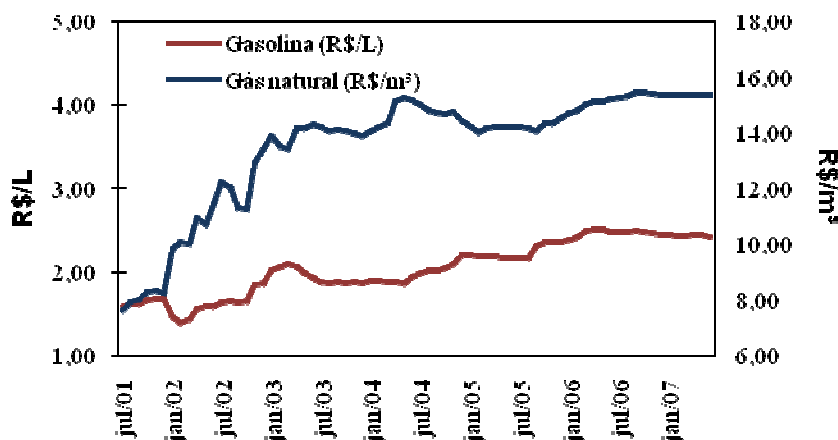
Os preços da gasolina, por sua vez, passaram de R\$ 1,57/l, em média, no mês de julho de 2001, para cerca de R\$ 2,35/l no mesmo período de 2007, representando um crescimento de 33%, indicando uma tendência de alta desde a liberalização dos preços no início de 2002, conforme Figura 9.

No que diz respeito à região Nordeste, percebe-se que os preços do gás natural e da gasolina apresentaram trajetórias semelhantes após o período de liberalização do mercado de petróleo e derivados, onde passaram de R\$7,61/m<sup>3</sup> e R\$ 1,58/l no mês de

<sup>76</sup> No cenário doméstico verifica-se que o preço do gás natural é composto, fundamentalmente, por duas parcelas, uma referente à *commodity* e outra denominada tarifa de transporte. A análise realizada nesta seção é limitada na parcela da *commodity* e na relação com os preços de outros combustíveis no mercado doméstico e internacional. Entretanto, os impostos não são ignorados como parcela importante na composição dos preços do gás natural no Brasil. Acredita-se, que suas alíquotas permanecem estáveis por períodos de tempo razoavelmente longos (ao menos em comparação com o período de tempo em análise). Portanto, não é de se esperar uma contribuição dos impostos para as relações de assimetria e transferência nos preços do gás natural no mercado brasileiro.

<sup>77</sup> A Região Nordeste, refere-se aos seguintes estados: para o GN e GNV, Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe; e para o GAS e GLP, além destes Estados acrescentam-se o Maranhão e o Piauí (ANP, 2007).

julho de 2001 para R\$15,37/m<sup>3</sup> e R\$ 2,42/l no mesmo período de 2007, representando um crescimento de 50,5% e 35%, no período analisado.



**Figura 11:** Preço Spot da gasolina e gás natural no mercado do Nordeste de 2001 a 2007.

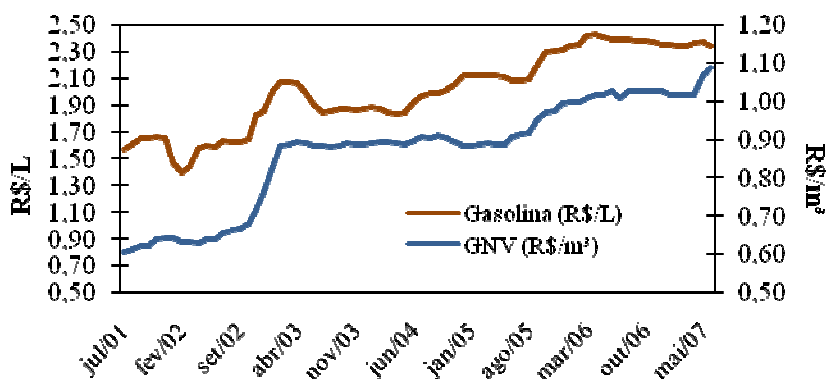
**Fonte:** Dados compilados da ANP.

Ressalta-se que a Região Nordeste assume importância crescente no contexto atual, onde há uma preocupação maior quanto à volatilidade dos preços do gás natural no cenário nacional, devido, sobretudo a política energética de inserção e ampliação do gás natural na matriz energética. Deste modo, os preços apresentam-se como o fator de maior instabilidade dessa indústria, inibindo a entrada de novos ofertantes e limitando a expansão das infra-estruturas e do consumo desse setor tanto no mercado nacional quanto em âmbito regional. Neste cenário, a relevância de estudos na Região Nordeste é crescente diante tanto da estratégia de inserção e ampliação do gás natural quanto pela vulnerabilidade que a economia brasileira possui face às cotações internacionais de petróleo.

Ainda em relação aos preços do gás natural, analisaram-se as séries dos preços do gás natural veicular (GNV)<sup>78</sup> e do gás natural liquefeito de petróleo (GLP), no Brasil e na Região Nordeste, ambos em relação a gasolina. A escolha do GNV e GLP à análise deve-se a política de preços dos derivados no Brasil que privilegiou os consumidores de GLP, cujos preços, incidiram taxas inferiores à dos demais derivados e pelo fato do mercado de GNV no país e no Nordeste ainda se encontrar em crescimento.

<sup>78</sup> Ressalta-se que o GNV somente é comercializado em alguns municípios das Regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil.

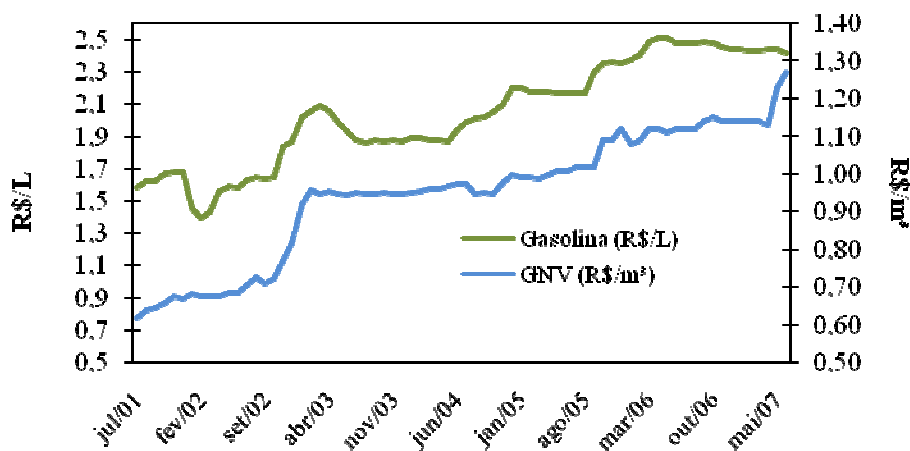
A figura 12 mostra que os preços do GNV e da gasolina no Brasil apresentam padrões parecidos, porém, com relações inversas em poucos períodos, como os verificados nos meses de 2005, sugerindo que de forma geral, os preços da gasolina constituem-se em uma variável significativa para o estudo do comportamento dos preços do gás natural.



**Figura 12:** Preço *Spot* da gasolina e do GNV no mercado Brasileiro de 2001 a 2007.

**Fonte:** Dados compilados da ANP.

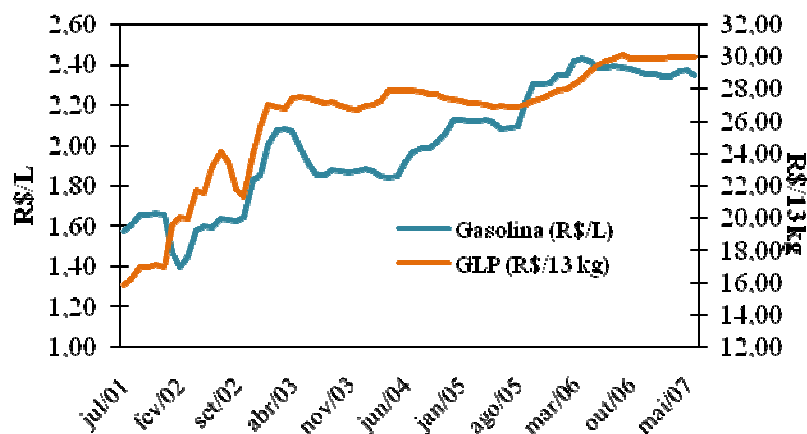
Na Figura 13, constata-se que os preços do GNV na Região Nordeste apresentaram trajetória semelhante a do mercado nacional. Entretanto, com valores significativamente superiores a partir de 2003. Observa-se que o preço deste combustível, apresentou no período de julho de 2001 a julho de 2007, valores de R\$ 0,61/m<sup>3</sup> e R\$ 1,27/m<sup>3</sup>, respectivamente, representando um crescimento de 51% em todo o período.



**Figura 13:** Preço *Spot* da Gasolina e do GNV no mercado do Nordeste de 2001 a 2007.

**Fonte:** Dados compilados da ANP.

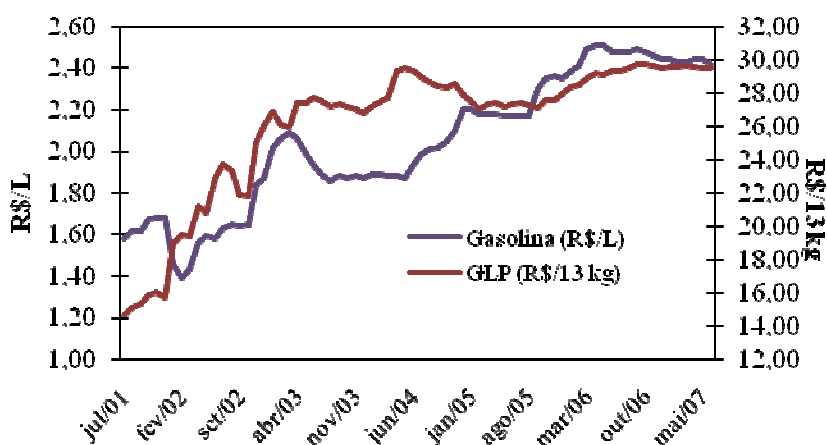
No que diz respeito aos preços do GLP, verifica-se que a trajetória também é crescente ao longo do período analisado, porém com pequenas oscilações de queda desta trajetória, tanto no Brasil quanto na Região Nordeste (Figuras 14 e 15).



**Figura 14:** Preço Spot do GLP e Gasolina no mercado Brasileiro de 2001 a 2007.

**Fonte:** Dados compilados da ANP.

Comparando-se os preços do GLP, constata-se que os preços praticados no Brasil são ligeiramente superiores aos verificados na Região Nordeste, com exceção, do período de janeiro de 2004 a janeiro de 2005. Verifica-se que o aumento dos preços do GLP neste período decorre, principalmente, do aumento dos preços de distribuição e dos problemas de abastecimento de algumas regiões do Brasil.



**Figura 15:** Preço Spot do GLP e Gasolina no mercado do Nordeste de 2001 a 2007.

**Fonte:** Dados compilados da ANP.

Confrontando-se a série do GLP com os dados da gasolina, percebe-se através das Figuras 14 e 15 que os preços tanto no Brasil quanto na Região Nordeste seguem praticamente a mesma trajetória de crescimento, haja vista as oscilações dos preços ao longo do período analisado.

## 5.2 Investigação da transmissão entre os preços

O procedimento empírico para testar a transmissão de preços entre mercados precede de uma avaliação estatística das séries. O primeiro procedimento realizado foi testar a estacionariedade<sup>79</sup> das séries, ou seja, verificar como o processo estocástico gerador das séries se comporta ao longo do tempo [equação (54) do item 4.3.1]. As Tabelas 1 e 2 sumarizam os resultados dos testes de raiz unitária<sup>80</sup> de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), bem como, os resultados da estatística Q de Ljung-Box para as séries dos preços das commodities do mercado internacional e nacional, respectivamente. Os *lags* foram selecionados pelos critérios de informação de Akaike (*AIC*) e critério Bayesiano de Schwartz (*SBC*).

Observa-se, na Tabela 1, que todos os níveis de significância dos valores calculados da estatística Q(8) são inferiores a 0,05, indicando que, conjuntamente os oito primeiros resíduos de cada regressão estimada encontram-se auto correlacionados.

O teste ADF evidencia que todas as séries testadas possuem raiz unitária, havendo a necessidade de diferenciá-las<sup>81</sup>. Isso mostra que, uma vez submetidas a choques não antecipados no cenário internacional, os preços podem apresentar trajetórias de resposta com impactos persistentes e/ou explosivo como descrito na seção 4.3.1. Por sua vez, as séries tornam-se estacionárias em primeira diferença ao nível de 5% de significância estatística e, portanto são integradas de ordem I(1). Nota-se que ao

---

<sup>79</sup> A não-estacionariedade de um processo estocástico é uma consequência da existência de raiz unitária no processo auto-regressivo que gera a variável. Dessa forma, testes sobre a hipótese de raiz unitária desempenham um papel importante, pois podem auxiliar e avaliar a natureza da não-estacionariedade que a maior parte das séries econômicas apresentam. Além de identificar se as séries exibem movimentos transitórios (não apresentam raiz unitária) ou permanentes (apresentam raiz unitária) em resposta a choques [Ver, Nelson e Plosser (1982)].

<sup>80</sup> Inicialmente, aplicaram-se os testes convencionais do correlograma (ver anexo).

<sup>81</sup> Na análise dos correlogramas (FAC) e (FACP) constata-se que as séries apresentam uma queda lenta na função de autocorrelação, indicando um comportamento não estacionário. Por outro lado, nota-se que ao diferenciar as séries, os correlogramas demonstram que as séries são estacionárias (Tabela A.3 em anexo).

nível I(1), os resíduos conjuntamente em cada equação estimada, são não auto correlacionados (estatística Q (8)) confirmando os resultados do teste ADF.

Séries	I(d)	k	Estatística ADF ( $\tau$ )	Q (8)*	Critério de seleção	
					AIC	SBC
PET <sup>I</sup>	(NÍVEL)	0	-2.8239	525.07 (0.000)	5.22	5.32
	(1ª DIF)	0	-7.8112	7.49 (0.484)	5.35	5.44
GAS <sup>I</sup>	(NÍVEL)	3	-3.3655	518.34 (0.000)	7.14	7.34
	(1ª DIF)	0	-6.4178	20.06 (0.100)	7.27	7.37
GN <sup>I</sup>	(NÍVEL)	0	-2.5888	300.14 (0.000)	2.33	2.43
	(1ª DIF)	0	-7.6190	9.88 (0.273)	2.44	2.53

Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1. Nota: k = número de defasagens do modelo ADF, escolhidos pelo critério AIC e SBC.  $\tau = -3.41$  significativo ao nível de 5%. I(d) = número de diferenças no modelo.\*Os valores entre parênteses referem-se à significância estatística do teste Q de Ljung-Box.

Na tabela 2, constata-se que não se pode rejeitar a hipótese nula de que os preços da gasolina, do gás natural, do GNV e do GLP no mercado brasileiro e na Região Nordeste são não estacionários em nível, dado os valores críticos a 5% de significância apresentarem-se inferiores aos obtidos pelo testes ADF, isto é, elas apresentam uma raiz unitária. Verifica-se, pela estatística Q de Ljung-Box que os resíduos não são ruídos brancos, permitindo a suspeita de não estacionariedade.

Entretanto, ao diferenciar as séries aceita-se a hipótese de estacionariedade, configurando assim a ordem de integração das variáveis como I(1). Verifica-se, através da estatística Q(8) que os resíduos tornam-se não auto correlacionados, isto é, ruído branco. Adicionalmente, devido à possibilidade dos resultados dos testes anteriores estarem enviesados, em razão, sobretudo da ocorrência de possíveis quebras estruturais no período analisado<sup>82</sup>, foi realizado, o teste de raiz unitária na presença de mudança estrutural retratada em Zivot-Andrews (1992) [equação (58) do item 4.3.1].

<sup>82</sup>Ressalta-se que as transformações ocorridas no mercado do petróleo e derivados, incluindo o gás natural a partir de janeiro de 2002, as tensões geopolíticas no cenário internacional em 2003, o crescimento da demanda nos últimos anos, os baixos estoques nos Estados Unidos, as alterações no clima mundial, as



**TABELA 2**  
**Teste de ADF para o Preço da Gasolina, Gás Natural, GNV e GLP no Brasil e na Região Nordeste**

Séries	I(d)	k	Estatística ADF ( $\tau$ )	Q (8)*	Critério de seleção	
					AIC	SBC
<b>Brasil</b>						
GAS <sup>B</sup>	(NÍVEL)	1	-3.208	493.79 (0.000)	-3.3024	-3.1739
	(1ª DIF)	1	-4.918	17.555 (0.248)	-3.1549	-3.0254
GN <sup>B</sup>	(NÍVEL)	0	-2.350	497.01 (0.000)	0.5198	0.6154
	(1ª DIF)	0	-6.776	15.980 (0.426)	0.5779	0.6742
GNV <sup>B</sup>	(NÍVEL)	1	-2.371	526.67 (0.000)	-5.9190	-5.7905
	(1ª DIF)	0	-4.303	39.207 (0.065)	-5.8657	-5.7694
GLP <sup>B</sup>	(NÍVEL)	6	-2.343	493.53 (0.000)	1.6152	1.9163
	(1ª DIF)	5	-3.510	17.334 (0.268)	1.6780	1.9456
<b>Nordeste</b>						
GAS <sup>N</sup>	(NÍVEL)	1	-3.042	511.139 (0.000)	-3.191	-3.062
	(1ª DIF)	0	-5.744	12.905 (0.115)	-3.088	-2.992
GN <sup>N</sup>	(NÍVEL)	0	-2.265	501.046 (0.000)	0.785	0.881
	(1ª DIF)	0	-8.037	18.105 (0.204)	0.873	0.969
GNV <sup>N</sup>	(NÍVEL)	0	-1.898	528.131 (0.000)	-4.691	-4.595
	(1ª DIF)	0	-6.637	6.674 (0.572)	-4.666	-4.570
GLP <sup>N</sup>	(NÍVEL)	0	-2.282	493.536 (0.000)	2.180	2.276
	(1ª DIF)	0	-8.172	17.334 (0.268)	2.269	2.365

Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1. Nota: k = número de defasagens do modelo ADF, escolhidos pelo critério AIC e SBC.  $\tau = -3.41$  significativo ao nível de 5%. I(d) = número de diferenças no modelo. \*Os valores entre parênteses referem-se à significância estatística do teste Q de Ljung-Box.

Neste sentido, a hipótese nula do teste (ZA) é a mesma do teste ADF, porém, o teste (ZA) seleciona endogenamente a quebra, exclui qualquer mudança estrutural, evita

instabilidades políticas no Iraque e na Venezuela e as alterações nos acordos com a Bolívia e etc. podem causar quebras estruturais nas séries, o que pode implicar em não confiabilidade dos resultados de testes de raiz unitária.

arbitrariedades e possíveis vieses quando se seleciona visualmente a data da quebra, uma vez em que são os próprios dados que apontam o momento mais provável de quebra na série. Por outro lado, a hipótese alternativa corresponde à existência de um processo estacionário que permite a ocorrência de uma quebra estrutural.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados das estimações dos testes de raiz unitária com quebra estrutural de Zivot-Andrews para as séries. Inicialmente, os resultados evidenciam que as séries, tanto no mercado internacional quanto a série doméstica e a série da Região Nordeste, aceitam a presença de raiz unitária ao nível de 5%, indicando que as séries utilizadas são não estacionárias em nível. Isto significa que as séries são caracterizadas como “passeios aleatórios”, corroborando os testes de Dickey-Fuller. Logo, torna-se possível afirmar que os choques sofridos pelos preços na economia internacional e doméstica, ao longo do período 2001 a 2007, produzem comportamentos permanentes em nível; para fins de tratamento empírico é necessário estabilizar as séries diferenciando-as.

<b>TABELA 3</b>				
<b>Teste de Quebra-estrutural de Zivot-Andrews para o Preço do Petróleo, Gasolina, Gás Natural, GNV e GLP no mercado Internacional, Brasileiro e na Região Nordeste</b>				
Séries	I(d)	k	Estatística Zivot-Andrews ( $\tau$ )	Quebra
<b>Internacional</b>				
PET <sup>I</sup>	(NÍVEL)	2	-3.7847	2006:08
GAS <sup>I</sup>	(NÍVEL)	2	-4.2462	2005:03
GN <sup>I</sup>	(NÍVEL)	2	-3.7895	2006:02
<b>Brasil</b>				
GAS <sup>B</sup>	(NÍVEL)	2	-3.8567	2002:11
GN <sup>B</sup>	(NÍVEL)	2	-4.4043	2002:11
GNV <sup>B</sup>	(NÍVEL)	2	-5.2777	2002:11
GLP <sup>B</sup>	(NÍVEL)	2	-4.3397	2002:11
<b>Nordeste</b>				
GAS <sup>N</sup>	(NÍVEL)	2	-3.5322	2002:11
GN <sup>N</sup>	(NÍVEL)	2	-4.03778	2002:11
GNV <sup>N</sup>	(NÍVEL)	2	-4.7501	2002:11
GLP <sup>N</sup>	(NÍVEL)	2	-4.0619	2002:11

Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1. Nota: k = número de defasagens.  $\tau = -4.80$  significativo ao nível de 5% e  $\tau = -5.34$  ao nível de 1%.

A segunda constatação que a metodologia de quebra estrutural endógena permite realizar é que as possíveis datas de quebra das séries não variam de forma significativa entre os diversos preços. Observa-se o ano de 2002 para os preços dos combustíveis no mercado brasileiro e na Região Nordeste<sup>83</sup>. Entretanto, o resultado determina que mesmo considerando essas quebras, o teste indica um processo não-estacionário a 95% de confiança.

Após verificar que as variáveis são não estacionárias, mas, integradas de mesma ordem, utilizou-se o teste de causalidade de Granger para analisar a precedência temporal de uma variável sobre a outra [equações (59) e (60) do item 4.3.2]. Inicialmente, realizou-se o teste de Granger, com as variáveis em nível para 2, 4, 6 e 12 defasagens dos pares possíveis e de interesse, entre as variáveis no mercado internacional e doméstico.

As Tabelas 4 e 5 apresentam os resultados do teste de causalidade de Granger para o mercado internacional e doméstico, respectivamente, com a hipótese nula de que a variável (na primeira coluna) não cause, no referido sentido, a variável (na segunda coluna), ao nível de significância de 5%.

<b>TABELA 4</b>			
<b>Teste de Causalidade de GRANGER para o Preço do Petróleo, Gasolina e Gás Natural Internacional</b>			
Variáveis	Variáveis	Estatística F	Nível de Significância
<b>GN<sup>I</sup></b>	GAS <sup>I</sup>	0.28350	0.75407
	<b>PET</b>	<b>5.22810</b>	<b>0.00785</b>
<b>GAS<sup>I</sup></b>	<b>GN<sup>I</sup></b>	<b>3.84466</b>	<b>0.02642</b>
	PET <sup>I</sup>	0.83382	0.43898
<b>PET<sup>I</sup></b>	<b>GN<sup>I</sup></b>	<b>4.00857</b>	<b>0.02282</b>
	<b>GAS<sup>I</sup></b>	<b>86.8927</b>	<b>0.04038</b>

Fonte: Dados da pesquisa. Estimação realizada no Eviews 5.0.

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram as seguintes situações (valores em negrito identificam a rejeição da hipótese nula de que não há causalidade entre as variáveis) no mercado internacional, sejam eles: i) há uma relação de causalidade de Granger mútua entre os preços do petróleo e o gás natural (causalidade é bidirecional), ou seja, o preço do petróleo causa o gás natural e os preços do gás natural causam o

<sup>83</sup> Sugere-se que esta quebra refere-se ao processo de liberalização dos preços do petróleo e derivados no cenário nacional.

preço do petróleo; ii) o preço do gás natural não causa o preço da gasolina (como era de se esperar) e, iii) causalidade do preço da gasolina para o preço do gás natural. O preço do gás natural é influenciado pelo comportamento do preço da gasolina, conforme era esperado, o sentido da causalidade é unidirecional.

A Tabela 5, que apresenta os resultados das relações de causalidade entre os preços no cenário doméstico, revela para os preços do GNV ( $GNV^B$  e  $GNV^N$ ), que este é causado do sentido de Granger pelos preços da gasolina ( $GAS^B$  e  $GAS^N$ ), isto é, há uma relação unidirecional dos preços da gasolina para os preços do GNV, tanto no Brasil quanto na Região Nordeste. Estes resultados são coerentes com os obtidos na análise do cenário internacional. Entretanto, não constatou-se o mesmo resultado entre os preços da gasolina e do GN e GLP, sugerindo a não-causalidade entre as séries no Brasil e na Região Nordeste<sup>84</sup>.

Desta forma, observa-se que no período de 2001 a 2007, há uma significativa integração, no sentido de Granger, entre os preços das *commodities* (petróleo, gasolina e GNV) no cenário internacional. Por sua vez, no cenário nacional esta integração é verificada apenas nos preços da gasolina e GNV. Pode-se inferir de certa forma, através da causalidade de Granger, que os preços do petróleo e da gasolina exercem efeitos instantâneos no comportamento dos preços do gás natural (internacional) e do GNV (doméstico). Entretanto, não se pode ir além destas conclusões uma vez que este teste não informa a extensão do efeito causado no processo gerador dos preços.

Adicionalmente, os resultados encontrados com o estudo da causalidade podem ser complementados com a análise de transmissão entre os preços através do procedimento de transferência de Box e Jenkins (1976). A intenção com esta técnica é dar continuidade a identificação do processo gerador e da extensão dos efeitos, que possam contribuir para a análise de integração dos preços das *commodities* (petróleo, gasolina e gás natural) e da semelhança entre os mercados no cenário internacional e doméstico.

---

<sup>84</sup> “A falta de causalidade não necessariamente implica que um grupo de variáveis não tenha nenhuma relação de causa e efeito” (MAIA, 2001).

**TABELA 5**  
**Teste de Causalidade de GRANGER do Preço da Gasolina, Gás Natural, GNV e GLP no Brasil e na Região Nordeste**

Variáveis	Variáveis	Estatística F	Nível de Significância
<b>Brasil</b>			
	GN <sup>B</sup>	1.133	0.327
<b>GAS<sup>B</sup></b>	<b>GNV<sup>B</sup></b>	<b>1.366</b>	<b>0.026</b>
	GLP <sup>B</sup>	0.980	0.380
GN <sup>B</sup>	GAS <sup>B</sup>	1.086	0.343
	GLP <sup>B</sup>	0.498	0.610
	GNV <sup>B</sup>	1.361	0.263
GNV <sup>B</sup>	GN <sup>B</sup>	1.260	0.290
	GLP <sup>B</sup>	1.191	0.310
	GAS <sup>B</sup>	0.658	0.520
GLP <sup>B</sup>	GN <sup>B</sup>	0.408	0.666
	GNV <sup>B</sup>	1.299	0.279
	GAS <sup>B</sup>	1.034	0.361
<b>Nordeste</b>			
<b>GAS<sup>N</sup></b>	GN <sup>N</sup>	0.117	0.888
	<b>GNV<sup>N</sup></b>	<b>3.496</b>	<b>0.036</b>
	GLP <sup>N</sup>	0.091	0.912
GN <sup>N</sup>	GAS <sup>N</sup>	1.561	0.217
	GLP <sup>N</sup>	0.844	0.434
	GNV <sup>N</sup>	0.863	0.426
GNV <sup>N</sup>	GN <sup>N</sup>	0.745	0.478
	GLP <sup>N</sup>	0.689	0.505
	GAS <sup>N</sup>	0.620	0.540
GLP <sup>N</sup>	GN <sup>N</sup>	1.788	0.175
	GNV <sup>N</sup>	0.868	0.424
	GAS <sup>N</sup>	1.581	0.213

Fonte: Dados da pesquisa. Estimação realizada no Eviews 5.1.

Nas Tabelas de 6 a 9 são apresentados os resultados da transmissão entre os preços nos mercado internacional e doméstico, respectivamente. A estimação do modelo empírico definido pelo processo ARMAX<sup>85</sup> [ver, seção 4.1, equação (35)], teve como base o processo de pré-branqueamento das séries, nos modelos ARIMAs e no

<sup>85</sup>A determinação do número auto-regressivo de médias móveis (ARIMA) de ordem  $(p,d,q)$  foi detectado através do correlograma das séries em primeira diferença (vide Tabela 3, 4 e 5 em anexo). A partir destes valores passou-se a etapa da estimação e checagem dos modelos candidatos. Pode-se observar que os modelos selecionados (nas Tabelas A.6 e A.7 em anexo) apresentaram comportamento estável dos resíduos e com base nos critérios do teste Q de Ljung-Box-Pierce, nos critérios de parcimônia de AIC (Akaike Information Criterion) e SBC (Schwartz Bayesian Criterion) e no erro quadrado médio de previsão, foi realizada a escolha dos modelos finais (em negrito).

correlograma das correlações cruzadas (Tabelas A.8, A.9 e A.10 em anexo). Ressalta-se, que para a obtenção do melhor ajustamento, as estatísticas " $t$ ",  $R^2$  e  $Q$  (Box-Pierce) foram os critérios de seleção adotado entre os vários modelos alternativos.

De acordo com os resultados verifica-se, que no mercado internacional as variações nos preços do petróleo são transmitidas em duas parcelas para o preço do gás natural. O primeiro impacto acontece com defasagem temporal de dois períodos, com um impacto de US\$ 0,0217/m<sup>3</sup> para cada mudança temporal. Posteriormente, o segundo impacto ocorre com uma defasagem de um mês relativamente ao impacto inicial e com maior intensidade (US\$ 0,0307/m<sup>3</sup>). Deste modo, a variação de US\$ 1/m<sup>3</sup> nos preços do petróleo no mercado internacional é transferida em cerca de US\$ 0,0524/m<sup>3</sup> sobre os preços do gás natural ao levar-se em conta a soma dos dois impactos. Em relação ao preço da gasolina, verifica-se uma transmissão instantânea e dividida, assim como o petróleo, em duas parcelas para o preço do gás natural, totalizando um impacto de US\$ 0,044 cents/m<sup>3</sup> dado uma variação de US\$ 1 nos preços da gasolina.

<b>TABELA 6</b>		
<b>Estatística do modelo de função de transferência dos preços no mercado internacional</b>		
	<b>Transf. de preço do petróleo para o preço do gás natural</b>	<b>Transf. de preço da gasolina para o preço do gás natural</b>
$\omega_0$	-	0.0274 (2.705)*
$\omega_1$	-	-0.0171 (1.219)**
$\omega_2$	-0.0217 (2.750)*	-
$\omega_3$	0.0307 (0.872) <sup>NS</sup>	-
$\delta_1$	0.2107 (0.196) <sup>NS</sup>	-0.5277 (-2.332) <sup>NS</sup>
Q	14.565 (0.4085)	11.004 (0.7522)
AIC	256.76576	253.43722
SBC	267.78922	264.60776
$R^2$	0.84	0.98

Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1. Nota: os valores entre parênteses referem-se à estatística t-student. (\*) significativo a 5%; (\*\*) significativo a 10\* (<sup>NS</sup>) não significativo.

A Tabela 7 apresenta o resultado do cálculo das elasticidades de transmissão dos preços de curto e longo prazo, para os mercados de petróleo para o gás natural e do mercado de gasolina para o gás natural [conforme as expressões (39) e (40), seção 4.1].

<b>TABELA 7</b>		
<b>Elasticidade de transmissão de Preços no mercado internacional</b>		
<b>Elasticidade</b>	<b>Transf. de preço do petróleo para o preço do gás natural</b>	<b>Transf. de preço da gasolina para o preço do gás natural</b>
$\varepsilon_{CP}$	0,052	0,044
$\varepsilon_{LP}$	0,065	0,093

Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

De acordo com os resultados, observa-se que os preços do gás natural absorvem lentamente, tanto os impactos das variações nos preço do petróleo quanto da gasolina no mercado internacional. Nota-se que as elasticidades de curto e longo prazo oriundos das *commodities* são menores que a unidade e positivas, isto é, inelásticas; confirmando a noção de substitubilidade com relação ao gás natural. Isto indica que um aumento de 1% nos preços do petróleo e da gasolina ocasiona um aumento de 0,052% e 0,044%, no curto prazo e de 0,065% e 0,093% no longo prazo nos preços do gás natural, respectivamente.

Na tabela 8 são apresentados os resultados do modelo ARMAX para o Brasil e Nordeste. Observa-se, que as variações de preços da gasolina no mercado brasileiro, são transmitidas em pequenas parcelas para o preço do gás natural, assim como, verificado no mercado internacional. Porém, com um impacto maior. O primeiro impacto acontece com defasagem temporal de um período, representando um impacto de R\$1,15m<sup>3</sup>.

Posteriormente, o segundo impacto ocorre com defasagem de um mês relativamente ao impacto principal e com menor intensidade (R\$ 1,02/m<sup>3</sup>) e o no terceiro mês observa-se um impacto de R\$1,65/m<sup>3</sup>. Este resultado pode estar relacionado ao papel da Petrobrás, que procura avaliar o comportamento dos preços dos combustíveis, e considerando a política de preços do gás natural, não repassa integralmente o aumento (ou queda) dos preços da gasolina para o gás natural, em função, por exemplo, de custos de transporte do produto, mercado consumidor etc.

No que se refere à transferência dos preços da gasolina para o GNV, observa-se que as variações são transmitidas em duas parcelas iguais de R\$ 0,05/m<sup>3</sup>. Na análise da

relação entre os preços da gasolina e do GLP, verifica-se que as variações são divididas em quatro parcelas: R\$ 0,11/m<sup>3</sup> no primeiro mês; R\$1,74/m<sup>3</sup> no segundo mês posterior ao aumento; R\$ 1,89/m<sup>3</sup> no terceiro período e R\$ 2,19/m<sup>3</sup> no período imediatamente posterior ao último aumento.

Em relação à Região Nordeste, observa-se que as variações nos preços da gasolina são transmitidas em duas etapas, uma instantânea e a outra de efeito secundário, para os preços do gás natural e GLP, conforme Tabela 8. Destaca-se que a transmissão para os preços do GLP nos dois meses apresentam um impacto significativamente superior ao efeito transmissão dos preços verificados no Brasil e no mercado internacional. No que tange a transmissão entre a gasolina e o GNV, verifica-se que os choques nos preço da gasolina não se esgotou imediatamente nesta série, tendo reflexos instantaneamente e em três meses posteriores.

	Brasil			Região Nordeste		
	Transf. de preço da GAS <sup>B</sup> para o preço do GN <sup>B</sup>	Transf. de preço da GAS <sup>B</sup> para o preço do GNV <sup>B</sup>	Transf. de preço da GAS <sup>B</sup> para o preço do GLP <sup>B</sup>	Transf. de preço da GAS <sup>N</sup> para o preço do GN <sup>N</sup>	Transf. de preço da GAS <sup>N</sup> para o preço do GNV <sup>N</sup>	Transf. de preço da GAS <sup>N</sup> para o preço do GLP <sup>N</sup>
$\omega_0$	-	-	-	0.4748 (0.569) <sup>*</sup>	0.1641 (2.803) <sup>*</sup>	5.4990 (3.548) <sup>*</sup>
$\omega_1$	1.1563 (1.290) <sup>**</sup>	0.0514 (1.826) <sup>*</sup>	-0.1150 (-0.070) <sup>NS</sup>	-0.2011 (-0.239) <sup>*</sup>	0.2129 (2.583) <sup>*</sup>	-3.572 (-1.442) <sup>*</sup>
$\omega_2$	1.0251 (1.140) <sup>**</sup>	-0.0543 (-1.892) <sup>*</sup>	1.7479 (1.070) <sup>*</sup>	-	0.1965 (2.408) <sup>*</sup>	-
$\omega_3$	-1.6589 (-2.077) <sup>NS</sup>	-	1.0896 (0.678) <sup>NS</sup>	-	0.1630 (2.772) <sup>*</sup>	-
$\omega_4$	-	-	-2.1915 (-1.405) <sup>*</sup>	-	-0.9257 (-3.650) <sup>*</sup>	-
$\delta_1$	0.3888 (0.821) <sup>*</sup>	1.0118 (29.944) <sup>NS</sup>	-0.1381 (-1.325) <sup>**</sup>	0.9665 (19.937) <sup>NS</sup>	-0.6425 (-2.550) <sup>*</sup>	0.2843 (0.558) <sup>*</sup>
$\delta_2$	0.5519 (1.279) <sup>**</sup>	-	1.0716 (9.288) <sup>NS</sup>	-	0.5748 (0.487)	-
Q	8.691 (0.7290)	7.527 (0.8208)	7.217 (0.6145)	21.632 (0.086)	7.3742 (0.8818)	8.1699 (0.225)
AIC	118.080	-312.592	138.889	158.686	-214.452	165.533
SBC	137.787	-299.187	164.414	172.003	-194.745	193.800
R <sup>2</sup>	0.96	0.99	0.97	0.95	0.98	0.97
Ajustado						

Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1. Nota: os valores entre parênteses referem-se à estatística t-student. (°) Significativo a 5%; (\*\*)significativo a 20%;(NS) não significativo.



A princípio o estudo evidencia que o repasse de preços entre as *commodities* não são imediatos, mas levam tempo, em função da presença de informações imperfeitas (*ceteris paribus*), evidenciando um comportamento assimétrico das variações de preços na integração dos mercados a nível internacional e doméstico.

Na tabela 9, são destacados os resultados das elasticidades de transmissão da gasolina para o preço do GN, GNV e GLP no cenário doméstico. Nota-se que os preços do gás natural e GLP no Brasil, apresentam alta sensibilidade aos choques da gasolina tanto no curto quanto no longo prazo. Assim, os choques nos preços da gasolina praticados no Brasil, no período de 2001 a 2007, mostraram-se significativos nos preços do gás natural e nos preços do GLP.

A alta sensibilidade dos preços do gás natural aos preços da gasolina no período analisado pode por um lado, ter um impacto positivo, dado que a gasolina tende a seguir um padrão homogêneo para garantir a competitividade do produto nas diferentes regiões e, por outro lado, poderá ter um impacto negativo, nos períodos de alta volatilidade do petróleo e queda de estoque. Resultado oposto ao apresentado no cenário internacional, que apresentou baixa sensibilidade aos preços da gasolina.

**TABELA 9**  
**Elasticidade de transmissão de Preços no mercado doméstico**

<b>Elasticidade</b>	<b>Transferência de preço da Gasolina para o preço do Gás natural</b>	<b>Transferência de preço da Gasolina para o preço do GNV</b>	<b>Transferência de preço da Gasolina para o preço do GLP</b>
<b>Brasil</b>			
$\varepsilon_{CP}$	3,840	0,622	5,144
$\varepsilon_{LP}$	9,877	52,762	72,450
<b>Nordeste</b>			
$\varepsilon_{CP}$	0,675	1,662	9,071
$\varepsilon_{LP}$	20,454	7,648	41,744

Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

Entretanto, verifica-se que os preços do GNV apresentam uma inelasticidade-preço no curto prazo, assim como no mercado internacional e uma elasticidade-preço no

longo prazo. Isto sugere que uma alta de 1% nos preços da gasolina ocasionará um impacto de 0,62% nos preços do GNV, no curto prazo e de 52,76% no longo prazo.

Em relação às magnitudes na Região Nordeste, constata-se que o GN, GNV e GLP apresentam preços elásticos, indicando uma alta sensibilidade aos preços da gasolina, com exceção dos preços do GN no curto prazo, apresentam-se inelásticos.

Estes resultados podem estar relacionados ao fato de que os agentes do mercado da Região Nordeste procuram avaliar o comportamento dos preços na Região Sudeste, considerando um diferencial de fretes entre as regiões, para formar o seu preço de venda. Adicionalmente, pode-se enfatizar que em âmbito regional os preços tornam-se também mais dependentes da disponibilidade da *commodity*, devido, sobretudo, a Região Nordeste apresentar-se com uma rede limitada de distribuição e desvinculada com o restante do país.

De forma geral, verifica-se que as *commodities* (gasolina e GN, GNV e GLP) são integradas tanto no mercado internacional quanto no mercado doméstico, sugerindo através da elasticidade de longo prazo, que as transmissões de preços podem ser diferentes das transmissões de decréscimos em intensidade, após o mercado ajustar-se completamente, enquanto a elasticidade de curto prazo mostra que as transmissões dos acréscimos de preços podem diferir das dos decréscimos, não só em intensidade como também no período de transmissão.

Neste caso, constatou-se que as informações de preço de uma *commodity* para outra são transmitidas no mesmo período na Região Nordeste, assim como verificado no mercado internacional, enquanto a transmissão no mercado brasileiro ocorre no período de um mês, ou seja, existe defasagem temporal para a transmissão de informações.

Esse fato pode refletir o papel da Petrobrás como mediadora dos preços no mercado de gás natural, impedindo pelo menos no curtíssimo prazo, uma completa transmissão de choques de outros combustíveis para o gás natural. Neste caso, devido à informação assimétrica entre os agentes, a reposta dos agentes toma a forma de uma redução (aumento) na produção e/ou no consumo, pois, o custo da informação torna-se mais elevada e conseqüentemente, os preços absorvem relativamente uma sensibilidade maior aos preços de outros combustíveis próximos.

### 5.3 Investigação da Assimetria

Os resultados apresentados nessa seção visam testar a possibilidade de mecanismos não-lineares no repasse de um choque sobre os preços. Este procedimento permite simular, nesta pesquisa, a representação do modelo empírico de mudança de regime combinados com a fundamentação teórica de determinação de preços com repasse assimétrico devido à informação imperfeita entre os agentes.

O nosso papel inicial seria identificar aumentos e reduções de preços ao longo do tempo, entretanto, isolaram-se os regimes de forma a testar a presença de assimetria, considerando a presença de quebra-estrutural. A escolha da série relacionada à  $\Delta Y_{t-1}^I$  [conforme equação (45) seção 4.2] vai ao encontro da hipótese de dois regimes, sendo um deles associado a um período com maior variabilidade nos preços, e o outro a um período com menor variabilidade. O período de liberalização dos preços dos combustíveis foi considerado o corte do modelo (antes e depois de janeiro de 2002), uma vez que, como não se observa flutuações elevadas num sistema de preços controlado, a estimação do *threshold* deve separar as observações desse período no regime de baixa volatilidade.

As tabelas 10, 11 e 12 sumarizam os resultados do modelo TAR<sup>86</sup> [equação (45) item 4.2] para os preços do petróleo, gasolina e gás natural no mercado internacional, brasileiro e na Região Nordeste, respectivamente. Ressalta-se que os resultados referentes ao teste de linearidade F das variáveis também são apresentados, em primeira diferença.

De acordo com os resultados na Tabela 10, há uma não-linearidade no efeito da reação dos preços no mercado de petróleo, gasolina (como esperado) e gás natural, verificados sob a rejeição da hipótese de que  $\varphi_1 = \varphi_2$  ao nível de 5% de significância do teste F. A estimação do modelo agrupa a maior parte das observações no período de preços liberalizados (o que já era de se esperar, pois, desde a década de 90 os preços estão liberados no mercado internacional).

---

<sup>86</sup> O procedimento de estimação utilizado foi o estimador 2SLS, com variáveis instrumentais para o componente de expectativa proposto por Chan (1993) e Enders (2004).

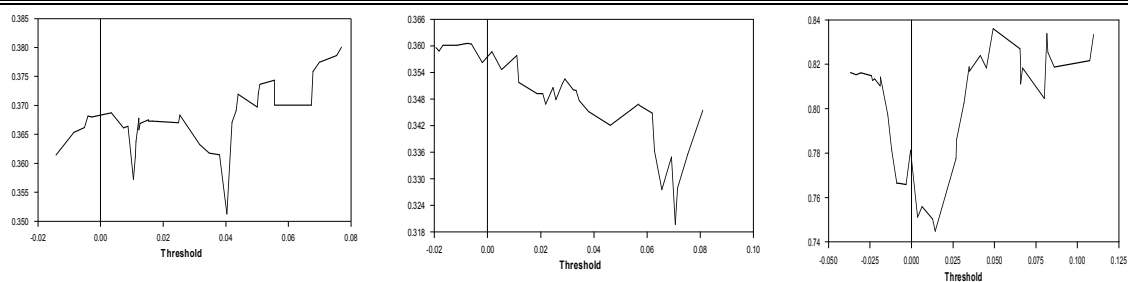
**TABELA 10**  
**Resultado da estimação do modelo TAR para os preços do petróleo, gasolina e gás natural no mercado internacional**

<b>PET<sup>I</sup></b>	$lPET_t^I = -0.015 + 0.006 \Delta PET_{t-1}^I$ (3.31) (-5.38)	$R^2 = 0.36$ $F = 20.510$	$Se \Delta PET_{t-1}^I < 0.040$
	$lPET_t^I = 0.048 + 0.246 \Delta PET_{t-1}^I$ (-0.57)* (-3.75)	$Pr ob = (0.000)$	$Se \Delta PET_{t-1}^I \geq 0.040$
<b>GAS<sup>I</sup></b>	$lGAS_t^I = -0.031 + 0.210 \Delta GAS_{t-1}^I$ (3.46)** (-1.01)*	$R^2 = 0.24$ $F = 7.600$	$Se \Delta GAS_{t-1}^I < 0.070$
	$lGAS_t^I = 0.059 + 0.370 \Delta GAS_{t-1}^I$ (3.40) (2.25)	$Pr ob = (0.001)$	$Se \Delta GAS_{t-1}^I \geq 0.070$
<b>GN<sup>I</sup></b>	$lGN_t^I = 0.059 - 0.615 \Delta GN_{t-1}^I$ (1.92) (-2.07)	$R^2 = 0.14$ $F = 21.634$	$Se \Delta GN_{t-1}^I < 0.014$
	$lGN_t^I = -0.058 + 0.862 \Delta GN_{t-1}^I$ (-2.03) (-2.84)	$Pr ob = (0.000)$	$Se \Delta GN_{t-1}^I \geq 0.014$

Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1. Nota: variável dependente em log. Valor entre parênteses refere-se à estatística *t-student*, significativos a 5%, \*estatisticamente insignificante, \*\*Significativo a 10%.

Verifica-se através da Figura 16 que no período de grande instabilidade, o repasse estimado para o mês seguinte é maior (0,24%), do que no período de baixa volatilidade. Em relação aos preços da gasolina, verifica-se que há repasse nos preços tanto em períodos de baixa volatilidade quanto em períodos de alta volatilidade, sendo o repasse maior nos períodos de alta volatilidade (0,37%) sujeito a crises no mercado internacional (preços encontram-se acima do *threshold*).

**Figura 16: Assimetrias nos preços internacional**



(a) preços do petróleo

(b) preços da gasolina

(c) preços do gás natural

Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

No caso do gás natural, verifica-se uma não-linearidade dependendo do nível de atividade do mercado: o repasse nos preços é estatisticamente diferente de zero (-

0,61%) no regime em que o mercado encontra-se operando muito abaixo da sua capacidade sob regulação (baixa volatilidade), enquanto no período de liberalização é da ordem de 0,86%, fortalecendo a idéia de que em épocas de incertezas há uma maior volatilidade dos preços.

Desta forma, o ajuste na trajetória dos preços das *commodities* é de tal forma, que quando os preços estão aumentando em relação ao nível de equilíbrio, ou seja,  $\Delta PET_{t-1}^I + 0.040 \geq 1$ ;  $\Delta GAS_{t-1}^I + 0.070 \geq 1$  e  $\Delta GN_{t-1}^I + 0.014 \geq 1$ , o ajuste ocorre mais rápido do que quando estão caindo. Assim, a tendência é que aumentos nos preços tendem a persistir por mais tempo, enquanto que as quedas não são repassadas rapidamente para os preços de equilíbrio (ver Tabela A.15 em anexo).

Na análise do cenário doméstico na Tabela 11, o teste F revela que para os preços do gás natural, GNV e GLP apresentam um ajustamento assimétrico, identificado pela rejeição da hipótese nula de que  $\varphi_1 = \varphi_2$ , ao nível de 5% de significância.

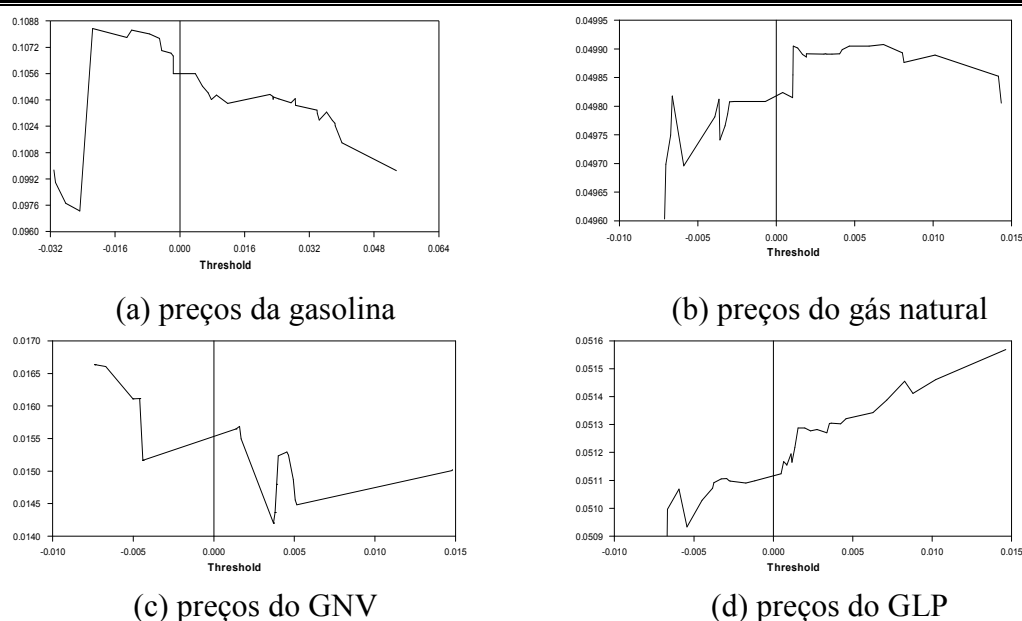
<b>TABELA 11</b>			
<b>Resultado da estimação do modelo TAR para os preços do petróleo, gasolina e gás natural no mercado brasileiro</b>			
<b>GAS<sup>B</sup></b>	$IGAS_t^B = -0.033 - 0.575 GAS_{t-1}^B$ (3.22) (-3.93)	$R^2 = 0.31$ $F = 1.567$ $Prob = (0.216)$	$Se GAS_{t-1}^B < -0.024$
	$IGAS_t^B = -0.005 - 0.839 GAS_{t-1}^B$ (-0.99)* (-2.58)		$Se GAS_{t-1}^B \geq -0.024$
<b>GN<sup>B</sup></b>	$IGN_t^B = 0.0005 + 0.207 GN_{t-1}^B$ (0.09)* (0.88)*	$R^2 = 0.14$ $F = 11.577$ $Prob = (0.000)$	$Se GN_{t-1}^B < -0.007$
	$IGN_t^B = 0.007 - 0.590 GN_{t-1}^B$ (1.04) (-1.87)		$Se GN_{t-1}^B \geq -0.007$
<b>GNV<sup>B</sup></b>	$IGNV_t^B = 0.0005 + 0.210 GNV_{t-1}^B$ (0.09)* (0.90)*	$R^2 = 0.14$ $F = 20.021$ $Prob = (0.000)$	$Se GNV_{t-1}^B < -0.006$
	$IGNV_t^B = 0.213 - 0.598 GNV_{t-1}^B$ (0.90)* (-1.94)		$Se GNV_{t-1}^B \geq -0.006$
<b>GLP<sup>B</sup></b>	$IGLP_t^B = 0.015 - 0.963 GLP_{t-1}^B$ (2.69) (-4.79)	$R^2 = 0.50$ $F = 11.620$ $Prob = (0.000)$	$Se GLP_{t-1}^B < -0.017$
	$IGLP_t^B = 0.050 - 0.332 GLP_{t-1}^B$ (3.25) (-4.67)		$Se GLP_{t-1}^B \geq -0.017$

Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1. Nota: variável dependente em log. Valor entre parênteses refere-se à estatística *t-student*, significativos a 5%, \*estatisticamente insignificante, \*\*Significativo a 10%.

Nota-se que as variações são maiores para os preços associados ao período de baixa volatilidade, isto é, no período de preços regulados ( $\Delta Y_{t-1}^l < \tau$ ).

Na análise da Figura 17, constata-se que a estimação do modelo agrupa uma grande parcela das observações no período de “calma”, diferentemente do cenário internacional. Neste caso, verifica-se que em épocas de baixa volatilidade, o repasse estimado para os preços do GN e GNV é de 0,20% e 0,21%, respectivamente. Enquanto, no período de alta, os valores são estatisticamente diferentes de zero. No caso da gasolina, observa-se um ajuste simétrico. Ressalta-se, que estes resultados corroboram com os resultados encontrados por Uchôa (2006) no período de julho de 2001 a maio de 2006.

**Figura 17: Assimetrias nos preços no Brasil**



Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

Observa-se, que o ajuste na trajetória dos preços das *commodities* brasileiras, diferentemente do mercado internacional, é de tal forma, que quando os preços estão caindo em relação ao nível de equilíbrio, ou seja,  $GAS_{t-1}^B - 0.024 < 0$ ;  $GN_{t-1}^B - 0.007 < 0$ ;  $GNV_{t-1}^B - 0.006 < 0$  e  $GLP_{t-1}^B - 0.017 < 0$ , o ajuste ocorre mais rápido do que quando estão subindo. Assim, a tendência é que quedas nos preços tendem a persistir por mais tempo, enquanto que os aumentos não são repassados rapidamente para os preços de equilíbrio.

No que diz respeito à Região Nordeste, verifica-se através do teste F de não-linearidade na Tabela 12, que os preços do GN, GNV e GLP apresentam comportamento assimétrico. Por outro lado, tal hipótese não pode ser confirmada para os preços da gasolina, que aceitam um comportamento linear ao nível de 5% de significância.

<b>TABELA 12</b>			
<b>Resultado da estimação do modelo TAR para os preços do petróleo, gasolina e gás natural no mercado da Região Nordeste</b>			
<b>GAS<sup>N</sup></b>	$lGAS_t^N = 0.027 - 0.387 GAS_{t-1}^N$ (3.12) (-1.28)*	$R^2 = 0.17$ $F = 1.657$	$Se GAS_{t-1}^N < 0.007$
	$lGAS_t^N = 0.004 + 0.180 GAS_{t-1}^N$ (-0.00)* (3.18)	$Prob = (0.216)$	$Se GAS_{t-1}^N \geq 0.007$
<b>GN<sup>N</sup></b>	$lGN_t^N = 0.005 - 0.176 GN_{t-1}^N$ (0.87) (-0.74)	$R^2 = 0.12$ $F = 6.363$	$Se GN_{t-1}^N < -0.005$
	$lGN_t^N = -0.0008 - 1.256 GN_{t-1}^N$ (-0.10)* (-3.66)	$Prob = (0.000)$	$Se GN_{t-1}^N \geq -0.005$
<b>GNV<sup>N</sup></b>	$lGNV_t^N = -0.003 + 0.559 GNV_{t-1}^N$ (-0.59)* (2.82)	$R^2 = 0.15$ $F = 23.426$	$Se GNV_{t-1}^N < 7.856$
	$lGNV_t^N = 0.008 - 0.164 GNV_{t-1}^N$ (1.35)* (2.39)	$Prob = (0.015)$	$Se GNV_{t-1}^N \geq 7.856$
<b>GLP<sup>N</sup></b>	$lGLP_t^N = 0.003 - 0.045 GLP_{t-1}^N$ (0.48)* (-3.32)	$R^2 = 0.58$ $F = 6.507$	$Se GLP_{t-1}^N < -0.004$
	$lGLP_t^N = -0.002 - 1.290 GLP_{t-1}^N$ (-0.32) (-3.58)	$Prob = (0.000)$	$Se GLP_{t-1}^N \geq -0.004$

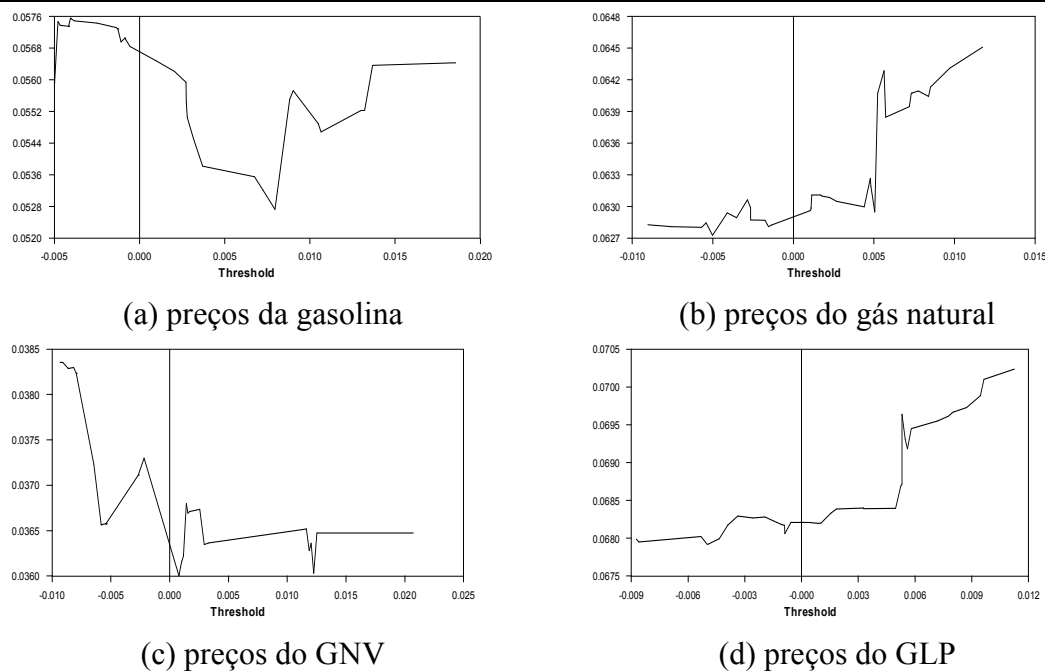
Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1. Nota: variável dependente em log. Valor entre parênteses refere-se à estatística t-student, significativos a 5%, (\*)estatisticamente insignificante.

Desta forma, observa-se através dos parâmetros de persistência um repasse muito maior no regime de alta volatilidade do que no regime de baixa volatilidade para os preços do gás natural (1,25% e - 0,176) e da gasolina (0, 18% e - 0,37), respectivamente. Por outro lado, os preços do GNV e GLP tendem ajustar-se mais rápido nos períodos de baixa volatilidade ( $\Delta Y_{t-1}^l < \tau$ ). Os resultados podem ser constatados na Figura 18.

---

**Figura 18: Assimetrias nos preços no Nordeste brasileiro**


---




---

Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

---

Constata-se que o ajuste na trajetória dos preços das *commodities* na Região Nordeste, diferentemente do mercado internacional, é de tal forma, que quando os preços estão caindo em relação ao nível de equilíbrio, ou seja,  $GN_{t-1}^N - 0.005 < 0$ ;  $GNV_{t-1}^N + 7.856 < 0$  e  $GLP_{t-1}^N - 0.004 < 0$ , o ajuste ocorre mais rápido. Com exceção dos preços da gasolina que apresentam ajuste simétrico.

Em síntese, verifica-se que os preços das *commodities* no comércio internacional apresentam um ajustamento assimétrico com persistência maior no período de grandes instabilidades. Relação semelhante foi verificada no ajuste dos preços do GN, GNV e GLP no cenário doméstico (Brasil e Nordeste), isto é, os preços tendem a ajustar-se assimetricamente. Porém, com persistência maior nos períodos de baixa volatilidade para os preços do GN, GNV e GLP (com exceção do GN no Nordeste). No caso dos preços da gasolina, o ajuste é simétrico com repasse maior nos períodos de alta volatilidade. Assim, pode-se inferir que a presença da assimetria na transmissão de preços pode ser explicada, por diferenças no acesso às informações de mercado ou por diferenças de poder de mercado entre os agentes de comercialização.



# 6

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Nesse estudo, pretendeu-se levantar uma série de evidências empíricas que descrevessem o comportamento dos preços do gás natural no mercado internacional, brasileiro e especificamente no Nordeste brasileiro nos últimos anos, com o intuito de investigar relações de transmissão e assimetria entre os mercados. Os resultados obtidos fornecem algumas informações importantes sobre os preços nos mercados, principalmente por representarem particularidades de dois momentos distintos do modelo de desenvolvimento do gás natural (antes e pós-regulação).

A análise do comportamento dos preços das *commodities* (petróleo, gasolina e gás natural) tanto no cenário internacional quanto no doméstico vem apresentando no período de 2001 a 2006 uma trajetória crescente. As fases de expansão dos preços do Brasil foram maiores no período posterior a 2003 (acompanhando o cenário internacional), do que no período em que os preços estavam regulados.

Esta análise se baseou no arcabouço teórico de determinação de preços com regulação construído no terceiro capítulo e mostrou através da metodologia de análise dos preços que as informações assimétricas reforçam a idéia de que mesmo sob regulação é o comportamento internacional quem dita as regras para os preços domésticos, através de assimetrias e transmissão entre os preços.

Deste modo, os resultados obtidos a partir da análise de inter-relação entre as *commodities*, demonstraram que as *commodities* (gasolina e GN, GNV e GLP) são integradas tanto no mercado internacional quanto no mercado doméstico, sugerindo neste caso, que a estabilização dos preços da gasolina pode ser um indicativo suficiente para estabilizar os preços nos outros mercados pelos quais outras *commodities* estejam relacionadas, neste caso o gás natural.

Entretanto, observa-se que os preços no mercado doméstico apresentam cenários divergentes sob o aspecto das elasticidades de transmissão entre os preços no mercado internacional, isto é, no mercado internacional os preços são inelásticos e no mercado nacional os preços são elásticos, com exceção da elasticidade de curto prazo do GNV no Brasil e do GN no Nordeste.

Na análise do modelo *threshold* verifica-se que os preços do gás natural tanto no cenário internacional quanto no cenário doméstico apresentam-se assimétrico. Corroborando a idéia que uma baixa nos preços não ajusta-se na mesma potência que uma alta nos preços. Entretanto, o mesmo resultado não foi encontrado para os preços da gasolina, isto é, o ajuste é simétrico com repasse maior nos períodos de alta volatilidade no mercado nacional.

Desta forma, de acordo com os resultados, em épocas de certezas (quando a  $\Delta Y_{t-1}^I < \tau$  encontra-se abaixo do valor de limiar) os preços do gás natural, GNV e GLP no Brasil e no Nordeste são guiados por valores defasados da própria série, indicando alto grau de inércia. Quanto à interpretação econômica, o modelo *threshold* parece suficiente tanto ao caso doméstico quanto ao internacional, uma vez que permite mostrar para o mercado brasileiro e para Região Nordeste um comportamento associado com grandes oscilações em épocas de regulação (níveis  $\Delta Y_{t-1}^I \geq \tau$ ), indicando maior risco no cenário econômico. Já nos preços no cenário internacional a preocupação reside nos períodos associados às incertezas, isto é, alta volatilidade.

A despeito da análise do comportamento dos preços do gás natural no cenário nacional e internacional, os resultados obtidos foram importantes para confirmarem semelhanças no que diz respeito à assimetria e transmissão entre os preços das *commodities*, no cenário internacional.

Neste contexto, verifica-se que o papel da ANP, no monitoramento dos repasses dos preços, abre espaço para informações imperfeitas na determinação dos preços da indústria de gás natural, e que estas a partir dos cálculos de possíveis ações e reações dos agentes presentes passam a alinhar os preços domésticos ao mercado internacional, mesmo quando não há liberalização. Adicionalmente, verifica-se que a transmissão e o repasse entre os preços ocorrem com maior intensidade na Região Nordeste. Essa diferença está relacionada, principalmente, ao fato da rede de distribuição da região não estar ligada com outras regiões do país, gerando incertezas quanto à oferta do bem.

Entretanto, reconhece-se que muitos outros fatores relacionados ao comportamento dos preços, nos seus diversos segmentos da IGN, não foram considerados na análise empírica. Recomenda-se para estudos futuros a análise do impacto dos preços assimétricos sobre a demanda e a oferta de gás natural no Brasil e na Região Nordeste.

## REFERÊNCIAS

---

AGUIAR, D. R. D. **Formação de preços na indústria brasileira de soja – 1982/1989**. 1990. 140f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1990.

ALVES, J. D. O. **Modelo econométrico para previsão de demanda de gás natural veicular no Brasil**. 2005, 43f. Monografia. (Graduação em Economia) – Departamento de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais. 2005.

ALMEIDA, E. **Fundamentos de Economia da Energia: Gás Natural**. Grupo de Economia da Energia, Instituto de Economia, UFRJ: Rio de Janeiro, 2001.

AMARAL, L. F. M. **Modelos lineares e não lineares na modelagem do preço spot de energia elétrica do Brasil**. Rio de Janeiro, 2003. 69f. Dissertação (Mestrado em Engenharia elétrica) - Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica, 2003.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Estrutura e regulação do mercado de gás natural experiência internacional. **Nota técnica**, 1998.

\_\_\_\_\_, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Indústria brasileira de gás Natural: histórico recente da política de preços. **Nota técnica**, 2002.

\_\_\_\_\_, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Visão comparativa do desenvolvimento da indústria de gás natural em países selecionados. **Nota técnica**, 2003.

\_\_\_\_\_, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Considerações sobre o processo de formação de preços de gás natural no Brasil. **Nota técnica**, 2004.

\_\_\_\_\_, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário estatístico**. 2007.

\_\_\_\_\_, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Base de dados**. Acesso em: 15 de novembro de 2007. Disponível em: [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br).

ARITA, H. H. **Estudos sobre métodos de ajustamento sazonal: uma aplicação numa série temporal econômica brasileira**. 1999. 195f. Dissertação. (Mestrado em Economia), Universidade Estadual de Maringá. Maringá: Paraná, 1999.

ARMSTRONG, M.; SAPPINGTON, D. E. M. Recent Developments in the Theory of Regulation. **Handbook of Industrial Organization** (Vol. III), 2005.

BACHI, M. R. P. **Formação de preços no setor Sucroalcooleiro da região Centro-Sul do Brasil: relação com o mercado de combustível fóssil.** In: ANPEC NACIONAL, 2005.

BACON, R. W. Rockets arid Feathers: The Asymmetric Speed of Adjustment of U.K. Retail Gasoline Prices to Cost Changes. **Energy Economics**, v. 13, p.211-218, 1991.

BALDWIN, R, CAVE, M., **Understanding regulation : theory, strategy and practice**, Oxford University Press, 1999.

BARROS, G. S. A. **Economia da comercialização agrícola.** Piracicaba: FEALQ, 306p., 1987.

BARRON, D.; MYERSON, R. Regulating a Monopolist with Unknown Costs, **Econometrica**, 50(4), 911—930, 1982.

BELLI, P. The Comparative Advantage of Government: A Review, Policy Research **Working Papers n. 1834**, The World Bank, Washington,1997.

BENJÓ, I. **Fundamentos de Economia da Regulação**, 1ª ed., Thex Editora, Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 1999.

BIGLAISER, C. T.; MA, A.Regulating a Dominant Firm: Unknown Demand asymmetric pricing in the canadian retail gasoline market. **Energy Economics**, 22(3): 349–368, 2000.

BORENSTEIN, S.A.; CAMERON, C. GIJBERT, R. Do gasoline prices respond asymmetrically to crude oil price changes? **Quartely Journal of Economics**, v.112, p.305-339, 1997.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control.** San Francisco: Holden Day, 1976.

BP STATISTICAL, **Reports and publications**, vários números. Disponível em: <http://www.bp.com>. Acesso em: 19 de dezembro de 2007.

BROWN, S.P.A. YÜCEL, M. K. Energy prices and aggregate economic activity: an interpretative study. **Forthcoming, quarterly review of economics and finance.** Research Department Working Paper 0102, 2000.

BURBIDGE, J.; A. HARRISON. Testing for the Effects of Oil-Price Rises Using Vector Autoregression, **International Economic Review**, 25: 459-484, 1984.

CABRAL, L. M. B.; FISHMAN, A. A Theory of Asymmetric Price Adjustment. **Quarterly Journal of Economics**, v. 111, p. 253–268, 2006.

CANER, M. e HANSEN, B. Instrumental Variable Estimation of a Threshold Model, **Econometric Theory**, v. 20, p. 813-843, 2004.

CHAN, K.S. Consistency and limiting distribution of the least squares estimator of a threshold autoregressive model. **Annals of Statistics**, 35(21):520–533, 1993.

CHEN, R.; TSAY, R. S. Functional coefficient autoregressive models, **Journal of the American Statistical Association** 88: 298-308, 1993.

CORDEIRO, G. B. **Mapeamento tecnológico da cadeia do gás natural liquefeito (gnl): uma análise baseada em estatísticas de patentes (1978-2002)**. 2005. 68f. Monografia (Monografia em Economia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

CORREA, A. S.; MINELA, A. **Mecanismos não-Lineares de repasse cambial: um modelo de curva de Phillips com *Threshold* para o Brasil**. In: XXXIII Encontro Nacional de Economia. Natal: Rio Grande do Norte, 2005.

COSTA, C.C. **Formação de preços de açúcar e álcool combustível anidro e hidratado no Estado de São Paulo**. Piracicaba 2001. 104p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2001.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with unit root. **Journal of the American Statistical Association**, v. 74, 1979.

DOYLE, C.; CAVE, M. Access pricing in network utilities in theory and practice. **Utilities Policy**, vol. 4, n. 3, pp. 181-189, 1994.

DUFFY-DENO, K.T. Retail price asymmetries in local gasoline markets. **Energy Economics** 18, 81-92, 1996.

EIA, ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **base de dados**. *Oil Basics - Prices*. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov>>, acesso em 20/07/2007.

ENDERS, W. Improved critical values for the Enders–Granger test. **Department of Economics, Finance and Legal Studies Working Paper Series**. The University of Alabama, 2001.

\_\_\_\_\_. **Applied econometric time series**. Wiley Series in Probability and Statistics. 2 ed. 460 p. 2004.

FALEIROS, J. P. M.; ALVES, D. C. O. **Não Linearidade nos Ciclos de Negócios: Modelo Auto-Regressivo “Smooth Transition” para o Índice Geral de Produção Industrial Brasileiro e Bens de Capital**. In: XXXIV Encontro Nacional de Economia. Salvador: Bahia, 2006.

FRANSES, P.H.; VAN DIJK, D. **Nonlinear Time Series Models in Empirical Finance**, Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

FREITAS, K. **Definição Tarifária como instrumento regulatório: precificação do transporte dutoviário de gás natural no Brasil**. 2004. 206 f. Dissertação (Mestrado

em Economia), Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

FREITAS, S. M.; MARGARIDO, M. A.; BARBOSA, M. Z.; FRANCA, T. J. F. Análise Da Dinâmica De Transmissão De Preços No Mercado Internacional De Farelo De Soja, 1990-99. **Revista de Economia Agrícola**. São Paulo, SP. v., 48 (1). p. 1-20, 2001.

GALVÃO, A. B. C Multivariate Threshold Models: TVARs and TVECMs”, **Brazilian Review of Econometrics**, 23, Vol. 1, 2003.

\_\_\_\_\_. Structural break threshold VAR for predicting us recessions using the spread. **Journal of Applied Econometrics**, v. 21, p. 463–487, 2006.

GODBY, R.; LINTNER, A. M.; STENGOS, T.; WANDSCHNEIDER, B. Testing for asymmetric pricing in the canadian retail gasoline market. **Energy Economics**, 22(3): 349–368, 2000.

GISSER, M. ; T. H. GOODWIN. Crude Oil and the Macroeconomy: Tests of Some Popular Notions, **Journal of Money, Credit and Banking**, 18: 95-103. 1986.

GRANGER, C.W.J. Investigating causal relation by econometric and cross-sectional method, **Econometrica** 37: 424–438, 1969.

GRANGER, C.W.J.; TERASVIRTA, T. **Modelling Nonlinear Economic Relationships**, Oxford: Oxford University Press. 1993.

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. 3 ed. São Paulo: Makron Books, 2006.

HAMILTON, J. D. Oil and the macroeconomy since world war II, **Journal of Political Economy**, v. 91, p. 28-248, 1983.

\_\_\_\_\_, What is an Oil Shock? **NBER Working Paper No.7755**, jun. 2000.

HANSEN, B.E.. Inference in TAR models. Studies in Nonlinear. **Dynamics and Econometrics**, v. 2, p. 1–14. 1996.

HAUGH, L. D.; BOX, G.E.P. Identification of dynamic regression (distributed lag) models connecting two time series. **Journal of the American Stastical Association**, v. 72, p. 121- 30, mar. 1977.

KILIAN, L. The Economic Effects of Energy Price Shocks. Department of Economics, University of Michigan, 2007. Disponível em: << <http://www.jstor.org/>>>. Acesso em: 20 de outubro de 2007.

KREPS, D. M. **Curso de Teoria Microeconômica**. Mc Graw Hill, 1995, 752 p.

LAFFONT, J.J.**The New Economics of Regulation Ten Years After**. *Econometrica*, Vol. 62, No. 3. May, pp. 507-537, 1994.

\_\_\_\_\_. *Regulation and Development*. Cambridge University Press, Cambridge, 2005.,

LAFFONT, J-J.; TIROLE, J. Using Cost Observation to Regulate Firms, *Journal of Political Economy*, 94(3), 614—641, 1986.

LAUREANO, F. H. G. C. **A indústria de gás natural e as relações contratuais uma análise do caso brasileiro**. 2005. 156p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

LIMA, R. C. e SAMPAIO, Y. **Análise de estabilidade, transmissão e previsão do preço do açúcar**. in Galvão, O. J. A, *Ensaio de Economia: PIMES*, Recife, 1997a.

\_\_\_\_\_. **Transmissão de preços internacionais e intervenções de políticas no mercado de açúcar do Nordeste**, PIMES, Recife, 1997b.

MACULAN, B. D.; SILVA-JR, A. Mercado Nordestino de gás natural: suprimento pela importação de gás natural liquefeito (GNL). **Revista Rio Oil e Gás**, n. 8, 2006.

MAGALHÃES-JÚNIOR, I. Panorama dos mercados de petróleo e gás natural no Brasil e no mundo. **Revista BNDES setorial**. Rio de Janeiro, n. 21, p.57-73, mar. 2005.

MAIA, S. F. **Efeitos da Taxa de Câmbio e da Taxa de Juros sobre as Exportações Agrícolas Brasileiras de 1980 até 1996: Uma Abordagem de Auto-Regressão Vetorial**. 2001, 96f. Tese. (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação de Economia da Universidade Federal de Pernambuco, PIMES, 2001.

MAIA, S. F.; ROCHA, E. C.; LIMA, R. C. **Elasticidade de Transmissão de Preços Usando Função de Transferência e Defasagens Distribuídas: Metodologias Comparadas**. 37º Congresso SOBER. Foz do Iguaçu, Paraná, 1999.

MAKRIDAKIS, S. A survey of time series. **International Statistical Review**, 44, 29-70, 1976.

MARGARIDO, Mario A. **Transmissão de preços agrícolas internacionais sobre preços agrícolas domésticos: o caso do Brasil**. Piracicaba, 2000. 173 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

MARJOTTA-MAISTRO, M. C. **Ajustes nos mercados de álcool e gasolina no processo de desregulamentação**. 2002. 197 f. Tese. (Doutorado em economia aplicada) – Escola Superior de Agricultura de Queiroz, Piracicaba, 2002.

MAS-COLELL, A.; WHINSTON, M. D.; GREEN, J. R. **Microeconomic Theory**. New York: Oxford University Press, 1995.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Base de dados (Balanço Energético Nacional – BEN)**, 2007.

MORAES, A. B. **O mercado de gás natural em São Paulo: histórico, perspectiva e e identificação de barreiras**. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal de São Paulo, 2003.

MORETTIN, P. A. **Econometria Financeira Um Curso em Séries Temporais Financeiras**. Departamento de Estatística Instituto de Matemática e Estatística Universidade de São Paulo. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

NEIVA, L. **Fontes Alternativas de Energia**, Segunda edição, Maity Comunicações Editora LTDA, Rio de Janeiro, 1988.

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

NOAM, E. M. **Interconnection Practices**; In: CAVE, M.E.; MAJUMDAR, S.K.; VOGELANG, I. Handbook of telecommunications economics – structure, regulation and competition. 1ed. North-Holland: 2002.

OLIVEIRA, A. X.; PINO, F. A. **Elasticidade em Modelos de Séries Temporais**. In: VII Encontro Brasileiro de Econometria, Sociedade Brasileira de Econometria, 1983.

OLIVEIRA, A. C. **Análise da evolução das formas de competição do mercado de gás liquefeito de petróleo no Brasil: 1990 – 2004**. 2006. 82f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

OLIVEIRA-JÚNIOR, J. N.; CASTELAR, L. I. M.; FERREIRA, R. T. **Convergência microrregional no setor agrícola usando um modelo *threshold***. In: V Encontro nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos. Recife: Pernambuco, out.2007.

PELTZMAN, S. **Prices Rise Faster than they Fall**. Journal of Political Economy, 108, 466-502. 2000.

PERRON, P. **The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Roots Hypothesis**. Econometrica, v. 57, n.6, p. 1361-1401, 1989.

PICK, D.; KARRENBROCK, J.; CARMEN, H. Price Asymmetry and Marketing Margin Behavior: An Example for California-Arizona Citrus. **Agribusiness**, 6, 75-84, 1991.

PINTO JUNIOR, H. Q. ; PIRES, M. P. . Comportamentos estratégicos e assimetria de informação: problemas para o exercício da regulação. Revista Brasileira de Energia (edição especial), Rio de Janeiro, v. 7, 1999.

PINTO-JR, H. Q.; IOOTTY, M.; ROPPA, B. **Volatilidade dos preços da gasolina e dos preços internacionais do petróleo: uma análise a partir do índice de instabilidade no período 2002-2004**. In: X Congresso Brasileiro de Energia, Outubro 2004.



PINTO-JR., H.Q; FIANI, R. **Regulação Econômica**. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

POSSAS, M., PONDÉ, J., FAGUNDES, J., **Regulação da Concorrência nos Setores de Infraestrutura no Brasil: Elementos para um Quadro Conceitual**. In REZENDE F., PAULA T.B. (Coord.) (1997): Infraestrutura: Perspectivas de Reorganização. Regulação. Brasília: IPEA, 1997.

PRAÇA, E. R. **Distribuição de gás natural no Brasil: um enfoque crítico e de minimização de custos**. 2003. 173F. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

PRATES, C. T.; PIEROBON, E. C.; COSTA, R. C.; FIGUEIREDO, V. S. Evolução da oferta e da demanda de gás natural no Brasil. **Revista BNDES setorial**. Rio de Janeiro, n. 24, p.35-68, set. 2006.

RADCHENKO, S. Oil price volatility and the asymmetric response of gasoline prices to oil price increases and decreases. **Energy Economics** 27, 708–730,2005.

REILLY, B.; WITT, R. Petrol price asymmetries revisited. **Energy Economics**, v. 20, p. 297-308, 1998.

SILVA FILHO, O. C.; FRASCAROLI, B. F.; MAIA, S. F. **Transmissão de preços no mercado internacional da soja: uma abordagem pelos modelos ARMAX e VAR**. In: XXXIII Encontro Nacional de Economia. Natal: Rio Grande do Norte, 2005.

SILVA JÚNIOR, L. H.; LIMA, R. C.; SAMPAIO, Y. **Inter-relações entre os preços do açúcar no mercado Internacional e no mercado do Nordeste**. In: XII Encontro Regional de Economia e o Fórum BNB de Desenvolvimento. Fortaleza: Ceará, 2007.

SILVA, C. M. S. **Estratégia de preços da Petrobras no mercado de combustíveis brasileiro pós-liberalização e instrumentos de amortecimento de variações internacionais**. 2003.130f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SILVEIRA, J.P; PINTO JR. H. Q. **Aspectos Teóricos de Regulação Econômica: Controle de Preços**. Nota técnica ANP, 1999.

SOARES, J.B. **Formação de gás natural no Brasil: impacto de incentivos econômicos na substituição interenergéticos e na cogeração em regime “topping”**. 2004. 397f. Dissertação (Tese em Economia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SORDI, J.C. Os efeitos dos custos de transporte na liberação dos preços: o caso do álcool hidratado no Brasil. Maringá, 1997. 159p. Dissertação (M.S) – Universidade Estadual de Maringá.

STIGLITZ, J. E. **Economics of the public sector**. New York: W. W. Norton & Company, 1988.

TIAO, G. C.; TSAY, R. S. Some Advances in Non-linear and Adaptive Modelling in Time Series, **Journal of Forecasting** 13: 109-131, 1994.

TONG, H. **On a threshold model**. In: Chen, C.D. (Ed.), Pattern Recognition and Signal Processing. Sijthoff & Noordhoff, Amsterdam, v. 1, p. 101–141, 1978.

\_\_\_\_\_. Threshold models in non-linear time series analysis. Lecture Notes in autoregressive model. **Greenwich, Conn**, v. 1, p. 1–42, 1983.

\_\_\_\_\_. **Non-Linear Time Series: A Dynamical Systems Approach**, Oxford: Oxford University Press, 1990.

TONG, H.; LIN, K. S. Threshold autoregression, limit cycles and cyclical data. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 42, p. 245-292, 1980.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Likelihood ratio statistics for auto-regressive time series with a unit root. **Econometrica**, v. 49, n. 4, 1983.

UCHÔA, C. F. A. **Investigando a Dinâmica da Assimetria nos preços da Gasolina Brasileira: uma Abordagem de Séries Temporais**. 2006. 60f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2006.

VARIAN, H. R. **Microeconomic analysis**. Editora: Norton e Company, 3 ed, 1992.

VISCUSI, W.K, VERNON, J.M., HARRINGTON JR., J.E, **Economics of Regulation and Antitrust**, 1ª ed., The MIT Press, Cambridge (Massachusetts), 1995,

YAO, Q. Nonparametric and semi-parametric methods in the time series: the Kernel Smoothing approach. In: **Mini-Curso da 12ª Escola de Séries Temporais e Econometria (12ª ESTE)**, Gramado – RS, 2007.

ZIVOT, E.; ANDREWS, D. W. K. **Further evidence on the great crash, the oil price shock and the unit-root hypothesis**. *Journal of Business and Economic Statistics*, 10 (3), p. 251-270, 1992.

## ANEXO A

**TABELA A.1**  
**Preços do petróleo, gasolina e gás natural (GN, GNV e GLP) no mercado internacional e doméstico**

Período	Mercado Internacional			Mercado Brasileiro				Mercado da Região Nordeste			
	PET (US\$/ Barril)	GAS (Cents/ Galão)	GN (US\$/ m <sup>3</sup> )	GAS (R\$/ L)	GN (R\$/ m <sup>3</sup> )	GNV (R\$/ m <sup>3</sup> )	GLP (R\$/ 13 kg)	GAS (R\$/ L)	GN (R\$/ m <sup>3</sup> )	GNV (R\$/ m <sup>3</sup> )	GLP (R\$/ 13 kg)
Jul/01	26.42	68.08	4.10	1.57	8.23	0.61	15.85	1.58	7.61	0.62	14.61
Ago/01	27.37	68.21	3.99	1.61	8.44	0.61	16.27	1.62	7.88	0.64	15.13
Set/01	26.20	70.27	3.50	1.66	8.81	0.63	16.99	1.62	7.98	0.64	15.33
Out/01	22.17	61.12	3.18	1.66	8.81	0.63	16.99	1.67	8.28	0.66	15.90
Nov/01	19.64	53.21	3.88	1.67	8.90	0.64	17.17	1.68	8.33	0.68	16.00
Dez/01	19.39	47.47	3.69	1.66	8.83	0.64	17.03	1.68	8.21	0.67	15.75
Jan/02	19.71	49.74	4.05	1.48	10.13	0.64	19.62	1.46	9.83	0.68	18.98
Fev/02	20.72	51.32	3.70	1.40	10.35	0.64	20.07	1.39	10.06	0.68	19.46
Mar/02	24.53	56.18	3.78	1.45	10.33	0.63	20.04	1.43	10.03	0.68	19.39
Abr/02	26.18	64.20	3.64	1.58	11.19	0.63	21.74	1.56	10.92	0.67	21.18
Mai/02	27.04	66.82	4.07	1.60	11.12	0.64	21.60	1.59	10.72	0.68	20.77
Jun/02	25.52	65.66	3.86	1.59	11.90	0.64	23.16	1.58	11.44	0.68	22.89
Jul/02	26.97	65.23	3.80	1.64	12.37	0.66	24.09	1.63	12.21	0.71	23.72
Ago/02	28.39	65.29	3.62	1.63	12.07	0.66	23.48	1.65	12.03	0.73	23.33
Set/02	29.66	70.44	3.89	1.63	11.23	0.67	21.80	1.64	11.29	0.71	21.88
Out/02	28.84	76.61	4.18	1.64	11.00	0.68	21.32	1.65	11.27	0.72	21.83
Nov/02	26.35	74.44	4.72	1.83	12.33	0.72	23.94	1.84	12.91	0.77	25.05
Dez/02	29.46	68.21	4.92	1.85	13.23	0.77	25.69	1.87	13.43	0.82	26.04
Jan/03	32.95	76.32	5.65	2.01	13.94	0.83	27.05	2.02	13.89	0.92	26.87
Fev/03	35.83	81.35	6.40	2.08	13.88	0.88	26.88	2.06	13.53	0.96	26.11
Mar/03	33.51	94.09	8.27	2.08	13.83	0.89	26.78	2.09	13.44	0.95	25.94
Abr/03	28.17	82.48	5.96	2.07	14.18	0.90	27.47	2.06	14.17	0.95	27.40
Mai/03	28.11	69.19	5.78	1.99	14.20	0.89	27.51	1.99	14.17	0.95	27.41
Jun/03	30.66	67.71	6.59	1.91	14.16	0.89	27.44	1.93	14.31	0.94	27.69
Jul/03	30.75	68.42	5.69	1.85	14.10	0.88	27.31	1.88	14.22	0.95	27.49
Ago/03	31.57	69.57	5.28	1.86	14.01	0.88	27.13	1.86	14.08	0.95	27.22
Set/03	28.31	77.31	5.32	1.88	14.04	0.89	27.19	1.88	14.12	0.95	27.31
Out/03	30.34	73.94	4.93	1.88	13.93	0.89	26.97	1.87	14.06	0.95	27.18
Nov/03	31.11	77.83	5.19	1.87	13.85	0.89	26.82	1.88	13.97	0.95	27.00
Dez/03	32.06	79.62	5.90	1.88	13.81	0.89	26.73	1.87	13.87	0.95	26.80
Jan/04	34.31	83.12	6.72	1.88	13.92	0.89	26.96	1.89	14.08	0.95	27.21
Fev/04	34.68	94.01	6.52	1.88	13.99	0.90	27.08	1.89	14.22	0.96	27.49
Mar/04	36.74	90.16	5.97	1.85	14.08	0.89	27.26	1.88	14.36	0.96	27.76
Abr/04	36.75	89.86	6.06	1.84	14.39	0.89	27.88	1.88	15.13	0.96	29.30
Mai/04	40.28	91.91	6.34	1.85	14.40	0.89	27.92	1.87	15.24	0.97	29.52
Jun/04	38.03	101.32	6.82	1.92	14.41	0.90	27.93	1.94	15.15	0.97	29.33
Jul/04	40.78	98.50	6.41	1.97	14.41	0.91	27.91	1.99	14.97	0.98	28.98
Ago/04	44.90	105.90	6.36	1.99	14.36	0.90	27.81	2.01	14.8	0.95	28.66
Set/04	45.94	119.63	5.68	1.99	14.30	0.91	27.70	2.02	14.69	0.95	28.43
Out/04	53.28	123.95	6.03	2.02	14.27	0.90	27.65	2.05	14.64	0.95	28.34
Nov/04	48.47	134.90	7.64	2.06	14.18	0.89	27.46	2.10	14.76	0.98	28.55
Dez/04	43.15	131.99	7.54	2.13	14.11	0.88	27.35	2.20	14.42	1.00	27.84
Jan/05	46.84	120.84	7.05	2.13	14.07	0.89	27.26	2.20	14.24	0.99	27.50
Fev/05	48.15	113.71	7.14	2.12	13.99	0.89	27.10	2.18	14.01	0.99	27.03
Mar/05	54.19	122.68	7.11	2.12	14.01	0.89	27.12	2.18	14.16	0.99	27.33
Abr/05	52.98	146.86	7.71	2.13	13.95	0.89	27.02	2.18	14.21	1.00	27.44
Mai/05	49.83	152.97	7.19	2.11	13.91	0.89	26.93	2.17	14.22	1.01	27.19
Jun/05	56.35	141.32	6.92	2.09	13.94	0.91	26.98	2.17	14.18	1.01	27.36
Jul/05	59.00	158.38	7.40	2.09	13.92	0.92	26.92	2.17	14.21	1.02	27.40
Ago/05	64.99	165.76	7.99	2.10	13.90	0.92	26.88	2.17	14.15	1.02	27.29
Set/05	65.59	165.61	10.19	2.21	14.00	0.96	27.05	2.3	14.05	1.02	27.10
Out/05	62.26	179.61	12.07	2.30	14.14	0.97	27.32	2.35	14.32	1.09	27.56
Nov/05	58.32	177.55	12.13	2.31	14.22	0.98	27.47	2.36	14.33	1.09	27.57
Dez/05	59.41	151.95	11.17	2.31	14.34	1.00	27.68	2.35	14.53	1.12	27.95
Jan/06	65.49	148.65	10.82	2.35	14.45	1.00	27.90	2.38	14.7	1.08	28.31
Fev/06	61.63	162.14	9.28	2.35	14.51	1.00	28.02	2.41	14.81	1.09	28.53
Mar/06	62.69	157.77	8.22	2.42	14.65	1.01	28.30	2.49	15.01	1.12	28.91
Abr/06	69.44	169.85	7.94	2.43	14.83	1.02	28.65	2.51	15.13	1.12	29.15
Mai/06	70.84	192.81	7.64	2.42	15.06	1.02	29.11	2.51	15.11	1.11	29.12
Jun/06	70.95	200.97	6.91	2.39	15.28	1.03	29.54	2.48	15.23	1.12	29.35
Jul/06	74.41	205.15	6.79	2.39	15.39	1.01	29.77	2.48	15.24	1.12	29.36
Ago/06	73.04	205.38	7.39	2.39	15.46	1.03	29.91	2.48	15.32	1.12	29.51
Set/06	63.80	205.90	7.23	2.39	15.56	1.03	30.10	2.49	15.42	1.14	29.69

Out/06	58.89	186.23	5.63	2.38	15.47	1.03	29.93	2.48	15.44	1.15	29.74
Nov/06	59.08	169.97	7.79	2.37	15.74	1.03	29.93	2.46	15.39	1.14	29.65
Dez/06	61.96	165.89	8.26	2.36	15.46	1.03	29.89	2.44	15.33	1.14	29.53
Jan/07	54.51	167.93	7.36	2.35	15.44	1.02	29.88	2.44	15.35	1.14	29.55
Fev/07	59.28	158.06	8.27	2.35	15.47	1.02	29.93	2.43	15.35	1.14	29.56
Mar/07	60.44	165.99	8.47	2.35	15.49	1.02	29.98	2.43	15.36	1.14	29.62
Abr/07	63.98	172.53	8.17	2.37	15.51	1.02	30.00	2.44	15.36	1.13	29.59
Mai/07	63.45	189.01	8.14	2.37	15.51	1.07	29.96	2.44	15.37	1.23	29.52
Jun/07	67.40	193.08	7.79	2.35	15.53	1.09	29.98	2.40	15.37	1.27	29.52
Jul/07	67.49	194.38	7.99	2.35	15.53	1.09	30.01	2.42	15.37	1.27	29.47

Fonte: Dados compilados do EIA ([www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov)) para o mercado internacional. Dados compilados da ANP ([www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)) para o mercado doméstico. Ressalta-se que os dados foram posteriormente suavizados pelo método X-11 ARIMA.

**TABELA A.2**  
**Descrição estatística das séries no Mercado Internacional**

	GN	PET	GAS
Média	6.47	42.43	115.8
Valor máximo	12.1	74.56	205.9
Valor mínimo	3.18	19.60	47.47
Desvio-padrão	2.05	16.54	49.06
Tx de crescimento	1.2%	1.7%	1.9%
Curtose	3.29	1.60	1.60
Teste JB	4.15 (0.12)	6.43 (0.03)	6.77 (0.03)

Fonte: Dados da pesquisa. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1 Nota: A taxa de crescimento foi realizada através da regressão do logaritmo da variável sobre o tempo t.

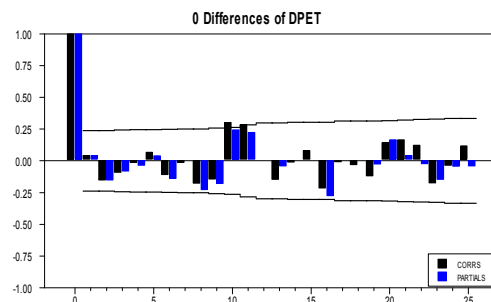
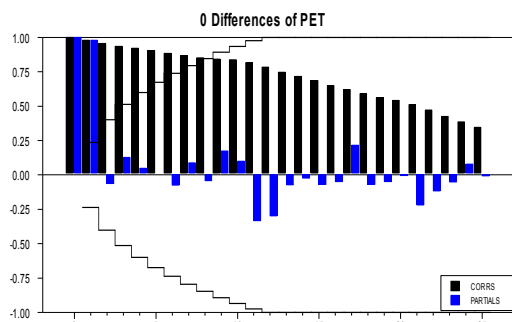
**TABELA A.3**  
**Descrição estatística das séries no Mercado Doméstico**

	Brasil				Nordeste			
	GN	GLP	GNV	GAS	GN	GLP	GNV	GAS
Média	13.51	26.15	0.87	2.01	13.52	26.11	0.94	2.04
Valor máximo	15.74	30.10	1.09	2.42	15.44	29.74	1.27	2.51
Valor mínimo	8.22	15.84	0.60	1.40	7.61	14.61	0.61	1.39
Desvio-padrão	1.96	3.79	0.14	0.29	2.16	4.16	0.17	0.32
Tx de crescimento	0.64%	0.64%	0.76%	0.66%	0.79%	0.70%	0.86%	0.73%
Curtose	0.99	1.10	-0.76	-1.06	1.28	1.43	-0.75	-1.12
Teste JB	25.96 (0.00)	28.04 (0.00)	6.53 (0.03)	3.72 (0.15)	33.24 (0.00)	36.08 (0.00)	4.59 (0.10)	4.04 (0.13)

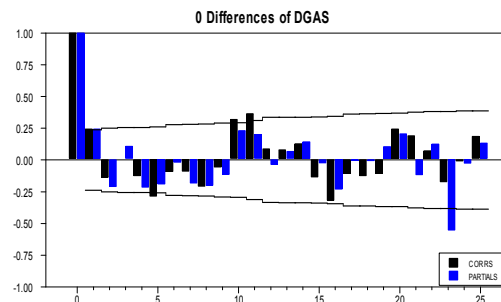
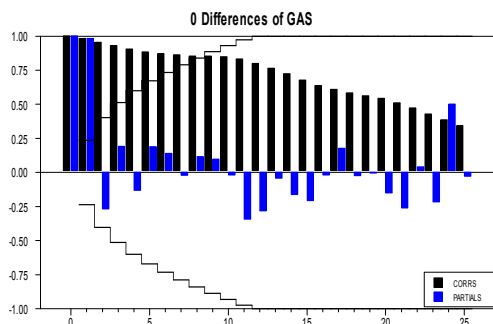
Fonte: Dados da pesquisa. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1 Nota: A taxa de crescimento foi realizada através da regressão do logaritmo da variável sobre o tempo t.

**TABELA A.4**  
**Correlograma (FAC) e (FACP) para o Preço *Spot* do Petróleo, Gasolina e Gás Natural no mercado internacional de 2001:07 a 2007:07**

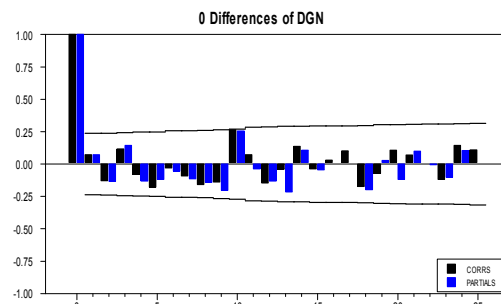
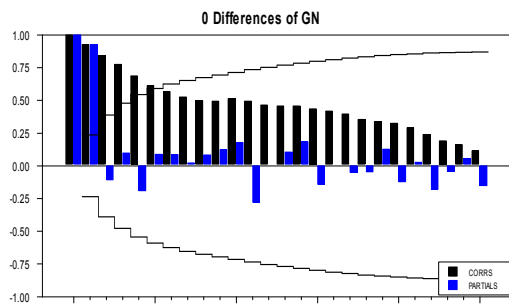
**Série Petróleo**



**Série Gasolina**



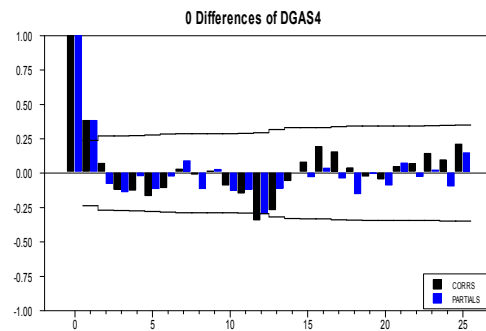
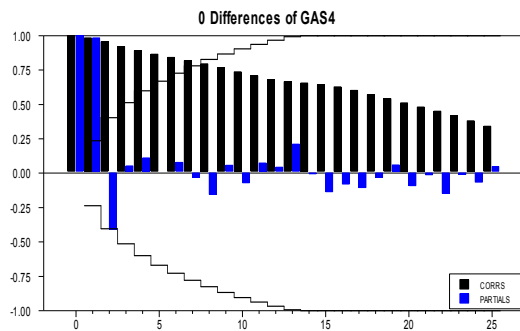
**Série Gás natural**



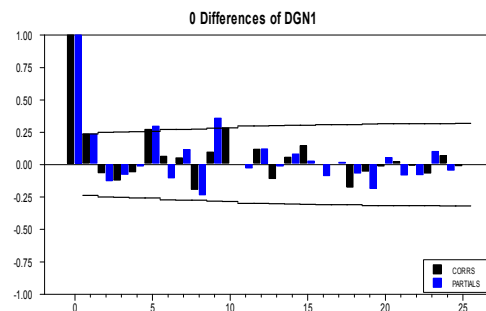
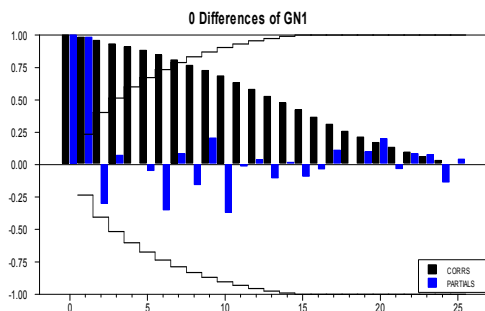
Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

**TABELA A.5**  
**Correlograma (FAC) e (FACP) para o Preço *Spot* da Gasolina, Gás Natural, GNV e GLP no mercado Brasileiro de 2001:07 a 2007:07**

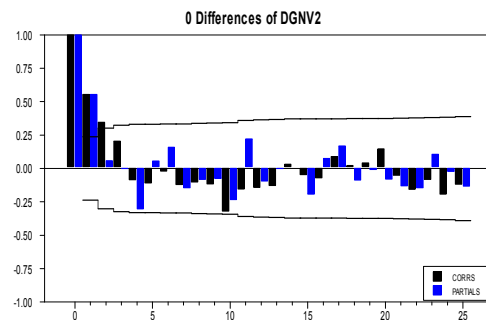
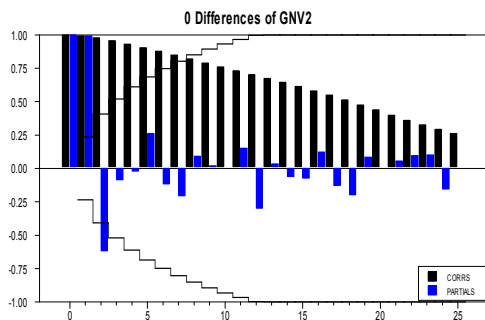
**Série Gasolina**



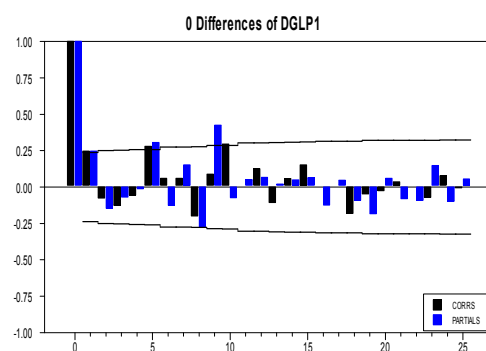
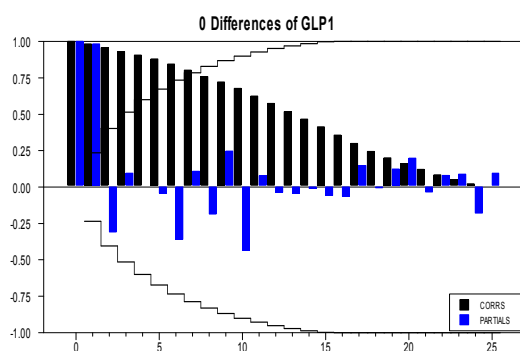
**Série Gás natural**



**Série GNV**



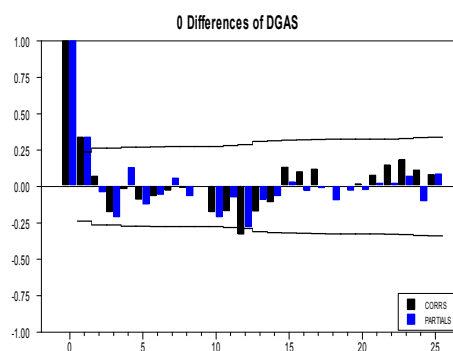
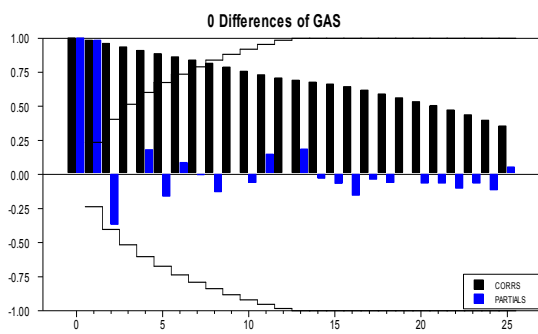
**Série GLP**



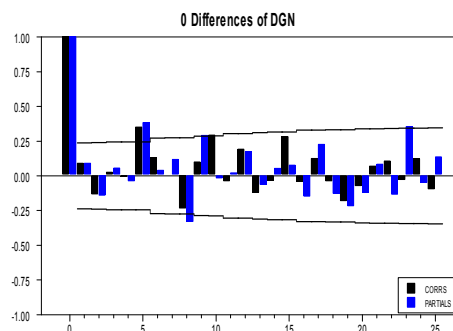
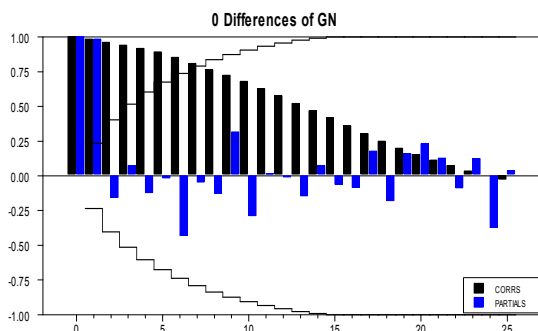
Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

**TABELA A.6**  
**Correlograma (FAC) e (FACP) para o Preço da Gasolina, Gás Natural, GNV e**  
**GLP na Região Nordeste de 2001:07 a 2007:07**

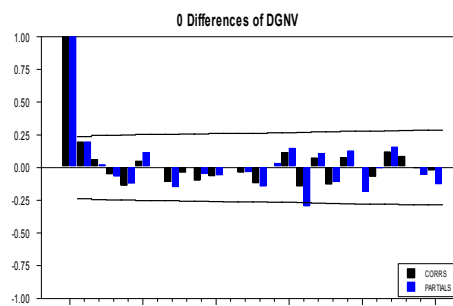
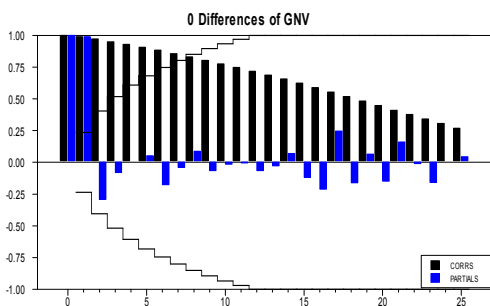
### Série Gasolina



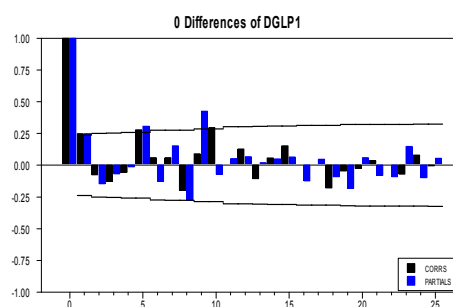
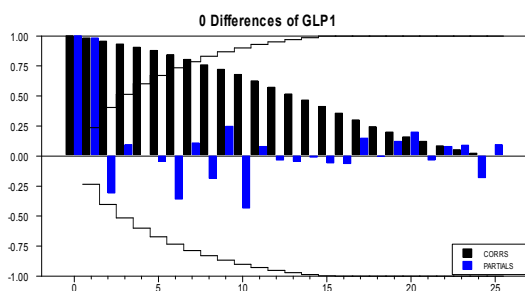
### Série Gás natural



### Série GNV



### Série GLP



Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

**TABELA A.7**  
**Teste ARIMA para o Preço do Gás Natural, Gasolina e Petróleo Internacional**

Modelos	Q(12)	P(Q)	AIC	SBC	EQM
<b>Gás natural</b>					
<b>ARIMA (1,1,1)</b>	<b>17.0987</b>	<b>0.14592292</b>	<b>267.654</b>	<b>274.400</b>	<b>0.748741</b>
ARIMA (1,1,0)	20.1409	0.06446630	267.675	272.172	0.753002
<b>Petróleo</b>					
<b>ARIMA (1,1,2)</b>	<b>14.1061</b>	<b>0.29398241</b>	<b>472.67780</b>	<b>481.67178</b>	<b>1093.392</b>
ARIMA (0,1,2)	17.7056	0.12492790	478.26854	485.05658	1094.557
<b>Gasolina</b>					
<b>ARIMA (2,1,4)</b>	<b>10.3988.</b>	<b>0.58101457</b>	<b>589.99197</b>	<b>605.63071</b>	<b>80.261634</b>
ARIMA (0,1,4)	20.6959.	0.06501409	615.37221	626.68561	93.594995

Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

**TABELA A.8**  
**Teste ARIMA para o Preço do Gás Natural, GNV, GLP e Gasolina no Brasil e no Nordeste brasileiro**

Modelos	Q(12)	P(Q)	AIC	SBC	EQM
<b>Brasil</b>					
<b>Gás natural</b>					
<b>ARIMA (2,1,2)</b>	<b>7.7745</b>	<b>0.278</b>	<b>116.852</b>	<b>128.022</b>	<b>0.0343</b>
ARIMA (3,1,0)	11.6698	0.1665	137.464	146.342	0.1291
<b>GLP</b>					
<b>ARIMA (5,1,1)</b>	<b>11.445</b>	<b>0.491</b>	<b>208.810</b>	<b>224.137</b>	<b>0.0056</b>
ARIMA (5,1,2)	10.803	0.545	208.153	225.670	0.0087
<b>GNV</b>					
<b>ARIMA (0,1,3)</b>	<b>15.027</b>	<b>0.522</b>	<b>-322.048</b>	<b>-312.997</b>	<b>0.000281</b>
ARIMA (1,1,3)	16.712	0.404	-315.572	-304.329	0.000282
<b>Gasolina</b>					
<b>ARIMA (2,1,2)</b>	<b>11.236</b>	<b>0.508</b>	<b>122.202</b>	<b>111.031</b>	<b>0.000186</b>
ARIMA (2,1,3)	17.922	0.118	120.793	107.389	0.000264
<b>Nordeste</b>					
<b>Gás natural</b>					



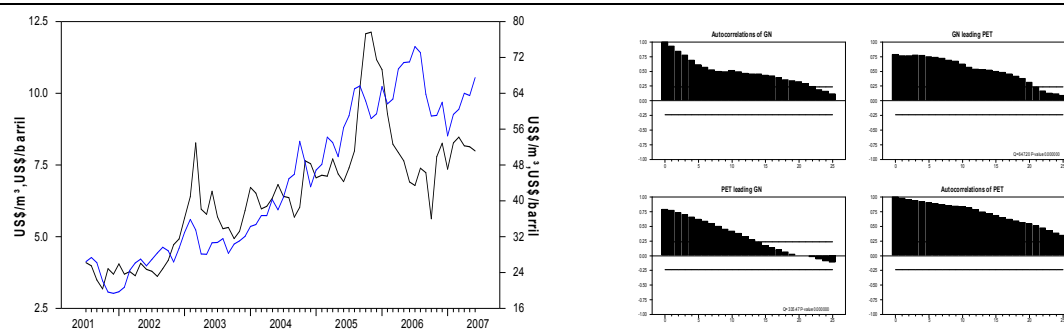
<b>ARIMA (2,1,1)</b>	<b>24.146</b>	<b>0.1943</b>	<b>154.890</b>	<b>163.826</b>	<b>0.0003</b>
ARIMA (2,1,3)	21.498	0.0435	148.843	162.248	0.0006
<b>GLP</b>					
<b>ARIMA (5,1,5)</b>	<b>11.137</b>	<b>0.194</b>	<b>236.489</b>	<b>260.575</b>	<b>0.0118</b>
ARIMA (3,1,5)	12.248	0.140	242.511	262.487	0.1894
<b>GNV</b>					
<b>ARIMA (2,1,1)</b>	<b>3.527</b>	<b>0.897</b>	<b>-222.704</b>	<b>-213.768</b>	<b>0.00154</b>
ARIMA (1,1,1)	5.126	0.744	-227.908	-221.163	0.00751
<b>Gasolina</b>					
<b>ARIMA (1,1,2)</b>	<b>1.193</b>	<b>0.996</b>	<b>-121.056</b>	<b>-112.062</b>	<b>0.000105</b>
ARIMA (2,1,2)	1.079	0.982	-117.155	-105.984	0.000105

Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

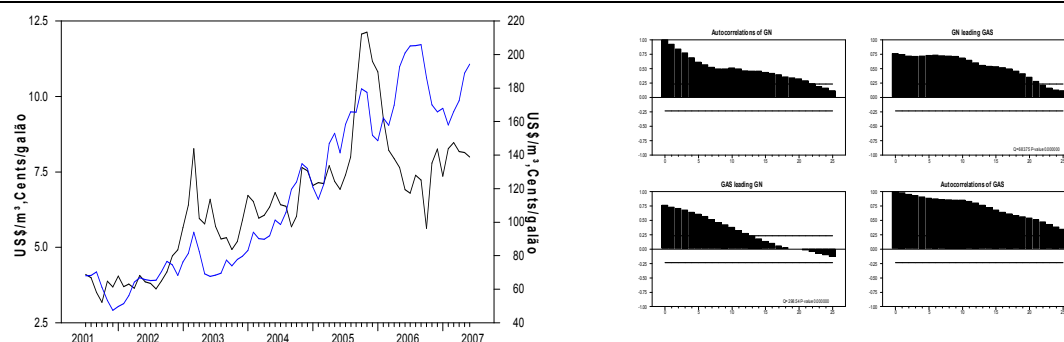
**TABELA A.9**

**Gráfico e Correlograma cruzado no mercado internacional de 2001:07 a 2007:07**

**Preço petróleo *spot* e o preço do Gás natural *spot* internacional**



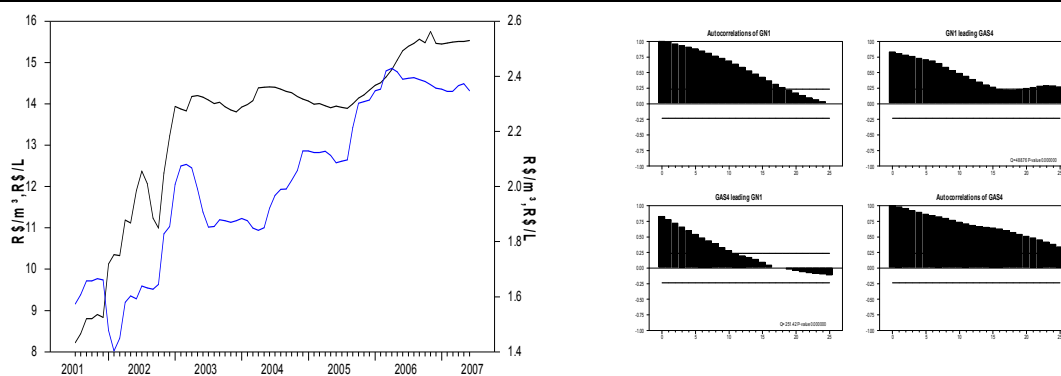
**Preço gasolina *spot* e o preço do gás natural *spot* internacional**



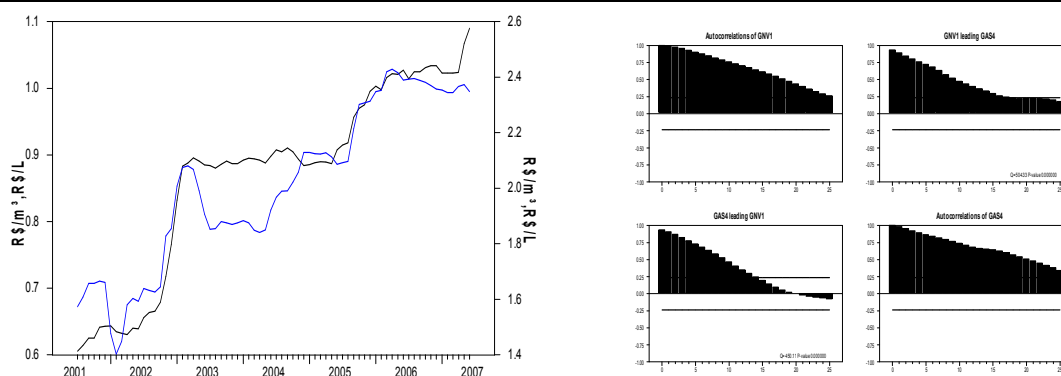
Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

**TABELA A.10**  
Gráficos e Correlograma cruzado das séries no mercado brasileiro de 2001:07 a 2007:07

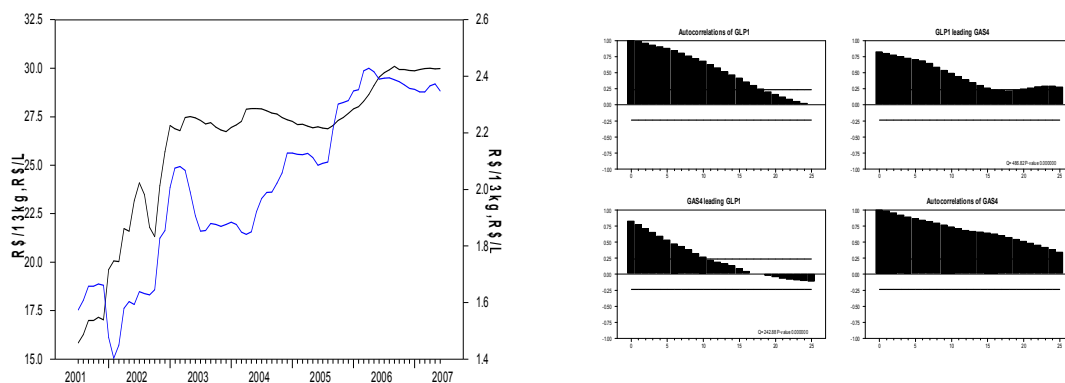
**Preço gasolina e o preço do Gás natural no Brasil**



**Preço gasolina e o preço do GNV no Brasil**



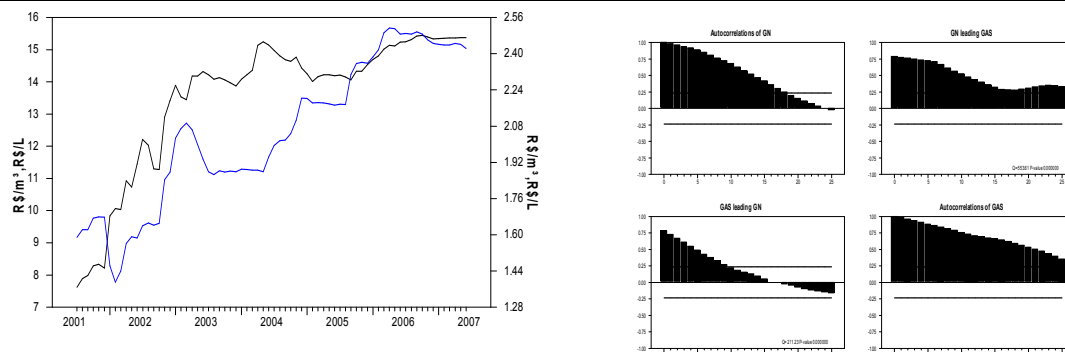
**Preço gasolina e o preço do GLP no Brasil**



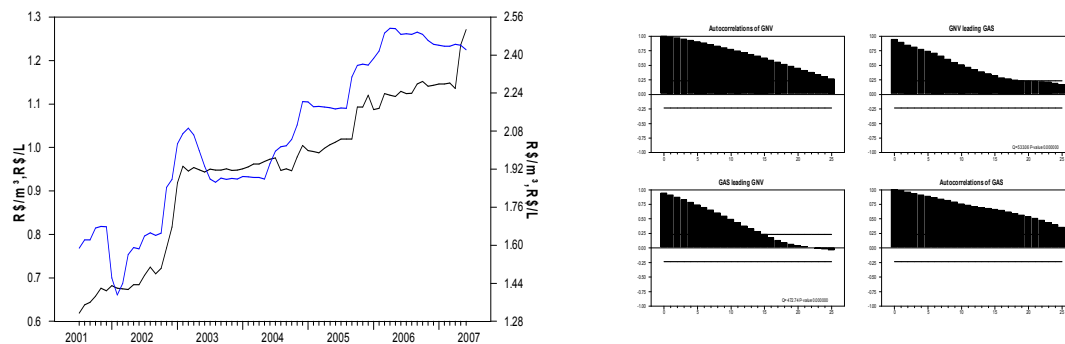
Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do software RATS 6.1.

**TABELA A.11**  
**Gráficos e Correlograma cruzado no mercado da Região Nordeste de 2001:07 a 2007:07**

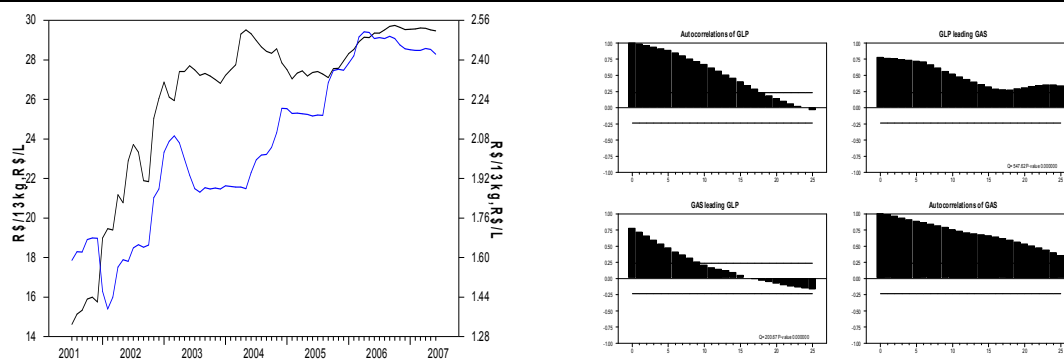
**Preço gasolina e o preço do Gás natural na Região Nordeste**



**Preço gasolina e o preço do GNV na Região Nordeste**



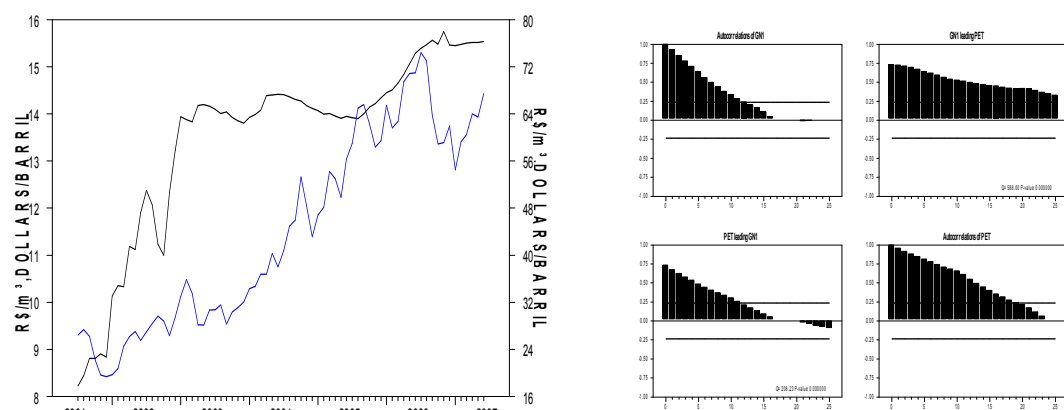
**Preço gasolina e o preço do GLP na Região Nordeste**



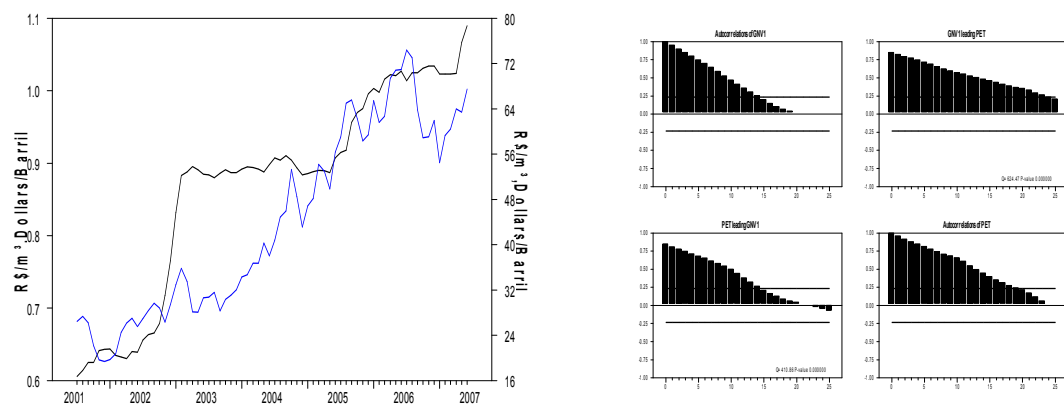
Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

**TABELA A.12**  
**Gráficos e Correlograma cruzado entre os mercados internacional e brasileiro de**  
**2001:07 a 2007:07**

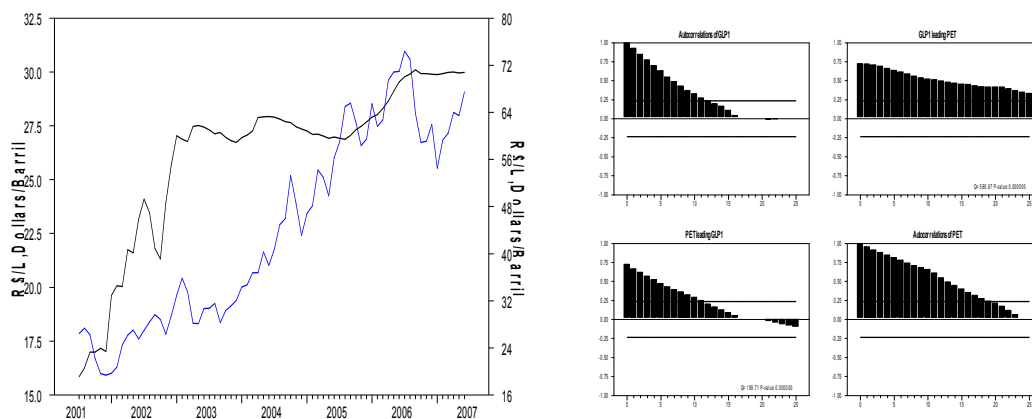
**Preço petróleo *spot* internacional e o preço do Gás natural no Brasil**



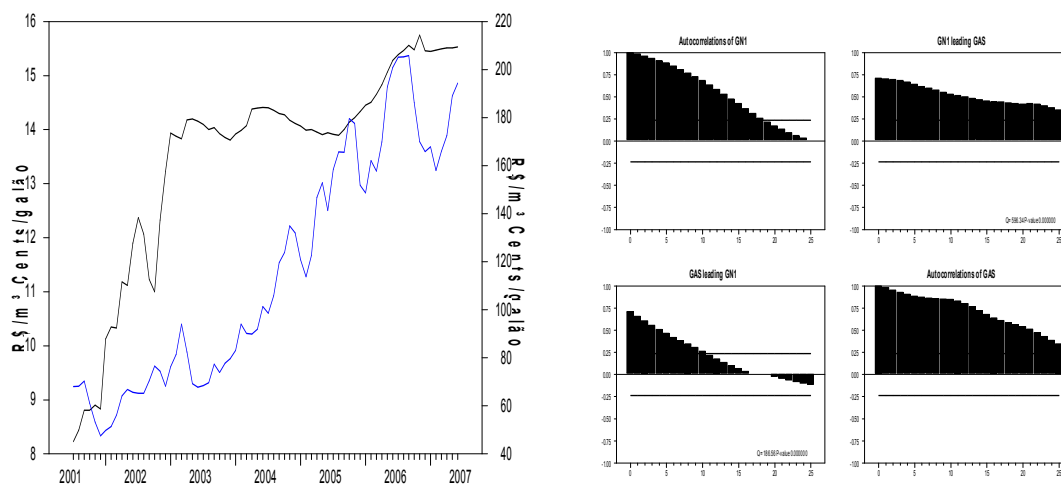
**Preço petróleo *spot* internacional e o preço do GNV no Brasil**



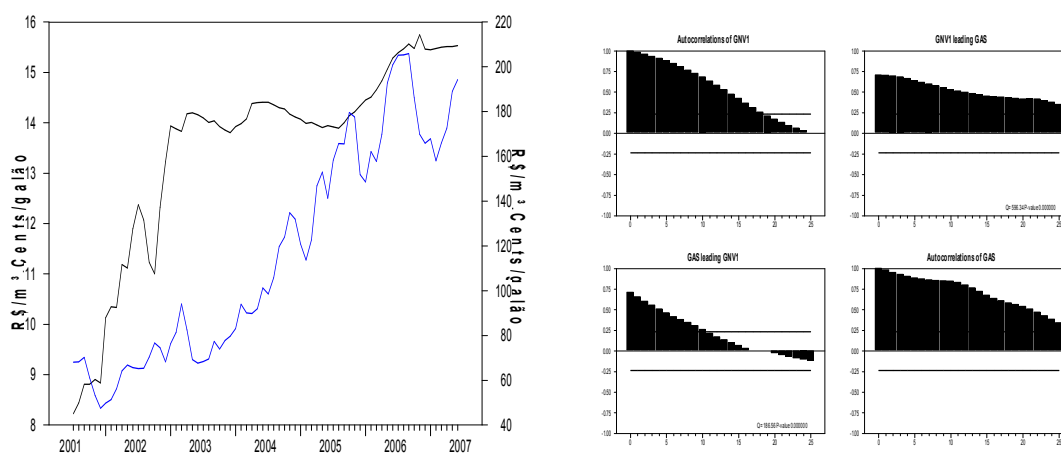
## Preço petróleo *spot* internacional e o preço do GLP no Brasil



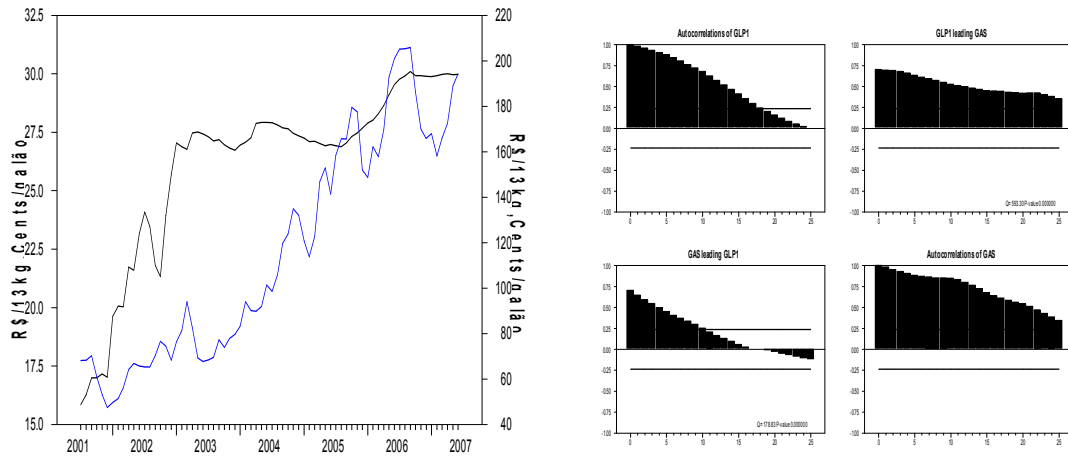
## Preço gasolina *spot* internacional e o preço do Gás natural no Brasil



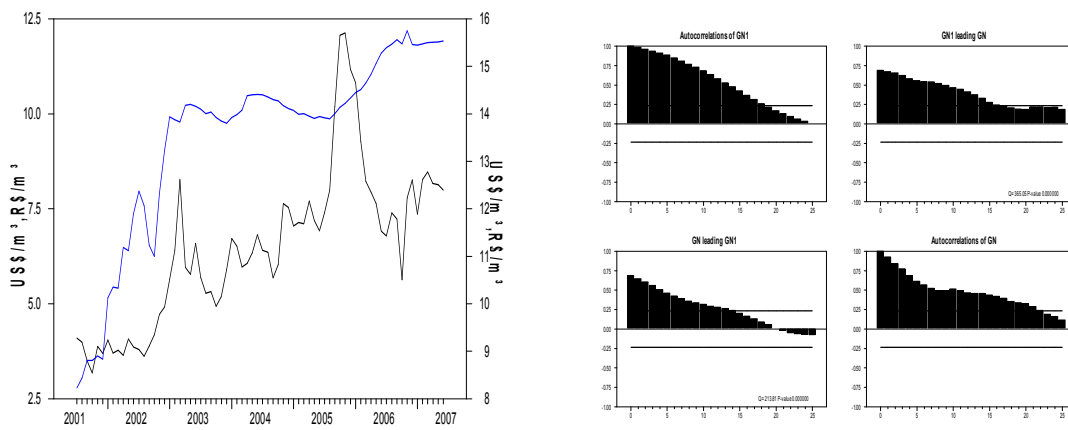
## Preço gasolina *spot* internacional e o preço do GNV no Brasil



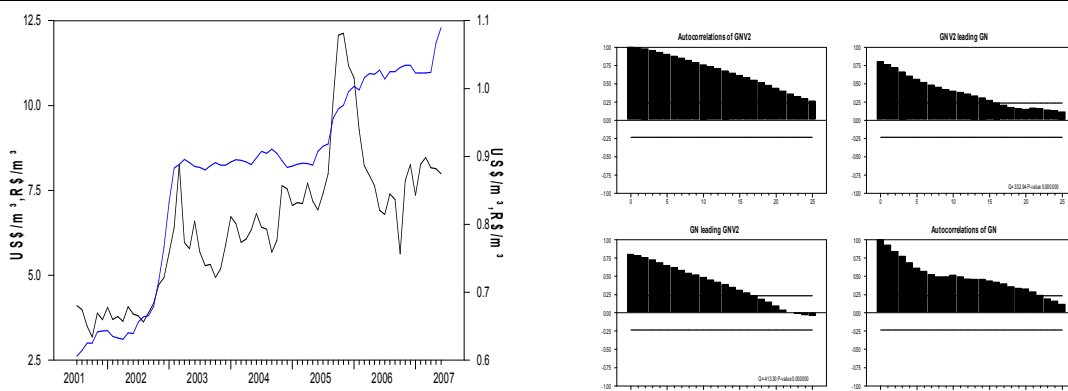
**Preço gasolina *spot* internacional e o preço do GLP no Brasil**



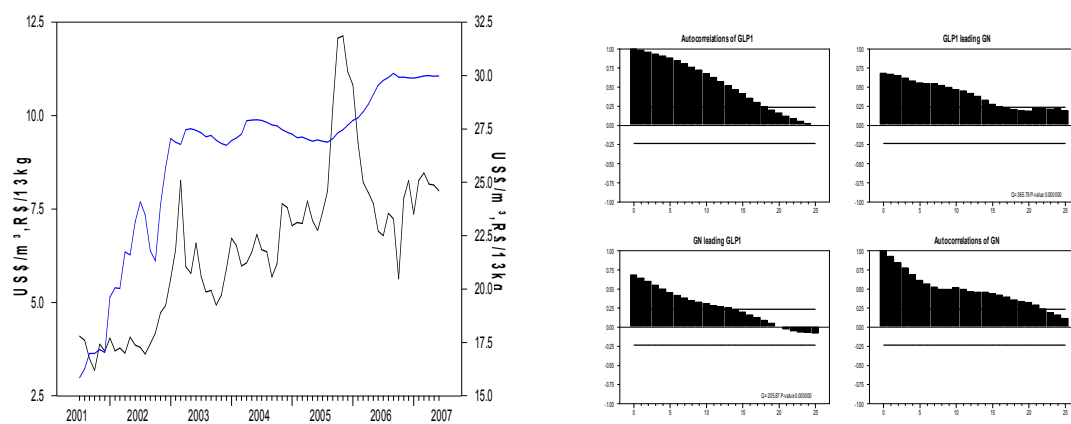
**Preço gás natural *spot* internacional e o preço do Gás natural no Brasil**



**Preço gás natural *spot* internacional e o preço do GNV no Brasil**



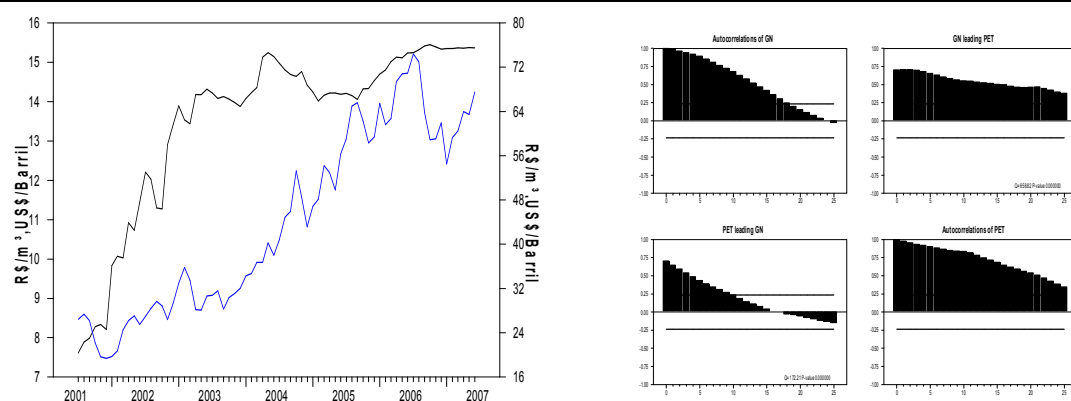
**Preço gás natural *spot* internacional e o preço do GLP no Brasil**



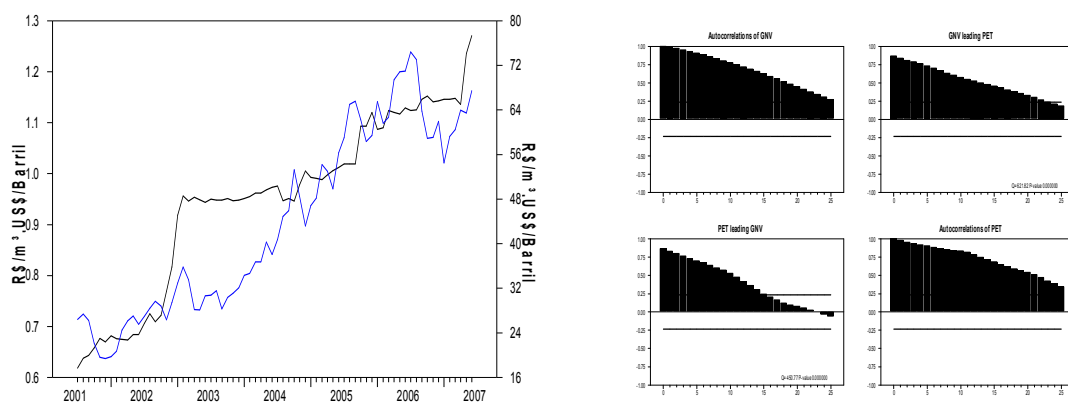
Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

**TABELA A.13**  
**Gráficos e Correlogramas cruzado entre os mercados internacional e a Região**  
**Nordeste de 2001:07 a 2007:07**

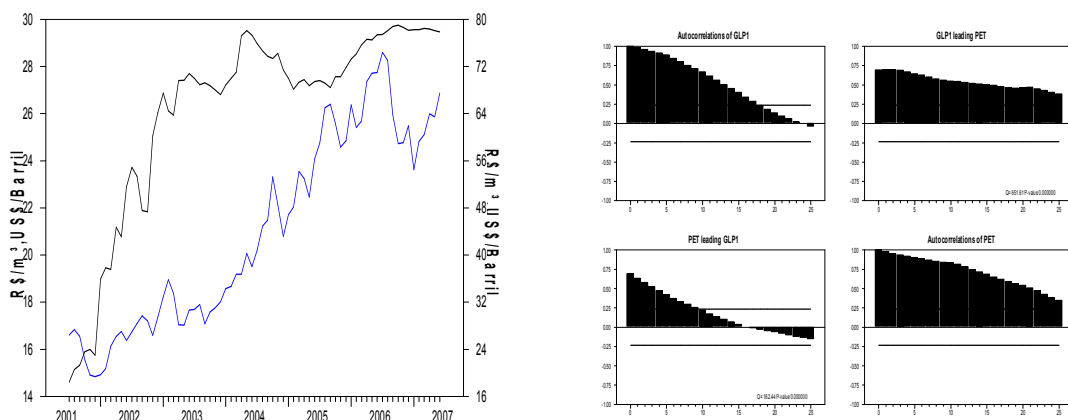
**Preço petróleo *spot* internacional e o preço do Gás natural no Nordeste**



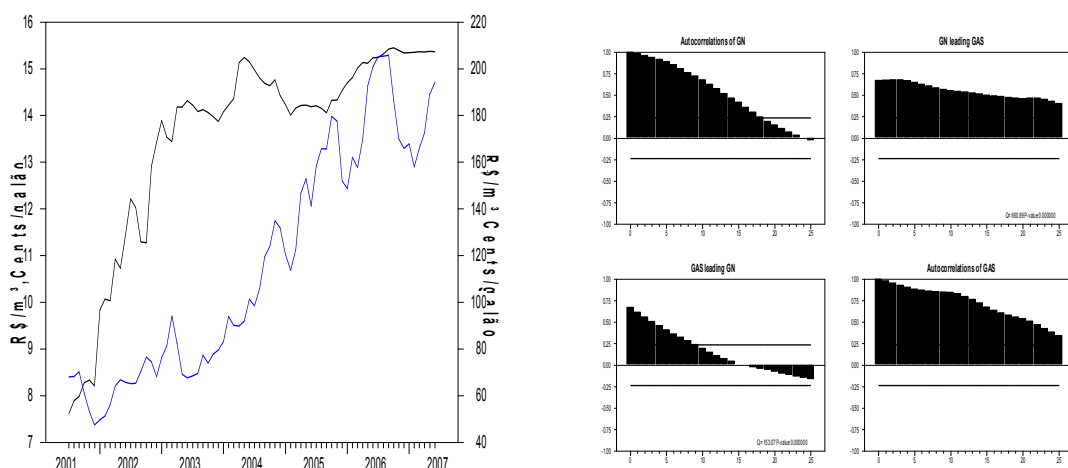
**Preço petróleo *spot* internacional e o preço do GNV no Nordeste**



**Preço petróleo *spot* internacional e o preço do GLP no Nordeste**

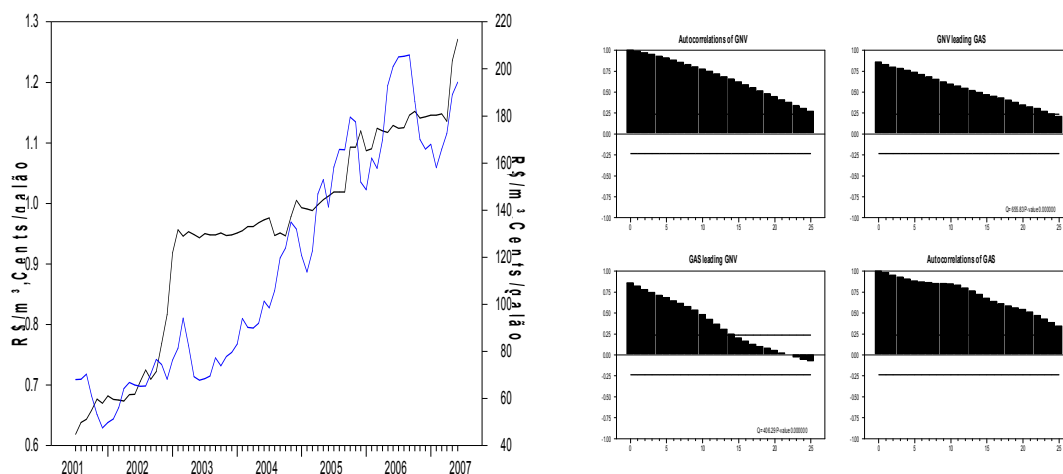


**Preço gasolina *spot* internacional e o preço do Gás natural no Nordeste**

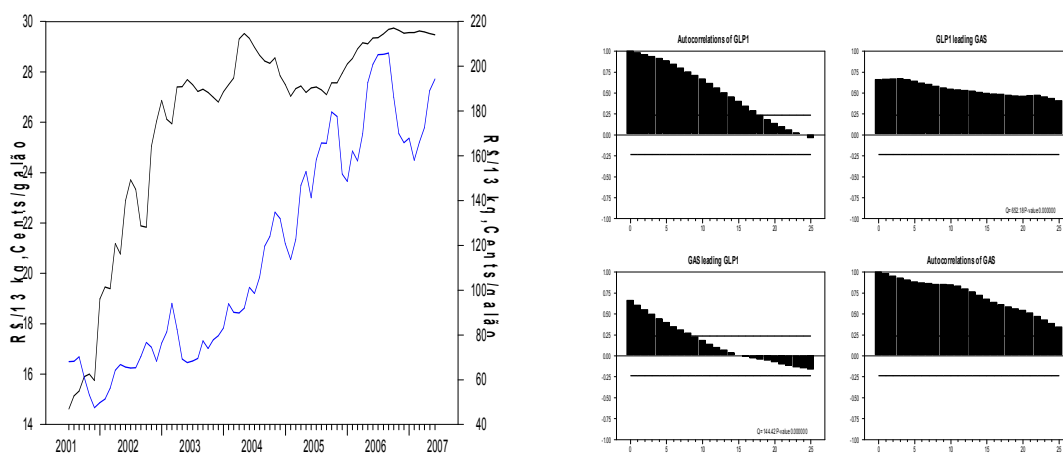


**Preço gasolina *spot* internacional e o preço do GNV no Nordeste**

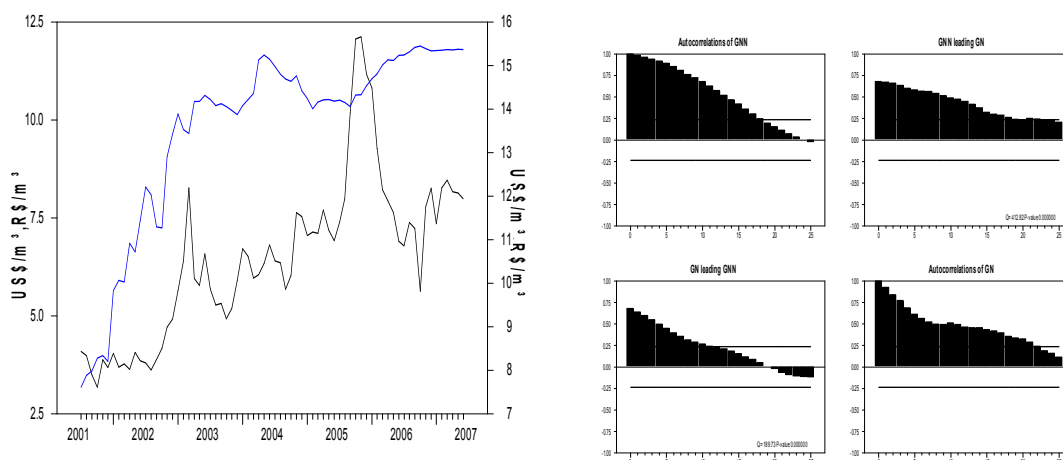




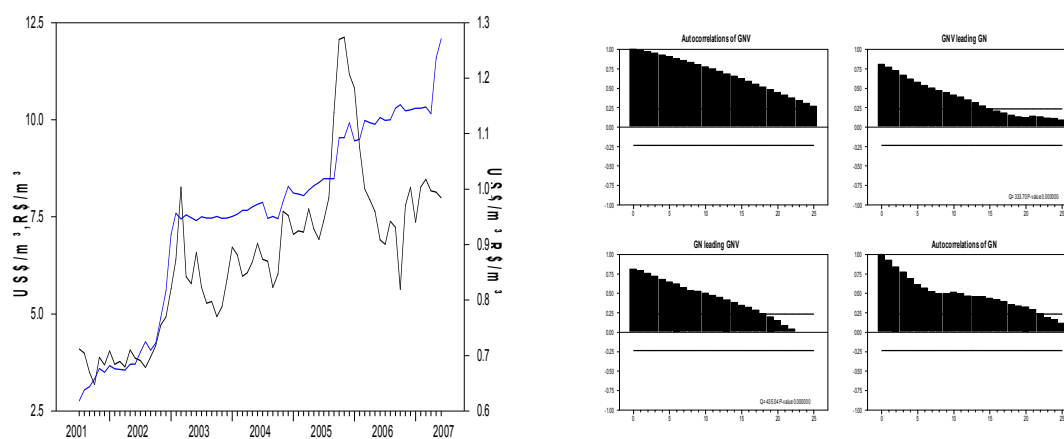
**Preço gasolina *spot* internacional e o preço do GLP no Nordeste**



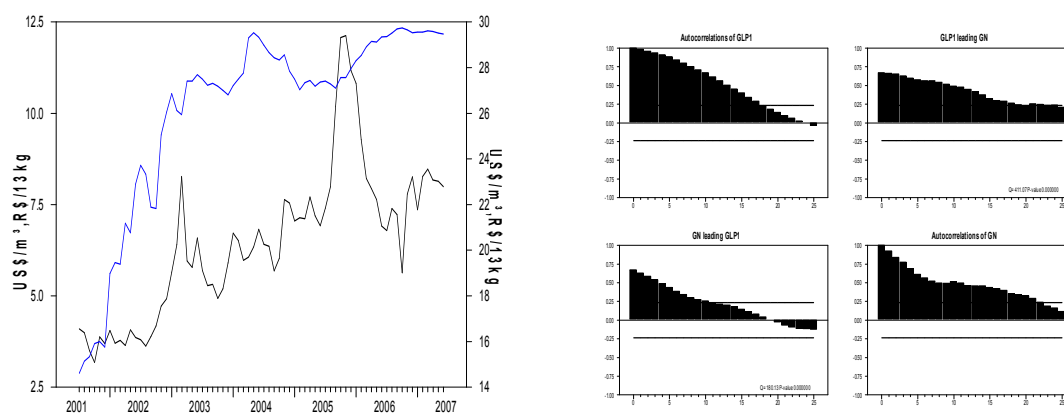
**Preço gás natural *spot* internacional e o preço do Gás natural no Nordeste**



**Preço gás natural *spot* internacional e o preço do GNV no Nordeste**



### Preço gás natural *spot* internacional e o preço do GLP no Nordeste



Fonte: Elaboração própria. Resultados obtidos a partir do *software* RATS 6.1.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)