

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ECONOMIA E ADMINISTRAÇÃO  
MESTRADO EM ECONOMIA APLICADA**

**FLAVIANE SOUZA SANTIAGO**

**UM MODELO ECONOMETRICO + INSUMO-PRODUTO PARA A PREVISÃO DE  
LONGO PRAZO DA DEMANDA DE COMBUSTÍVEIS NO BRASIL.**

**JUIZ DE FORA  
FEVEREIRO, 2009**

FLAVIANE SOUZA SANTIAGO

**UM MODELO ECONOMÉTRICO + INSUMO-PRODUTO PARA A PREVISÃO DE  
LONGO PRAZO DA DEMANDA DE COMBUSTÍVEIS NO BRASIL.**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Faculdade de Economia e Administração da Universidade Federal de Juiz de Fora como parte das exigências do Mestrado em Economia Aplicada.

**Orientador:** Prof. Dr. Rogério Silva de Mattos

**Co-Orientador:** Prof. Dr. Fernando Salgueiro Perobelli

JUIZ DE FORA  
FEVEREIRO, 2009

FLAVIANE SOUZA SANTIAGO

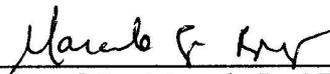
**UM MODELO ECONOMETRICO + INSUMO-PRODUTO PARA A PREVISÃO DE  
LONGO PRAZO DA DEMANDA DE COMBUSTÍVEIS NO BRASIL**

Dissertação submetida à Faculdade de Economia e Administração da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada, com área de concentração em Métodos de Análise Regional.

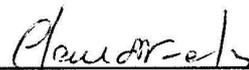
APROVADA EM 28/02/2009



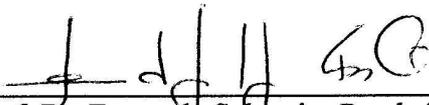
Prof. Dr. Rogério Silva de Mattos  
FEA - Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Marcelo José Braga  
UFV – Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Cláudio Foffano Vasconcelos  
FEA - Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Fernando Salgueiro Perobelli  
FEA - Universidade Federal de Juiz de Fora

Santiago, Flaviane Souza

Um modelo econométrico + insumo-produto para a previsão de longo prazo da demanda de combustíveis no Brasil / Flaviane Souza Santiago. -- 2009.

107 f. :il.

Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada)-Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

1. Econometria. 2. Insumo-produto. 3. Energia. 4. Combustíveis. I. Titulo

CDU 330.115

**Dedico:**

*Aos meus pais, Ronaldo e Lecy, pelo amor incondicional e por não medirem esforços para que eu pudesse atingir meus objetivos, e aos meus irmãos, Farley e Fábria pelo carinho.*

## AGRADECIMENTOS

*A Deus, pela sua infinita bondade e misericórdia, que tem compreendido os meus momentos de dificuldades, dando-me força e coragem para finalizar este trabalho.*

*À minha família, que suportou a minha falta de assistência e minha ausência, mesmo assim, sempre me acolhendo com muito amor cada vez que retornava a eles.*

*Ao Prof. Dr. Rogério Silva de Mattos, não somente pela excelente orientação neste trabalho, mas, sobretudo pelas valiosas lições que com ele pude aprender durante os dois anos de convivência como aluna, monitora e orientanda.*

*Ao Prof. Dr. Fernando Salgueiro Perobelli, pela orientação, pelo incentivo, pelas idéias, dedicação, e pela disposição que sempre demonstrou.*

*Ao professor Dr. Cláudio Roberto Foffano Vasconcelos, integrante de minha banca de qualificação, pelas excelentes contribuições nas diversas etapas da elaboração deste trabalho.*

*Aos professores do Mestrado em Economia Aplicada, pelos ensinamentos recebidos.*

*Ao Rafael, pelo amor, ajuda, incentivo, paciência e compreensão em todos os momentos, e à sua família que me recebeu com muito carinho.*

*Aos meus amigos: Ana Márcia, Larissa, Nayana e Ronie, que mesmo distantes sempre me deram muita força.*

*As minhas amigas de toda hora, Rosa e Terciane, com quem tive o privilégio de estudar, divertir e compartilhar os sonhos e anseios durante todo o mestrado, firmando laços verdadeiros de amizade.*

*Aos demais amigos de classe: Ludmilla, Pedro, Vinicius e Wander, pelas interações e ajudas nos estudos.*

*À UFJF, a CAPES e ao CMEA, pelo apoio institucional e financeiro em todas as etapas deste estudo.*

*A todos os funcionários, em especial Cida, pelo respeito, prontidão e responsabilidade com que sempre me recebeu.*

*Por fim, reconheço com carinho e admiração, a participação de todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para que este momento tão especial de minha vida pudesse se concretizar.*

## RESUMO

Este trabalho desenvolveu um modelo de previsão de longo prazo da demanda de combustíveis no Brasil baseado na integração de um modelo econométrico de séries temporais com um modelo de insumo-produto híbrido. Os dados utilizados para estimar o modelo econométrico foram às séries históricas anuais dos componentes da demanda final (PIB, consumo das famílias, investimento, exportações, gastos do governo e importações) produzidos pelo Sistema de Contas Nacionais do IBGE. Para a construção do módulo de insumo-produto híbrido, foi utilizada a matriz nacional de insumo-produto do Brasil para o ano de 2005, estimada pelo IBGE, e os dados de uso de combustíveis derivados do petróleo (gasolina, óleo diesel, óleo combustível e álcool, medidos em “tep”) disponíveis no Balanço Energético Nacional de 2008. Na construção do modelo econométrico, verificou-se que as séries temporais além de não estacionárias são também cointegradas. Portanto, foram estimados modelos de correção de erros vetoriais para as variáveis originais e em uma versão alternativa com as mesmas transformadas em log. Para selecionar o melhor modelo, aplicou-se um teste preditivo sobre os modelos estimados para os anos de 2004 a 2007, concluindo-se que o modelo com variáveis em log apresentou o melhor desempenho. De forma análoga, foi também realizado um teste preditivo no mesmo período para verificar a capacidade de previsão do modelo integrado com relação ao consumo dos combustíveis. Posteriormente, o modelo integrado foi então usado para se fazer previsões futuras no período de 2008 a 2017. Foram considerados dois cenários para as variáveis exógenas: um refletindo uma duração curta para a atual crise mundial e outro uma duração longa para a mesma. Em ambos os casos, as projeções indicaram um aumento na demanda de combustíveis para os próximos 10 anos.

**PALAVRAS CHAVES:** Econometria; Insumo-produto; Modelo Integrado; Energia; Combustíveis.

## **ABSTRACT**

This work developed a model for long run forecasting the demand for fuels in Brazil based on the integration of a time series econometric model with a hybrid input-output model. The data used to estimate the econometric model were the annual time series of of final demand components (GDP, household consumption, investment, exports, government spends and imports) produced by the System of National Accounts of the IBGE. The development of the hybrid input-output module made use of the national input-output matrix of Brazil for the year 2005, estimated by IBGE, and the data on petroleum derivatives (gasoline, diesel oil, combustible oil and alcohol, measured in “tep”) consumption available in the National Energy Balance of 2008. In the construction of the econometric model, it was verified that the time series in addition to not being stationary are also cointegrated. Thus, Vector Error Correction models were estimated for the original variables and, in an alternative version, for those variables transformed in log. To select the best model, a predictive test was performed on the models for years 2004 to 2007 and the conclusion was that the model with variables in log presented the best performance. In a similar fashion, it was also undertaken a predictive test at the same period to evaluate the forecasting ability of the integrated model with regard to fuels consumption. Afterwards, the integrated model was then used to generate future forecasts in the period 2008 to 2017. Two scenarios for the exogenous variables were considered: one featuring a short duration for the current world crisis and another featuring a long duration. In both cases, the projections indicated an increase in the fuels demand for the next 10 years.

**KEYWORDS:** Econometric; Input-Output; Integrated Model; Energy; Fuel.

**LISTA DE FIGURAS E QUADROS**

	<b>Página</b>
Figura 1– Estratégias de integração regional.....	22
Quadro 1 – Resumo de alguns trabalhos de modelos EC+IP .....	29
Figura 2 – Gráficos das variáveis que compõem o modelo econométrico (em log) .....	59
Figura 3 – Gráficos da produção dos combustíveis utilizados .....	69

**LISTA DE GRÁFICOS**

	<b>Página</b>
Gráfico 1 – Evolução do preço do barril de petróleo (US\$).....	2
Gráfico 2 – Participação do petróleo na matriz energética mundial (%).....	6
Gráfico 3- Evolução da produção e consumo total de petróleo no Brasil .....	11
Gráfico 4 – Consumo de derivados do petróleo no Brasil em 2007 (%).....	12
Gráfico 5- Evolução do consumo de álcool no Brasil .....	13

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
Tabela 1 – As 20 Maiores reservas de petróleo do mundo em 2007 (bilões de barris).....	6
Tabela 2- Principais produtores e consumidores de petróleo do mundo em 2006 (milhões de barris de petróleo por dia).....	8
Tabela 3- Oferta interna de energia (tep e %) .....	10
Tabela 4- Comparativos das características entre os modelos EC, IP e EC+IP .....	20
Tabela 5- Representação da matriz de fluxos inter-industriais de bens para dois setores.....	36
Tabela 6- Testes de raízes unitárias (ADF) para variáveis originais.....	61
Tabela 7- Testes de raízes unitárias (ADF) para variáveis em log.....	62
Tabela 8- Teste traço para co-integração das variáveis originais.....	63
Tabela 9- Teste do máximo autovalor co-integração das variáveis originais.....	63
Tabela 10- Teste traço para co-integração das variáveis em log.....	64
Tabela 11- Teste do máximo autovalor co-integração das variáveis em log.....	64
Tabela 12- Teste de previsão para os modelos VEC (2004 a 2007) .....	67
Tabela 13- Teste preditivo do modelo EC+IP .....	70
Tabela 14- Cenários “Crise Curta” .....	74
Tabela 15- Cenários “Crise Longa”.....	75
Tabela 16- Previsões para o consumo de combustíveis “Crise Curta”.....	77
Tabela 17- Previsões para o consumo de combustíveis “Crise Longa” .....	78

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>1- INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 – CARACTERIZAÇÃO SETORIAL E REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
2.1 - O Mercado de Combustíveis .....	5
2.2 - Estudos Empíricos sobre demanda de combustíveis.....	14
2.3 - Abordagem do Modelo Integrado EC+IP. ....	19
2.3.1 - Características dos Modelos Integrados.....	19
2.3.1.1 - Estratégias de Integração.....	21
2.3.2 - Estudos Empíricos do Modelo Integrado EC+IP .....	24
<b>3 – METODOLOGIA E BASE DE DADOS.....</b>	<b>30</b>
3.1 - Modelo Econométrico de Séries Temporais... ..	30
3.1.1 – Teste de Raiz Unitária... ..	31
3.1.2 – Teste de Co- Integração.....	33
3.2 – Modelo Insumo-Produto.....	35
3.2.1 – Modelo de Insumo Produto Híbrido.....	39
3.3 – O Modelo Econometrico + Insumo Produto .....	42
3.3.1 – Modelo EC+IP de Mattos <i>et al</i> (2008) .....	43
3.3.2 – O Modelo Macroeconômico para os Componentes da Demanda Final .....	44
3.3.3 – Identidades Básicas.....	48
3.3.4 – Modulo de Energia .....	49
3.5 - Base de Dados .....	52
3.5.1 – Modelo Econométrico .....	52
3.5.2 – Matriz de Insumo Produto .....	53
3.5.2.1 – Construção da Matriz Híbrida .....	55
<b>4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
4.1 – Resultados para o Modelo Econométrico.....	58
4.1.1 – Estimções VAR/VEC .....	65
4.2 – Teste Preditivo para o Modelo Econométrico .....	66
4.2.1– Teste Preditivo para o Modelo Integrado EC+IP .....	68
4.3 - Cenários.....	71
4.4– Previsão do Modelo EC+IP para os combustíveis .....	76

<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>79</b>
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>91</b>
Anexo 1- Principais crises mundiais .....	92
Anexo 2 – Compatibilização dos 110 produtos em 60 setores.....	93
Anexo 3 – Compatibilização dos 60 setores e dos demais setores do balanço energético em 19 setores .....	94
Anexo 4 – Modelo VEC com variáveis originais (MVO).....	95
Anexo 5 – Modelo VEC com variáveis originais com <i>dummies</i> (MVOD).....	96
Anexo 6– Modelo VEC com variáveis em log (MVL) .....	97
Anexo 7– Modelo VEC com Variáveis em log com <i>dummies</i> (MVLD) .....	98
Anexo 8 - Teste Preditivo para o modelo VEC com as variáveis originais (MVO) .....	99
Anexo 9 - Teste Preditivo para o modelo VEC com as variáveis originais com <i>dummies</i> (MVOD) .....	100
Anexo 10 - Teste Preditivo para o modelo VEC com as variáveis em log (MVL).....	101
Anexo 11 - Teste Preditivo para o Modelo VEC com as Variáveis em Log com <i>dummies</i> (MVLD) .....	102
Anexo 12– Modelo VEC com variáveis em log utilizado na integração de EC+IP .....	103
Anexo 13– Teste de diagnóstico para o modelo MVL .....	104

## 1 INTRODUÇÃO

A economia brasileira passou por transformações significativas nos anos 90. Dentre elas, o processo de abertura comercial iniciado no governo Collor e que se estendeu até o governo Fernando Henrique. A liberação cambial e a abertura econômica proporcionaram maior integração entre o Brasil e outros países, através de acordos bilaterais e multilaterais (GIAMBIAGI, 1999).

Por conseguinte, foram adotadas políticas norteadas para uma menor participação do estado na economia, passando este a exercer um papel cada vez mais de regulador e fiscalizador. Alguns setores foram inseridos no livre mercado, através de privatizações. Dentre esses setores, destacam-se os setores de energia, em particular o de petróleo e seus derivados que, apesar de ainda pertencerem ao estado, tem passado por reestruturação institucional e no seu processo produtivo.

Ao longo de algumas décadas, o desenvolvimento do setor petrolífero brasileiro, assim como mercado do álcool, esteve ligado completamente ao investimento do estado, que exercia todas as funções no processo de produção. Eram mantidos sistemas de controle dos preços desses combustíveis, que estava diretamente relacionado às questões de caráter econômico, energético, social e tributário (MARJOTTA-MAISTRO, 2002) <sup>1</sup>.

A partir dos anos de 1990 ocorreram mudanças nesse mercado, devido à redução do monopólio estatal, nas atividades produtivas, refino, comércio internacional e transporte, provocando a suspensão das barreiras institucionais e da liberação dos preços, como ocorreu também em outros setores da economia.

---

<sup>1</sup> Esses preços referem-se aos praticados pelas refinarias, que são pagos pelas distribuidoras de combustíveis pelos derivados do petróleo, e os preços de venda das distribuidoras e de revenda dos postos, ou seja, preços ao consumidor final (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

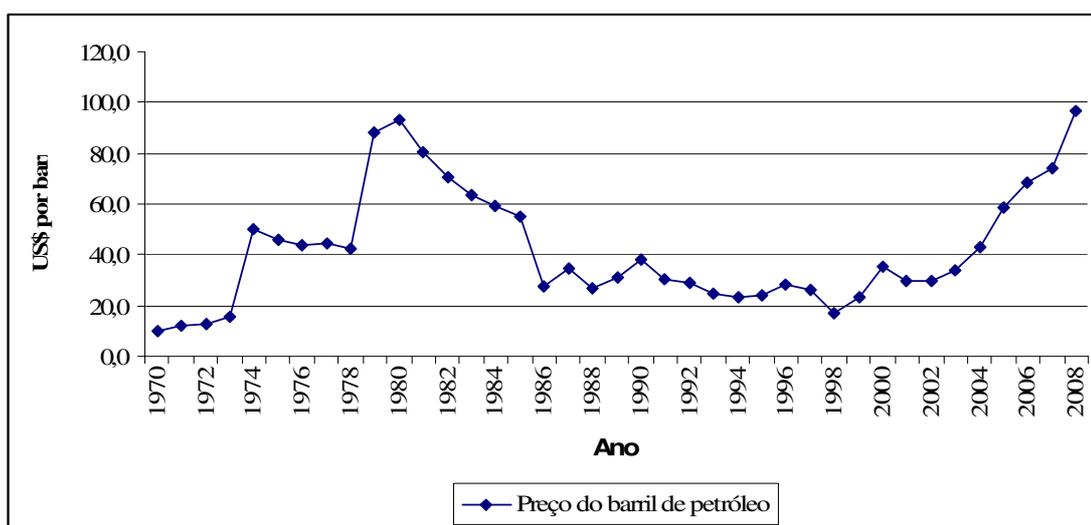
Segundo Marjotta-Maistro (2002), a abertura do mercado de álcool começou em 1997 com a liberação do preço de álcool anidro e em 1999 o hidratado<sup>2</sup>. No setor dos derivados do petróleo as mudanças iniciaram na segunda metade da década de 1990. E, a partir de 2002, todos os preços deixaram de ser controlados pelo governo.

A reestruturação do setor energético brasileiro se deu, em grande parte, devido à necessidade de atender à demanda crescente e contínua por energia. Essa demanda, por sua vez, coloca o petróleo e derivados e o álcool (usado também como fonte alternativa e renovável de energia) como uma fonte de energia importante para diversos setores da economia, principalmente no de transporte e industrial (MME, 2008)<sup>3</sup>.

Assim sendo, a preocupação com a matriz energética tem sido comum aos países que sofreram com o aumento da demanda de energia, pois, esse aumento afeta diretamente a economia. Com isso, a relevância do tema matriz de combustíveis é crescente diante da vulnerabilidade que a economia possui perante as cotações internacionais do petróleo.

Sendo o petróleo uma *commodity*, seu preço (Gráfico 1) e oferta são determinados principalmente pelos países membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), estão sujeitos às oscilações no mercado mundial (variação de oferta e demanda, especulação, sazonalidade, conflitos armados em determinadas regiões, etc.).

**GRÁFICO 1 - Evolução do preço do barril de Petróleo (US\$)<sup>4</sup>**



Fonte: IPEA (2009).

<sup>2</sup> O álcool anidro é utilizado na mistura com a gasolina, e o hidratado usado como combustível para frota de carros movidos exclusivamente a álcool.

<sup>3</sup> O álcool pode ser usado como aditivo na gasolina, combustível e energia elétrica (através do bagaço da cana).

<sup>4</sup> Deflacionado pelo índice geral de preços (IGP) americano a valores de 2008.

Por meio do Gráfico 1 é possível observar que as crises do petróleo (1973 e 1979/80) desencadearam um contexto de déficit de oferta, devido a conflitos envolvendo os produtores da OPEP, que provocaram embargo à distribuição de petróleo para os Estados Unidos e países da Europa. Com isso, os preços do barril atingiram valores elevados, o que provocou grande recessão nesses países e desestabilizou a economia ao redor do mundo. Após a recuperação da economia, os preços foram reduzindo gradativamente (1981 a 1984). Sendo que em 1985 com o aumento da produção da OPEP, tem-se uma queda maior nos preços. A partir de 1987 os preços apresentam pequenas oscilações, com aumentos significativos em alguns períodos, devido a conflitos mundiais (ver anexo 1). Entretanto, em 2001 com os atentados de 11 de setembro nos Estados Unidos, os preços apresentaram um crescimento constante.

Na situação de crise mundial, o comportamento dos preços afeta diretamente o Brasil. No entanto, é interessante destacar que ao longo dos últimos 15 anos, a dependência externa brasileira (diferença entre a demanda e a produção interna) do petróleo tem se reduzido. Em 2008 o Brasil estava entre os quinze maiores produtores de petróleo e entre os dez com maior capacidade instalada de refino.

Tendo em vista a importância do petróleo e seus derivados na matriz energética nacional, vários estudos econômicos (e.g., Jabir (2001), Gately e Huntington (2002), Moreira (1996), Zanini (2000) Marjotta-Maistro (2002)) passaram a ser conduzidos sobre o assunto. Esses têm como finalidade entender as modificações que ocorreram e vem se desenvolvendo tanto no setor de petróleo e seus derivados, quanto no mercado de álcool, principalmente relacionados às questões da matriz energética nacional. Esses estudos podem fornecer parâmetros para discussão e suporte às tomadas de decisões, para os agentes que atuam neste mercado.

Assim, a proposta da pesquisa a ser feita para a dissertação, consiste em desenvolver um modelo de previsão a longo prazo para demanda anual de combustíveis no Brasil, para verificar os possíveis determinantes dessa demanda<sup>5</sup>. Além do objetivo geral, o trabalho visa atender os seguintes objetivos específicos: 1) sistematizar as discussões atuais sobre o mercado de combustíveis no Brasil; 2) apresentar a literatura sobre modelos econométricos + insumo-produto e, em particular, suas aplicações para a economia brasileira; 3) realizar testes preditivos, para captar a qualidade de previsão do modelo, 4) realizar previsões de longo prazo, no horizonte de 10 anos à frente, a partir de 2008, da demanda total de combustíveis no Brasil, baseadas em cenários alternativos para esse período futuro. Com isso, procura-se criar

---

<sup>5</sup> O termo combustíveis será utilizado para designar os derivados do petróleo (gasolina óleo combustível e óleo diesel) e o álcool que serão utilizados na pesquisa.

uma ferramenta para se fazer previsões consistentes, com redução de incerteza, que permitam uma melhor compreensão deste mercado, haja vista a sua importância para a economia brasileira.

Existem várias metodologias voltadas para se desenvolver modelos de previsão (e.g., modelos econométricos de séries temporais e espaciais, redes neurais e lógica *fuzzy*). Uma abordagem que vem sendo explorada recentemente, inclusive no caso brasileiro, é a integração de modelos econométrico e de insumo-produto (MATTOS *et al*, 2008).

A escolha por esse tema e pela abordagem de modelo integrado Econométrico + Insumo Produto (EC+IP) híbrido, baseia-se na existência de poucos trabalhos, no Brasil, que tenham usado tal metodologia, em particular para os combustíveis<sup>6</sup>. O estudo desenvolveu a partir de um modelo EC+IP nacional, uma metodologia para prever a demanda por combustíveis no horizonte de 10 anos à frente, a partir de 2008.

Este trabalho está disposto da seguinte forma. Além da introdução, o capítulo 2 apresenta uma caracterização do setor de combustíveis derivados do petróleo e o álcool, além de uma revisão da literatura dos aspectos teóricos e empíricos sobre combustíveis e modelo EC+IP.

No capítulo 3 é explicitada a metodologia do modelo integrado de EC+IP. Aborda-se, de forma geral, o modelo econométrico, o modelo de insumo-produto e por fim, a modelagem integrada EC+IP (que originará um modelo para a previsão de longo prazo da demanda de combustível no Brasil). Por fim, o tratamento da base de dados utilizada no estudo.

No capítulo 4, apresenta-se e discutem-se os resultados encontrados segundo a utilização das metodologias propostas no capítulo 3. Inicialmente são explicitados os resultados econométricos e, posteriormente, esses resultados são utilizados para integrar ao modelo de insumo produto. Finalizando, o capítulo 5 apresenta as conclusões finais da dissertação.

---

<sup>6</sup> Haja visto que não foi encontrado nenhum trabalho para este setor.

## **2 CARACTERIZAÇÃO SETORIAL E REVISÃO DA LITERATURA**

Tendo por objetivo apresentar as principais discussões acerca do mercado de combustíveis e modelos de previsão, esta seção está delineada da seguinte forma: inicialmente na seção (2.1) procura-se caracterizar o mercado de combustíveis derivados do petróleo (e.g., gasolina, óleo combustível e óleo diesel) e álcool, destacando a relativa importância da participação desses insumos na matriz energética brasileira. Posteriormente, na seção (2.2), tem-se uma revisão da literatura dos principais autores que tem discutido o mercado de combustíveis. E por fim na seção (2.2.1) é apresentada uma descrição de alguns estudos teóricos e empíricos do modelo integrado EC+IP.

### **2.1 O Mercado de Combustíveis**

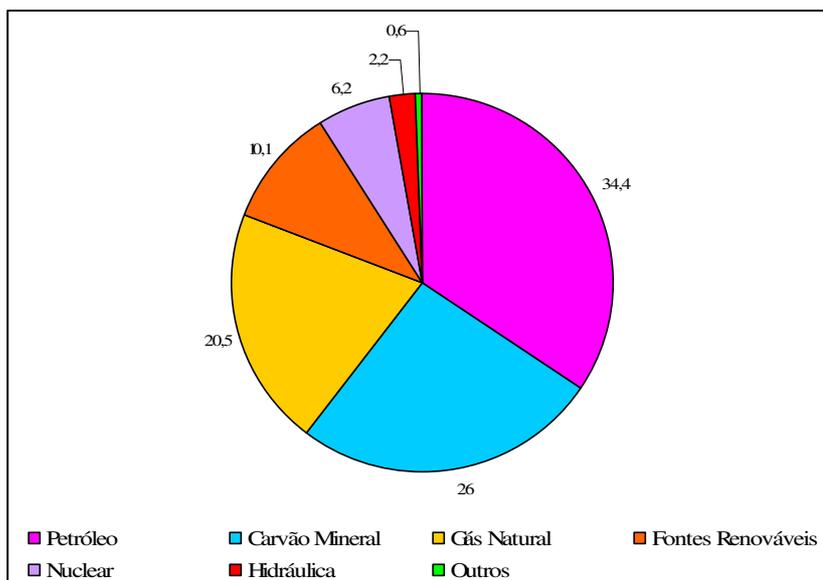
O Petróleo é combustível fóssil não renovável extraído de reservas pré-existentes. Estas reservas estão distribuídas, aleatoriamente no planeta, tanto em quantidade, quanto em qualidade, gerando grandes diferenças na estrutura de custos de produção entre as firmas e os mercados (ALVEAL, 2003).

O interesse econômico por esse combustível começou no século XIX, quando iniciaram a exploração de campos e a perfuração de poços. Deste então, a indústria mundial do petróleo (IMP) é uma atividade econômica importante, tanto do ponto de vista da organização industrial, quanto de política econômica dos países, situando-se no centro das estratégias de geopolítica mundial (ALVEAL, 2003).

O petróleo é um dos principais insumos energéticos usados pela indústria no mundo. Por meio do Gráfico 2 é possível observar que enquanto na matriz energética mundial atual, o carvão representa 26% e o gás natural 20,5%, o petróleo é responsável por 34,4% da oferta mundial de energia primária. Os países do Oriente Médio se encontram em posição de

destaque como principais detentores de reservas desse insumo (Tabela 1), sendo que os países que abrigam as maiores reservas são Arábia Saudita (262.300 bilhões), Irã (136,5 bilhões) e Iraque (115 bilhões).

**GRÁFICO 2 - Participação do petróleo na matriz energética mundial (%)**



Fonte: BEN (2008).

**TABELA 1 - As 20 maiores reservas de petróleo do mundo em 2007 (em bilhões de barris)**

Países	Quantidade	Países	Quantidade
1- Arábia Saudita*	264,3	11- Estados Unidos	29,9
2- Irã*	137,5	12- Canadá	17,1
3- Iraque*	115,0	13- República Popular da China	16,3
4- Kuwait*	101,5	14- Qatar*	15,2
5- Emirados Árabes Unidos	97,8	15- México	12,9
6- Venezuela*	80,0	16- Argélia*	12,3
7- Rússia	79,5	17- Brasil	12,2
8- Líbia*	41,5	18- Angola*	9,0
9- Cazaquistão	39,8	19- Noruega	8,5
10- Nigéria*	36,2	20- Azerbaijão	7,0

Fonte: *International Energy Annual* (2008).

Devido à participação expressiva no mercado mundial de petróleo, os países exportadores de petróleo do Oriente Médio decidiram criar a OPEP. Formada em 1960, tinha

os países Irã, Iraque, Kuwait, Arábia Saudita e Venezuela, como primeiros membros<sup>7</sup>. A OPEP teve sua emergência e consolidação devido a uma assimetria entre as empresas produtoras, que precisavam garantir seu lucro, e as compradoras, pois estas últimas exigiam cada vez mais uma redução nos preços do petróleo.

A OPEP é comumente caracterizada como um cartel, pois os preços e o volume da produção são controlados por produtores que tem por objetivo a maximização de suas rendas petrolíferas. A riqueza mineral dos componentes da OPEP, em particular de seus membros do Oriente Médio, os coloca em uma posição central na política e na economia internacional. Grande parte desses países não possui uma relação pacífica com a comunidade internacional (PERTUSIER, 2004).

Um dos principais membros da OPEP, a Arábia Saudita, além de possuir as maiores reservas de petróleo (Tabela 1), também é o maior produtor do mundo com cerca de 10,7 milhões de barris de petróleo por dia, seguido pela Rússia (9,6 milhões) e Estados Unidos (8,3 milhões). O Brasil é o décimo terceiro maior produtor com 2,1 milhões (Tabela 2). Em relação aos 15 principais consumidores de petróleo, os Estados Unidos é o maior consumidor com 20,5 milhões (35% de toda a demanda) de barris de petróleo por dia, seguido a muita distância pela China, que consumiu 7,2 milhões de barris, e pelo Japão, com 5,2 milhões. Os três países somaram 56% da demanda mundial de petróleo. Já os membros da OPEP, adquiriram apenas 3,6 milhões de barris, o que representou 6,1% do consumo total.

---

<sup>7</sup> Hoje, a OPEP é uma entidade internacional, tendo como membros: Angola, Argélia, Líbia e Nigéria na África; Venezuela na América do Sul ; Indonésia no Sudeste Asiático; e Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Irã, Iraque , Kuwait, Qatar no Oriente Médio. Disponível em: *Organization of the Petroleum Exporting Countries* <<http://www.pec.org>> Acesso em 04/12/2007.

**TABELA 2 - Principais produtores e consumidores de petróleo do mundo em 2006**  
(milhões de barris de petróleo por dia)

Principais produtores	Produção	Principais consumidores	Consumo
Arábia Saudita (OPEP)	10,7	Estados Unidos	20,5
Rússia	9,6	República Popular da China	7,2
Estados Unidos	8,3	Japão	5,2
Irã (OPEP)	4,1	Rússia	3,1
República Popular da China	3,8	Alemanha	2,6
México	3,7	Índia	2,5
Canadá	3,2	Canadá	2,2
Emirados Árabes (OPEP)	2,9	Brasil	2,1
Venezuela (OPEP)	2,8	Coréia do Sul	2,1
Noruega	2,7	Arábia Saudita (OPEP)	2,0
Kuwait (OPEP)	2,6	México	2,0
Nigéria (OPEP)	2,4	França	1,9
Brasil	2,1	Reino Unido	1,8
Argélia (OPEP)	2,1	Itália	1,7
Iraque (OPEP)	2,0	Irã (OPEP)	1,6

Fonte: Energy Information Administration (EIA-2008).

A pressão exercida por países como EUA, China e Japão sobre a demanda mundial de petróleo, contribui com a idéia de que o crescimento econômico intensivo em energia é acompanhado pelo aumento da demanda deste insumo em volume cada vez maior.

Segundo Alveal (2003), o petróleo é atualmente o principal produto comercializado no mercado internacional e atende a 40% das necessidades energéticas globais. Os seus derivados exercem domínio na matriz energética mundial. Dentre os setores consumidores de derivados de petróleo o setor de transportes é responsável pela maior demanda, pois, este é suprido predominantemente por esses combustíveis.

No Brasil, a estrutura do mercado de combustíveis vinha se mostrando bastante complexa devido à maneira como o governo conduzia este mercado, que por sua vez, dividiu-se em duas fases. A primeira fase abrange o período compreendido de 1938 até início de 1990, quando o abastecimento nacional de combustíveis passou a ser considerado de utilidade pública. Nesta época, foi instituído o monopólio da União, que passou a regular e controlar todas as etapas da cadeia produtiva do setor, bem como toda infra-estrutura de movimentação e armazenamento. Para tanto, instituiu-se o Conselho Nacional do Petróleo – CNP<sup>8</sup> (SCHECHTMAN, 1995).

<sup>8</sup> O Conselho Nacional de Petróleo (CNP) foi criado pelo decreto-lei de nº 395 em 29 de abril de 1938 pelo então presidente Getúlio Vargas, no contexto de uma disputa entre posições nacionalistas e empresários interessados na exploração do petróleo no Brasil (ANP, 2007).

Para exercer essas funções, o governo nacionalizou a indústria de refino de petróleo, importação e produção interna tornando essa atividade restrita ao capital nacional. Nesta época também foi criada a Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobrás. Desta forma, a União passou a exercer o monopólio do setor por meio do CNP, como órgão orientador e fiscalizador, e da Petrobrás como órgão executor.

Entretanto, segundo Schechtman (1995), a partir dos anos 1990, ocorreu um processo de desregulamentação deste setor, seguindo a tendência observada nas indústrias de infraestrutura mundiais, com uma redução do papel do Estado, passando de agente executor, para regulador. Diversas ações começaram a ser adotadas na esfera governamental, visando estimular a concorrência na indústria nacional do petróleo. A alteração do marco legal visou à introdução de um ambiente mais competitivo e, inserção da indústria do petróleo brasileiro no cenário internacional com a liberação dos preços a partir de 2002.

Nesse novo contexto, de mercado desregulamentado, tornam-se relevantes discussões que procurem detectar quais os possíveis impactos dessas mudanças sobre os preços e o abastecimento desses combustíveis, dado, a sua importância na matriz energética nacional (SCHECHTMAN, 1995).

A importância do petróleo e seus derivados vêm sendo reforçada pelo desenvolvimento econômico global, intensivo em energia. O setor energético brasileiro no decorrer das três últimas décadas apresentou mudanças substanciais, em grande parte devido à necessidade de atender à demanda crescente por energia (ANP, 2005).

Considerando a produção interna de energéticos, a evolução da oferta interna de energia desde 1993 é mostrada na Tabela 3, os valores são expressos em toneladas equivalente de petróleo (*tep*) e %. Observa-se que os derivados do petróleo<sup>9</sup>, seguindo uma tendência mundial, ocupam uma posição de destaque na matriz energética brasileira, com 37,4% da produção de energia primária. Em relação à sua oferta, verifica-se que esta manteve um crescimento até 1999, apresentando uma pequena diminuição a partir desse ano. Essa redução se deu devido à procura por novas fontes de energia, como por exemplo, no caso brasileiro a energia hidráulica, que apresentou um crescimento da representatividade de sua participação, de 1,5% no ano de 1940 chegando a 14,8% da energia total ofertada no país no ano de 2006.

---

<sup>9</sup> Soma dos seguintes combustíveis: óleo diesel, óleo combustível, gasolina, gás liquefeito de petróleo, nafta, querosene, gás canalizado, outras fontes secundárias de petróleo e produtos não-energéticos de petróleo.

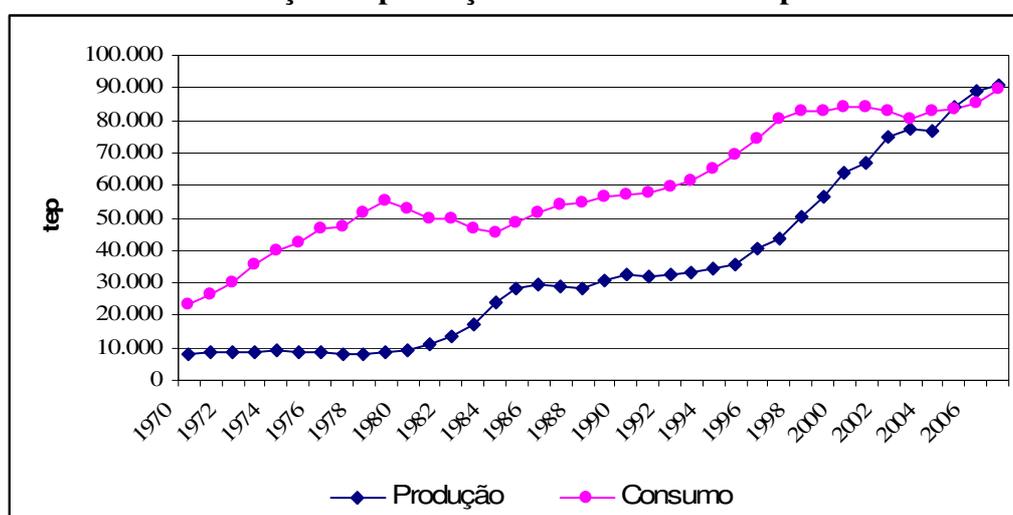
**TABELA 3 - Oferta Interna de Energia (tep e %)**

Identificação	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>Petróleo e derivados</b>	63.042	66.692	70.786	77.605	82.561	86.346	87.417	86.743	87.975	85.284	81.069	83.648	84.553	85.287	89.239
%	42,1	42,4	43,4	45,2	45,7	46,5	46,2	45,5	45,4	43,1	40,1	39,1	38,7	37,7	37,4
<b>Gás natural</b>	4.926	5.128	5.424	5.946	6.495	6.813	7.761	10.256	12.548	14.838	15.512	19.061	20.526	21.716	22.199
%	3,3	3,3	3,3	3,5	3,6	3,7	4,1	5,4	6,5	7,5	7,7	8,9	9,4	9,6	9,3
<b>Carvão mineral e derivados</b>	11.040	11.353	11.984	12.491	12.673	12.455	12.705	13.571	13.349	13.005	13.527	14.225	13.721	13.537	14.356
%	7,4	7,2	7,4	7,3	7	6,7	6,7	7,1	6,9	6,6	6,7	6,7	6,3	6	6
<b>Urânio e derivados</b>	145	43	911	783	1.164	1.522	1.391	1.806	3.783	3.700	3.621	3.170	2.549	3.667	3.309
%	0,1	0,0	0,6	0,5	0,6	0,8	0,7	0,9	2,0	1,9	1,8	1,5	1,2	1,6	1,4
<b>Hidráulica e eletricidade (*)</b>	22.576	23.595	24.866	25.990	27.461	28.444	28.623	29.980	26.282	27.639	29.477	30.804	32.379	33.537	35.505
%	15,1	15,0	15,3	15,1	15,2	15,3	15,1	15,7	13,6	14,0	14,6	14,4	14,8	14,8	14,9
<b>Lenha e carvão vegetal</b>	24.793	24.854	23.266	21.976	21.668	21.265	22.130	23.060	22.443	23.545	25.973	28.203	28.468	28.589	28.628
%	16,6	15,8	14,3	12,8	12,0	11,5	11,7	12,1	11,6	11,9	12,9	13,2	13,0	12,6	12,0
<b>Derivados da cana-de-açúcar</b>	20.194	22.773	22.814	23.893	25.378	25.284	25.235	20.761	22.916	24.980	27.093	28.775	30.147	32.999	37.847
%	13,5	14,5	14,0	13,9	14,0	13,6	13,3	10,9	11,8	12,6	13,4	13,5	13,8	14,6	15,9
<b>Outras renováveis</b>	2.984	3.004	2.923	3.088	3.283	3.449	3.970	4.439	4.631	4.954	5.663	5.860	6.320	6.754	7.676
%	2,0	1,9	1,8	1,8	1,8	1,9	2,1	2,3	2,4	2,5	2,8	2,7	2,9	3,0	3,2
<b>Total</b>	149.700	157.442	162.975	171.771	180.683	185.578	189.233	190.615	193.927	197.946	201.934	213.744	218.663	226.344	238.758
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: BEN (2008).

Devido à grande participação do petróleo na oferta interna de energia, a busca pela auto-suficiência tem sido uma política governamental tradicional do setor energético brasileiro, baseada na necessidade de reduzir gastos com importação. O Brasil é, atualmente, importador e exportador de petróleo. Os dados do Balanço Energético Nacional (BEN) em 2008 apontam uma redução do consumo externo de derivados no país. De dependente em cerca de 85% em 1979, o país passou a “auto-suficiência” em 2005 (Gráfico 3) em relação à importação do óleo pesado, que produz grande quantidade de nafta, gasolina, óleo combustível e, em quantidade menor, o óleo diesel.

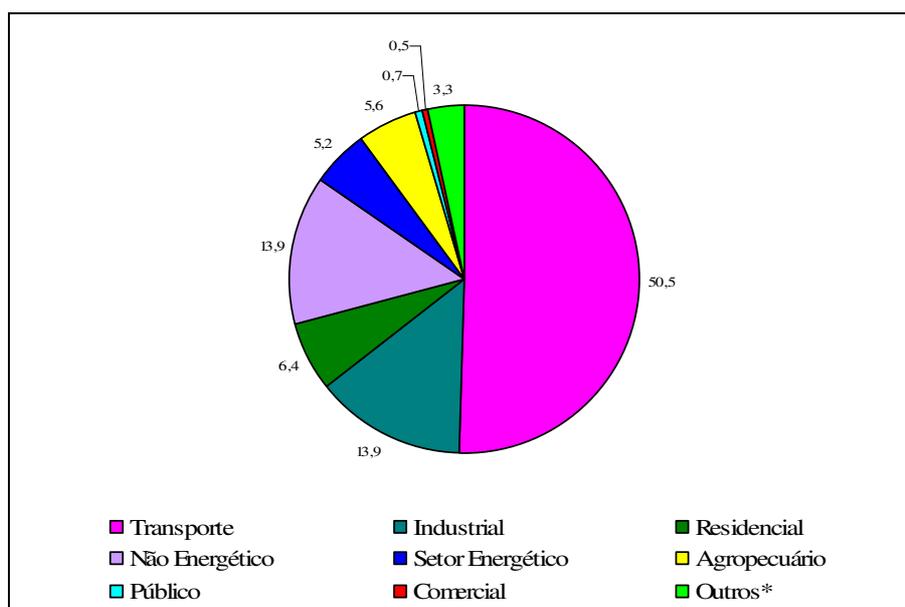
**GRÁFICO 3 - Evolução da produção e consumo total de petróleo no Brasil\***



Fonte: BEN (2008).

Entretanto, em relação ao consumo de óleos leves, o balanço de produção e consumo dos principais derivados de petróleo, mostra que existe a necessidade de importação de óleo diesel, que em 2006 correspondeu a 9,2% do consumo final (BEN, 2008).

Dentre os consumidores dos combustíveis, em 2006, o setor de transportes corresponde ao maior percentual, como pode ser observado no Gráfico 4, representando mais de 50,5% da demanda seguido pelo setor industrial, com cerca de 13,9%. Isso ocorre, pois no Brasil o principal meio de transporte é o rodoviário. Além disso, toda a frota de maquinários agrícolas e trens de carga utilizam combustíveis (BEN, 2008).

**GRÁFICO 4 - Consumo de Derivados do Petróleo no Brasil em 2007(%) \***

Fonte: BEN (2008).

Notas: \* Inclui líquidos de gás natural, o consumo utilizado na transformação e o não-identificado.

Na matriz energética de transporte no Brasil, os combustíveis derivados de petróleo representam 80,9%, sendo que na estrutura do consumo final o óleo diesel possui a maior participação, 38,5%, seguido pela gasolina 17,0%. A biomassa representa 15%, destes, 13% corresponde ao álcool. Devido à grande importância desses combustíveis na matriz energética, neste trabalho, procura-se elaborar a modelagem e previsão dos derivados do petróleo: gasolina, óleo combustível e óleo diesel, e álcool.

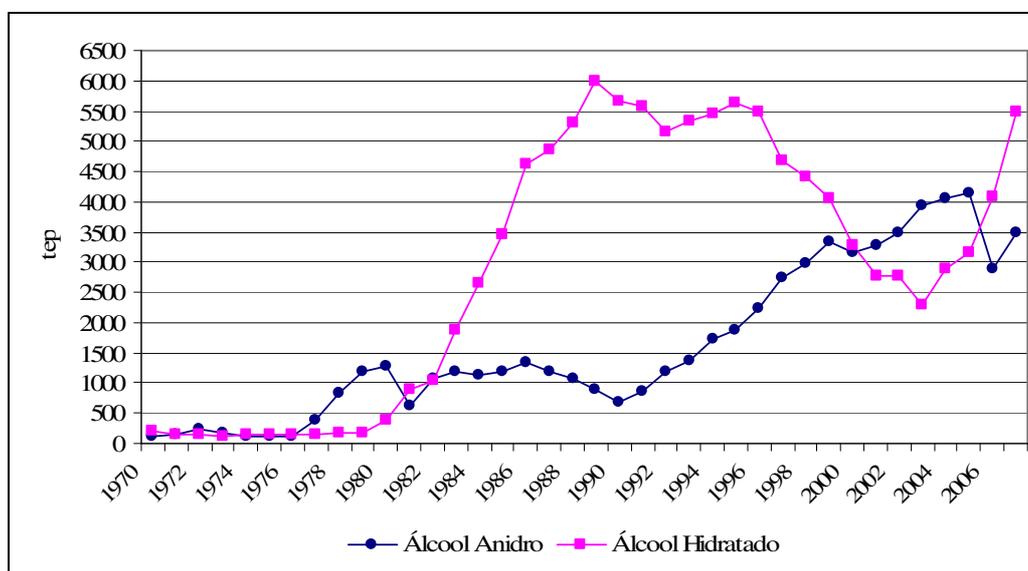
A opção pela análise dos derivados da cana de açúcar dá-se devido à sua inserção crescente ao longo dos anos (ver Tabela 3) na matriz energética, como fonte de energia. Esse crescimento resultou da maior inserção do álcool no segmento de transportes, e do uso de bagaço em processos industriais e na geração de energia (CNI, 2007).

O álcool pode ser dividido em anidro, que é utilizado na mistura com a gasolina e o álcool hidratado usado como combustível para a frota de carros movidos exclusivamente a álcool. As proporções de álcool anidro adicionadas à gasolina A, para compor a gasolina C, depende da expectativa da produção de álcool ou da disponibilidade do produto, levando em conta a estabilidade dos preços (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

Segundo Correia (2007), após o segundo choque internacional dos preços do petróleo em 1979, começou uma nova fase das políticas econômica e energética. No Brasil, foram instituídos programas de substituição dos derivados de petróleo, como o Proálcool (Programa Nacional do Álcool) <sup>10</sup>. A partir desse período o governo estabeleceu o objetivo de produção de álcool, para ser usado como combustível. A indústria automotiva iniciou as vendas de automóveis movidos exclusivamente a esse combustível; com isso, as vendas de álcool experimentaram forte crescimento após esse período (Gráfico 5).

A partir do final da década de 1980, o Proálcool começou a apresentar um perfil diferente daquele observado no início de sua implementação. Passada a crise, e com a retirada dos subsídios ao programa, tem-se uma diminuição da rentabilidade da produção no Brasil, provocando uma retração das vendas de álcool hidratado devido à redução da frota de veículos movidos exclusivamente por esse combustível. Já o consumo do álcool anidro apresenta um aumento, pois o preço da gasolina começa a se tornar mais favorável. Entretanto após 2004 começa a declinar; isso se deve à introdução da frota de veículos movidos tanto à gasolina e a álcool.

**GRÁFICO 5 - Evolução do consumo de álcool no Brasil**



Fonte: BEN (2008).

<sup>10</sup> Esse programa foi à primeira tentativa do governo brasileiro de desenvolver fontes alternativas de energia, no período da crise mundial do petróleo. A utilização do álcool como combustível no Brasil ocorre em cinco períodos distintos: 1) experimentação (1923-1974); 2) primeira fase do Proálcool (1975-1979); 3) segunda fase do Proálcool (1980-1988); 4) crise (1989-2003) e 5) ressurgimento (2004 -...), para mais detalhes ver Correia (2007).

O aumento substancial nos preços do petróleo nos anos posteriores e a introdução da tecnologia *flex-fuel*, que usam gasolina e álcool em qualquer proporção, possibilitaram uma reversão da situação anterior, fazendo com que o consumo de álcool hidratado tivesse novo impulso a partir de 2003 (Gráfico 5). Opção *flex-fuel*, que surgiu em 2003 e que em 2006 já havia ultrapassado 77% das vendas de veículos leves no Brasil, deve atingir, em no máximo dois anos, um patamar superior a 86% dessas vendas, com estimativas de que todos os veículos fabricados no Brasil possuirão essa tecnologia (CORREIA, 2007).

Um dos problemas relacionados ao uso dos combustíveis derivados do petróleo é o grau de poluição que eles provocam. A gasolina e o óleo diesel são responsáveis por quase toda a energia consumida no setor de transportes que, por sua vez, contribui com 25% das emissões de gases poluentes dos países industrializados (CNI, 2007). Dessa forma, com a crescente preocupação ambiental, tem-se cada vez mais uma busca por fontes alternativas de energia.

A participação de energias renováveis na matriz energética brasileira é de 45%, enquanto a média mundial é de apenas 14%. Os principais biocombustíveis são o etanol e o biodiesel. A produção mundial de etanol ainda é relativamente pequena, entretanto, ela deve crescer rapidamente. Os maiores produtores de etanol do mundo são o Brasil (40%) – que produz o etanol a partir da cana-de-açúcar – e os Estados Unidos (33%), que utilizam o milho (CNI, 2007).

Devido à grande importância do setor energético para a economia e a sua instabilidade mundial, a construção de modelo de previsão de longo prazo, que explique o comportamento da demanda, pode ser útil como instrumento para formuladores de políticas para investimentos neste setor.

## **2.2 Estudos empíricos sobre demanda de combustíveis**

Temas relativos ao mercado de combustíveis têm despertado os interesses para a realização de estudos tanto no mundo quanto no Brasil, dado o importante papel desses derivados como insumo no processo produtivo. Assim, esta seção aborda, em uma breve resenha da literatura, as questões relativas à modelagem econométrica do mercado de combustíveis.

Diversos estudos econométricos foram conduzidos ao longo das últimas décadas. Estes trabalhos procuram, conforme Moreira (1996), relacionar o consumo de

derivados do petróleo com variáveis macroeconômicas, buscando os determinantes deste consumo, além de estudar as características do setor.

Jabir (2001) desenvolveu um modelo econométrico da demanda norte-americana por importações de petróleo, utilizando séries temporais. Usou testes de co-integração de Johansen, e após detectar a presença de um vetor de co-integração, estimou um modelo vetorial de correção de erro. Os resultados mostram que, além das reservas estratégicas, a coordenação entre os integrantes da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) com outros produtores irá influenciar os preços do insumo.

Gately e Huntington (2002) analisaram os determinantes da demanda por energia derivada do petróleo, para 96 países, compreendido no período de 1971-1997. Os principais interesses dos autores eram verificar se existia assimetria entre demanda, aumentos e diminuições nos preços e renda; verificar diferenças na velocidade de ajustamento da procura para as mudanças de preço e de mudanças na renda; e analisar as diferenças entre os países e diferentes grupos de países. Os principais resultados encontrados mostram que a demanda sofre um maior impacto com a elevação dos preços do petróleo que uma redução, tanto para os países em geral, quanto para os exportadores. Assim, o ajustamento da demanda às variações na renda é mais rápido em comparação com o ajuste aos preços.

O estudo conduzido por Espey (1998) tinha por objetivo verificar os fatores que afetaram sistematicamente as estimativas de elasticidade-preço e de elasticidade-renda obtidas para a demanda por gasolina para regiões dos Estados Unidos. Para tanto, realizou uma avaliação baseada em meta-análise. Foram estimados quatro modelos econométricos, utilizando como variáveis dependentes as estimativas de elasticidade-preço e renda de curto e de longo-prazos, que foram obtidas em estudos conduzidos previamente.

Kayser (2000) estimou a demanda por gasolina automotiva, elasticidade-preço e elasticidade-renda para os Estados Unidos. Utilizou-se dados em painel, denominado *Panel Study of Income Dynamics (PSID)*, para o ano de 1981. Para a estimação do modelo, foram utilizadas variáveis de consumo de gasolina, renda, frota de carros e um termo de interação<sup>11</sup>. Os resultados revelaram baixas elasticidades-preços (-0,23) e

---

<sup>11</sup> Utilizado para captar a diferença na relação de elasticidade-preço, pois essa iria variar de acordo com a renda. Alterações no preço da gasolina iriam influenciar no consumo do mesmo. Pessoal com renda mais elevada, não responderiam substancialmente a variações no preço. Em contrapartida se a renda é menor, existe uma tendência de alocar um pouco mais dessa renda com o consumo desse combustível (KAYSER, 2000).

renda (0,48), tanto para o curto prazo, quando para longo prazo, e também a existência de diferenças no consumo de gasolina entre a população.

Em nível nacional, Barros e Ferreira (1982) desenvolveram um modelo econométrico para verificar a demanda anual de gasolina para os automóveis de passeio. Para tanto, usaram séries históricas para o período de 1957 a 1979, do consumo de gasolina (metros cúbicos); frota de veículos usados e novos; eficiência média da frota e de novos veículos; quilometragem média anual por veículo (km/veículo/ano); índice de preço real para os veículos novos e para a gasolina; e um índice da renda real disponível no setor privado<sup>12</sup>. Os autores estimaram a frota de veículos por categoria (novos e usados), sendo que na categoria dos veículos novos tem-se a definição e estimação da eficiência média dos veículos novos a gasolina, e tipo de combustível utilizado. Com isso, avaliou-se o consumo anual de gasolina.

No estudo realizado por Moreira (1996) estimou-se um modelo econométrico para a demanda de óleo diesel no Brasil. Foi utilizado um modelo para o nível nacional e um regional, para projeção de longo prazo do consumo. A metodologia empregada consiste em uma análise de auto-regressão vetorial com correção de erros (VCE). De acordo com o autor, a escolha deste método ocorreu por se tratar de procedimento de estimação que permite testar relações de longo prazo. No modelo nacional utilizou-se dados mensais de janeiro de 1980 a dezembro de 1994. Neste modelo, a realização de previsões estava condicionada ao preço do combustível e ao nível de atividade (PIB) baseado em estimativa de uma relação de equilíbrio de longo prazo entre essas variáveis. Na estimativa da tendência de longo prazo do consumo agregado do óleo foi estimado um modelo na forma reduzida, considerando a interdependência dinâmica entre as variáveis.

Para a análise regional, foram estimados dois modelos, um que permite captar o efeito diferenciado do PIB sobre o consumo de óleo de cada região (modelo heterogêneo) e o outro modelo simples, que não permite o efeito diferenciado (modelo homogêneo). Entretanto, em função da limitação da amostra de dados disponível (1970 a 1992), foram testadas algumas especificações alternativas do modelo, não tendo avaliado a possibilidade de existirem relações de equilíbrio de longo prazo<sup>13</sup>. Os principais resultados obtidos demonstraram que existe uma relação de equilíbrio entre o

---

<sup>12</sup> Todos os índices foram calculados com o ano base de 1978.

<sup>13</sup> A região refere-se aos estados brasileiros. Por falta de graus de liberdade para a análise estatística, o autor agregou os 27 estados do Brasil em 16, para mais detalhe ver Moreira (1996).

PIB per capita e o consumo de óleo per capita. Além disso, o preço do óleo é exógeno e segue uma tendência determinística. Outro resultado mostra que o consumo de óleo nas regiões é afetado heterogeneamente pelo nível global de atividades do país.

Zanini (2000) desenvolveu um modelo para previsão de curto prazo da demanda mensal de gasolina automotiva no Brasil. A metodologia usada consiste em, a partir de uma análise exploratória dos dados, construir um modelo usando uma estratégia *bottom-up*<sup>14</sup>. Para tanto, partiu-se de um método univariado, ou seja, um modelo linear de Box & Jenkins (que forneceu o primeiro modelo ajustado para a demanda de gasolina automotiva). Neste caso, o modelo não fazendo uso de outras variáveis que não a própria série em estudo (não tendo variáveis exógenas), traz informação, para fazer as projeções de forma ótima. Posteriormente, elaborou-se um modelo de regressão dinâmica (que originará um modelo causal com estimações das elasticidades da demanda, e o modelo ARIMA). O objetivo era explicar o comportamento da série de demanda de gasolina através de outras variáveis denominadas exógenas ou causais<sup>15</sup>, observando se novas causalidades poderiam melhorar a qualidade das previsões.

Como o mercado apresentou, muitas das vezes, um comportamento não linear nas suas séries, no terceiro modelo, aplicou-se uma técnica de computação intensiva, redes neurais (que implicarão na construção de mais dois modelos). O objetivo era modelar estas não linearidades, auxiliando, portanto, na construção de modelos que se aproximem ao máximo da realidade, com minimização dos erros de previsão.

Os resultados indicaram que dentre os modelos gerados, os de redes neurais apresentaram os melhores resultados em termos de eficiência preditiva. Foram encontrados dois modelos de redes neurais para realizar a previsão da demanda de gasolina no Brasil. No primeiro foi fornecida para a rede valores passados da demanda, obtendo o menor erro na generalização. Já a segunda rede neural, aparece na forma de um modelo híbrido, reduzindo de forma significativa o erro de previsão, e possibilitando criar cenários para as variáveis causais renda e preço.

Burnquist & Bacchi (2002) desenvolveram uma abordagem econométrica que relaciona consumo, preço e renda. A metodologia utilizada emprega técnica de co-

---

<sup>14</sup> Para mais detalhes ver Zanini (2000).

<sup>15</sup> No modelo de regressão dinâmica, foram apresentados dois modelos em escala logarítmica. No primeiro o consumo de gasolina está em função dos seus preços, da renda e do consumo defasado no tempo  $t_{-1}$  e  $t_{-2}$ , já segundo, além *lag* 12 da demanda de gasolina, entrou-se também com o *lag* 3. Para mais detalhes ver Zanini(2000).

integração, para analisar a elasticidade preço e renda da demanda de gasolina no Brasil, referentes ao período de 1973 a 1998. Os resultados indicam que, no curto prazo, a demanda por gasolina no país é inelástica à variação na renda real. Já no longo prazo, a elasticidade renda obtida mostrou-se relativamente mais elevada. Em relação à elasticidade preço da demanda, os resultados obtidos mostraram que o consumo de gasolina, tanto no curto como no longo prazo, aparentemente é pouco sensível a variações nos preços desse combustível.

Marjotta-Maistro (2002) analisou e caracterizou o mercado de combustível, tanto da gasolina como de álcool anidro, relacionando as alterações da oferta e demanda sobre o comportamento das instituições públicas reguladoras ou diretamente ao mercado (vendedores e compradores). A metodologia utilizada se baseou na estimação de dois modelos de combustíveis: 1) o primeiro refere-se ao ajuste de preço no mercado de álcool anidro, da gasolina A e C (atacado e varejo); e 2) o segundo consiste no ajuste pela qualidade; para tanto, utilizou-se a quantidade de demanda da gasolina C (varejo), preços ao produtor de álcool anidro, gasolina A e C. As estimativas foram obtidas por estimação dos Mínimos Quadrados de Dois Estágios (MQ2E), para o primeiro modelo e Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) para o segundo.

Os principais resultados mostraram que os ajustes de preço foram pouco eficientes para influenciar alterações nas quantidades. Pelo ajuste da quantidade, no instante imediato ao choque, à variação do consumo é imediata, e o aumento no varejo da gasolina, tende a aumentar os preços dos outros combustíveis (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

Barros *et al* (2002), verificaram as relações comerciais e de preços no mercado nacional de combustíveis, identificando os principais fatores que interferem na tomada de decisão dos seus agentes. O período abrangido pela análise compreende os anos de 1995 a 2000. O modelo é representado por três formas funcionais: demanda da gasolina C ao varejo, e duas funções de oferta, uma representando a oferta de álcool anidro e outra a oferta de gasolina A na refinaria. As equações foram estimadas conjuntamente pelo método SUR – *Seemingly Unrelated Regression*, admitindo-se que os erros das equações possam ser relacionados, sendo todas as variáveis consideradas na forma logarítmica. Calculou-se o teste de Lagrange para verificar a existência de correlação entre as equações.

O resultado do teste de Lagrange foi 147,88. Portanto, rejeita-se a hipótese nula e considera-se que existe correlação contemporânea entre os erros das equações do

modelo, justificando o uso do método SUR. Os resultados das estimativas mostraram inelasticidade com relação à renda e ao preço da demanda de gasolina e inelasticidade-preço das ofertas de anidro e gasolina A. Um aumento na demanda de gasolina C tende a aumentar o preço do álcool anidro mais que proporcionalmente ao preço da gasolina C. No caso de variações na oferta de gasolina A, os preços do álcool e da gasolina C tendem a variar em direções opostas.

### **2.3 Abordagens do Modelo Integrado EC+IP**

Com o objetivo de apresentar a discussão acerca de modelos integrados EC e IP, esta seção está delineada da seguinte forma: a primeira parte (seção 2.3.1) mostra algumas questões teóricas principais e as diferentes abordagens para a estratégia de integração utilizadas nos modelos, e a segunda (seção 2.3.2) apresentada uma descrição dos os principais estudos empíricos do modelo integrado Econométrico+Insumo-produto, que será o enfoque do trabalho.

#### **2.3.1 Características dos Modelos Integrados**

No campo de ciência regional, a síntese de diferentes abordagens metodológicas tem sido um tema considerável. Uma nova metodologia que vem sendo utilizada é a modelagem integrada. Um modelo pode ser considerado integrado se combinar mais que uma metodologia em sua construção, por exemplo, o modelo EC+IP que são utilizados para estudar as economias internacionais, nacionais e regionais (REY, 2000).

Segundo Rey (2000), uma das principais motivações teóricas para implementar o modelo EC+IP ocorre devido às restrições que cada componente possui quando utilizados isoladamente. A Tabela 4 apresenta as principais características de cada modelo quando utilizados isoladamente, como também as características que surgem quando são utilizados conjuntamente.

**TABELA 4 - Comparativos das características entre os modelos EC, IP e EC+IP**

<b>Características</b>	<b>EC</b>	<b>IP</b>	<b>EC+ IP</b>
Dinâmico	✓	-	✓
Desagregado	-	✓	✓
Sensível a preço	✓	-	✓
Análise de impacto	✓	✓	✓
Direcionado para a demanda	✓	✓	✓
Previsão	✓	-	✓
Inferência	✓	✓	?
Multi-regional	✓	✓	?

Fonte: Rey (2000).

Ambos os modelos EC e IP são de natureza macroeconômica. A diferença entre eles consiste em suas respectivas visões das economias regionais. De acordo com Guilhoto (1998), modelos macroeconômicos são geralmente dinâmicos com especificação de parâmetros como elasticidades, entretanto, falta um sistema de relações inter-industrial e inter-regional presentes na matriz de insumo-produto. Assim como a integração de ambos os modelos tem-se a utilização dos aspectos positivos encontrados em cada um destes modelos.

Rey (2000) ressalta que os modelos IP são essencialmente de equilíbrio geral e fornecem ajustes para choques na demanda. Entretanto, suas limitações estão relacionadas como as suposições de tecnologias de produção linear, retornos constantes de escala, funções de consumo homogêneo, e rigidez nos preços. Os componentes da demanda final agregada são freqüentemente encontrados no modelo regional de EC, cujo enfoque está tipicamente relacionado ao caminho de ajuste dinâmico da economia para choques exógenos. A sua principal limitação é o fato de não possuir desagregação setorial, o que pode ser obtido no modelo IP.

Entretanto, existem algumas situações em que a integração destes dois modelos pode gerar complicações (Tabela 4). A primeira refere-se à inferência que pode ser usado no modelo integrado, devido à visão tradicional do modelo IP, que é determinística, no sentido de que os coeficientes técnicos são parâmetros fixos sem incerteza associada. Já, o modelo EC tem um sistema bem desenvolvido para lidar com incerteza de parâmetro. Como estas duas perspectivas são combinadas, aumentam vários assuntos metodológicos que requerem atenção adicional, isto é devido à natureza estática comparativa do modelo EC + IP.

A segunda consiste no tratamento de ligações multiregional no modelo integrado. Tanto o modelo EC quanto o IP são capazes de representar ligações multiregional, contudo, no modelo integrado ambas as representações não podem coexistir e algumas decisões sobre como melhor serão feitas essas ligações deve ser pensado. E por fim, a preocupação com o erro de medida quando se utiliza métodos para transformar dados e/ou coeficientes nacionais em regionais (REY, 2000).

Mas, a abordagem integrada fornece vantagens distintas acima do uso de um ou outro modelo isoladamente, gerando previsões mais confiáveis em análises de impacto em todos os setores da economia e na demanda final. Devido à estática dos modelos de IP, a análise de impacto no tempo é desconhecida, além disso, não possui nenhuma medida de incerteza, ou seja, não há nenhum intervalo de confiança. Já os modelos econométricos possuem uma capacidade de analisar impacto, entretanto são muito mais agregados que os modelos IP. Assim, ao combinar os dois em EC+IP, a dinâmica e a desagregação industrial podem ser desenvolvidas (REY, 1998).

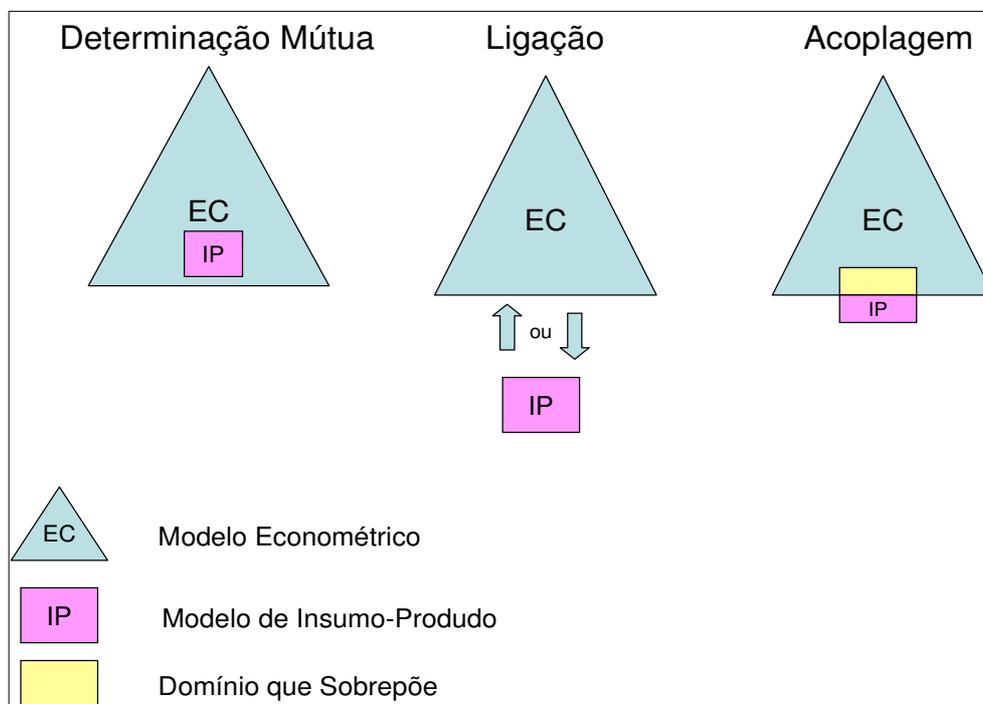
Em outras palavras, a integração consiste na utilização de modelos que dará previsão em termos macroeconômicos, bem como a inter-industrial. Modelos macroeconômicos têm a característica básica que pode ser usado para prever as tendências e os principais agregados macroeconômicos, por outro lado modelos inter-industrial utilizados na análise setorial e regional são mais adequados para os estudos de análise de impacto. Assim, a integração pode ser representada como: a) construção de um modelo integrado que fornecerá previsão com resultados no nível macro e inter-industrial; e b) usar dois modelos separados e, em seguida, a ligação deles, para que eles trabalhem em conjunto de forma a proporcionar previsões nacional, regional e setorial (GUILHOTO, 1998).

### **2.3.1.1 Estratégias de Integração**

O regime de integração diz respeito à forma como os dois componentes EC e IP são combinados em um sistema final. Existem diferentes formas pelas quais modelos EC podem ser integrados com modelos IP. Rey (1998) aponta basicamente três estratégias de integração: a) ligação (*linking*); b) determinação mútua (*embedding*); e c)

acoplagem (*coupling*)<sup>16</sup>. Em termos gerais, as características distintas das três estratégias de integração são representadas na Figura 1.

**FIGURA 1 - Estratégias de integração regional**



Fonte: Rey (1998).

Nos modelos de determinação mútua, o módulo IP está completamente envolvido no componente EC, e, portanto, o sistema integrado é dominado por relações de EC. Neste caso, os módulos apresentam retroalimentação simultânea completa entre eles.

Em termos gerais, na classe de abordagens de determinação mútua a especificação do modelo tem sido largamente determinada pela série que estão disponíveis em escala regional. A filosofia implícita nessa abordagem é a minimização do erro de medida (REY, 1998).

A abordagem de acoplagem apresenta um sistema simultâneo pleno  $EC \Leftrightarrow IP$ . Segundo Rey (1999), essa forma de integração resulta na mais completa representação do sistema regional EC e IP. Neste caso é comum trabalhar com um modelo fechado, através da endogeneização de vários elementos da demanda final em um módulo EC. Por Exemplo, a função consumo e investimento podem ser utilizados para gerar os

<sup>16</sup> A discussão mais detalhada sobre estratégia de integração está fora do escopo do trabalho, para mais detalhe ver Rey (1998).

valores previstos para os componentes de demanda agregada, que posteriormente são desagregados ao nível setorial com base em uma identidade IP. Desta forma, tem-se um direcionamento das equações econométrica para a demanda final incluindo um mecanismo de retroalimentação parcial<sup>17</sup>.

Enquanto os modelos de acoplagem representam a mais abrangente abordagem integrada para a modelagem em escala regional, este, por sua vez possui um custo potencial. As equações de demanda final requerem uma série tempo de ambas as variáveis endógenas e exógenas. Entretanto, como os dados em escala regional são muito restritos, será necessário desenvolver uma series variáveis sintéticas para implementar essas equações (REY, 1999).

Nesta dissertação, a estratégia de integração entre o modelo econométrico e o modelo de insumo-produto a ser utilizada é a ligação (*linking*). Nessa estratégia, há pouca sobreposição entre os dois módulos, pois, cada componente permanece relativamente independente com os produtos de um servindo como insumos para outro (ver Figura 1). Neste caso, um dos módulos (EC ou IP) é exógeno ao outro, de forma que a interação entre eles é recursiva (REY, 1998).

De acordo com Rey (1999), nesse processo a integração entre os componentes EC e IP pode ser realizada na abordagem  $EC \Rightarrow IP$  onde o modelo econométrico é exógeno ao modelo de insumo-produto e  $IP \Rightarrow EC$ , com o modelo de insumo-produto é exógeno ao econométrico<sup>18</sup>, por meio de modelos que especifiquem os componentes das demanda final ( $Y_j$ )<sup>19</sup>. Após especificar um modelo econométrico, a demanda final total é obtida através da desagregação de cada componente (endógeno e exógeno), utilizando taxas retiradas da matriz de insumo-produto, podendo representado como:

$$Y_j = h_{Cj}C + h_{Ij}I + h_{Gj}G + hE_{Xj} + hM_{Mj} \quad (1)$$

<sup>17</sup> Em seu trabalho, Rey (1999) cita como exemplo, a realização de um modelo que explique o componente consumo privado:  $C = Z_c\beta_c + VA\beta_{VA} + \varepsilon$ , em que  $Z_c$  é um vetor de determinantes do consumo,  $\beta_c$  representa os parâmetros determinados por métodos econométricos,  $VA$  é o valor adicionado ( $VA = \hat{V}X$ , onde,  $\hat{V}$  corresponde a uma matriz diagonal de coeficientes de valor adicionado e  $X$  a uma matriz de coeficientes técnicos) e  $\varepsilon$  é um termo de erro estocástico.

<sup>18</sup> No caso deste trabalho, o modelo econométrico será exógeno ao modelo de insumo-produto. Para mais detalhe sobre a integração  $IP \Rightarrow EC$  ver Rey (1998).

<sup>19</sup> Rey (1999) cita como exemplo, um modelo para o componente consumo privado:  $C = Z_c\beta_c + \varepsilon$ , onde  $Z_c$  é um vetor de determinantes do consumo com parâmetros associados  $\beta_c$  e  $\varepsilon$  é o termo de erro.

Neste caso, os  $h_C, h_I, h_G, h_{E_x}$  e  $h_M$ , são vetores ( $n \times 1$ ) de proporções de desagregação setorial dos respectivos componentes da demanda final (consumo ( $C$ ), investimento ( $I$ ), gasto do governo ( $G$ ), exportação ( $E_x$ ) e importação ( $M$ )) de tal forma que  $\sum_{j=1}^n h_{C,j} = \sum_{j=1}^n h_{G,j} = \sum_{j=1}^n h_{I,j} = \sum_{j=1}^n h_{E_x,j} = \sum_{j=1}^n h_{M,j} = 1$ .

A ligação entre os módulos EC e IP pode ser representada por meio da identidade do modelo de insumo-produto:

$$\Delta X_j = (I - A)_j^{-1} \Delta Y \quad (2)$$

Em que  $(I - A)_j^{-1}$  representa a inversa de Leontief,  $\Delta X_j$  é a variação na produção total da indústria  $j$ , devido a uma mudança na demanda final ( $Y$ ).

Rey (1999) destaca que no modo  $IP \Rightarrow EC$  a variação na demanda final é especificada pelo analista, enquanto no  $EC \Rightarrow IP$  é determinada no modelo econométrico. Além disso, o componente econométrico está presente em mais equações no modo ( $IP \Rightarrow EC$ ).

### 2.3.2 Estudos Empíricos do modelo integrado EC+IP

A síntese de modelagem integrada (EC+IP) é um método diferente para o estudo regional, que tem sido utilizada por alguns autores como Israilevich *et al* (1997), Rey *et al* (1997), Zakarias *et al* (2002), Hamada (2001), Azzoni e Kadota (2001), Guilhoto *et al* (1998) Mattos *et al* (2008) e Souza (2008).

Rey *et al* (1997) trabalharam com um modelo integrado econométrico+insumo-produto no contexto multiregional. O objetivo era comparar a extensão do modelo em nível regional com o multiregional, para captar as ligações inter-regionais. As abordagens utilizavam série de emprego para 5 regiões da Califórnia. Para cada uma das regiões, o emprego é desenvolvido em módulos que são especificados para 29 setores, através de uma matriz de insumo produto para o ano de 1990.

Para cada um dos setores regionais uma equação de demanda por emprego é desenvolvida. Todos os modelos foram estimados utilizando mínimos quadrados ordinários para o período de amostragem, que inicia em 1969 e termina com o ano anterior ao do início da previsão, que corresponde ao período de 1989-1992.

Israilevich *et al* (1997) utilizaram a metodologia EC+IP para realizar uma análise mais detalhada da mudança estrutural nas relações inter-industriais na economia de Chicago, a fim de verificar como previsões ao nível macroeconômico regional influenciam o processo de mudança estrutural. O modelo é composto de dois componentes principais, um módulo de insumo-produto e um módulo econométrico. Para tanto, adaptaram o modelo básico desenvolvido por Conway (1991), para o estado de Washington. Essa metodologia apresenta uma abordagem inovadora para as previsões de mudança estrutural no contexto das ligações inter-industrial, através da adaptação anual do coeficiente de insumo produto.

O Modelo econométrico de insumo-produto para a região de Chicago (CREIM) gerou previsões numa base anual, que se estende até 25 anos (1975-2000). No módulo de IP, dois modelos foram desenvolvidos, um baseado em 1982 e outro com dados de 1987. Uma vez construído, a tabela de insumo-produto composta de 36 setores de produção, revela as ligações que existem entre os setores na região. No modelo CREIM uma equação típica de demanda final foi estimada com a variável dependente medida em termos per capita. Para cada série de demanda final, verifica-se uma especificação de equação econométrica que o liga à produção dos 36 setores da economia. A utilização do componente econométrico permite, ao analista, realizar testes das mudanças que foram observadas na economia e desenvolver previsões anuais.

Zakarias *et al* (2002) aplicaram um modelo regional econométrico + insumo-produto, cujo objetivo consistiu em comparar as mudanças econômicas estruturais econômicas entre o estado de Styria<sup>20</sup> e Áustria. O período histórico para as estimativas corresponde a 1976 até 1999, e o horizonte de previsão vai até 2010. A matriz regional de insumo-produto para ambos os modelos se refere ao ano de 1995 e é composta de 36 setores de produção.

Algumas séries temporais regionais para determinados setores de produção tiveram que ser construídas devido à incompatibilidade com os dados nacionais. O modelo econométrico para a demanda final segue o modelo básico Keynesiano. Uma contribuição importante desse trabalho é a utilização do método RAS, que consiste na atualização dos coeficientes de IP, que transformar o sistema de IP estático em um dinâmico.

---

<sup>20</sup> A província de Styria situa-se no sudeste da Áustria.

Hamada (2001) desenvolveu um modelo EC+IP, para prever o nível e a estrutura da atividade industrial de Hokkaido<sup>21</sup> e sua relação com o meio ambiente no período de 1985-2005. O objetivo era verificar a intensidade de poluição ambiental, através das emissões de oxigênio biológico, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, e gás carbônico pelas atividades industriais e pelos residentes. O estudo também estima a demanda industrial para o espaço, água, combustíveis, energia elétrica e trabalhadores.

O método de estimação consistiu nos mínimos quadrados ordinários (MQO) para o período de 1965 a 1982. O Modelo de insumo produto de Hokkaido foi usado para determinar as demandas finais de quinze indústrias, e posteriormente a produção real destas quinze indústrias como um todo. Através da estimação de ações da área industrial central de Hokkaido, a produção real nesta área foi obtida. Usando estas estimativas, foram realizadas previsões para os níveis de atividade econômica e ambiental.

Em nível nacional, foram desenvolvidos alguns trabalhos que utilizaram essa metodologia. Guilhoto *et al* (1998) desenvolveram um trabalho aplicando a técnica de modelagem econométrica com insumo-produto, cujo objetivo principal era o estudo das economias da Região Nordeste e do Resto do Brasil em um contexto Mercosul, tanto a nível global quanto setorial. No estudo, os autores utilizaram modelos já disponíveis para a economia brasileira, desta forma, o trabalho se destinou em encontrar uma forma consistente de integrar os modelos, além disso, acrescentaram o setor externo na análise, para obter resultados para o Mercosul e do Resto do Mundo.

O modelo macroeconômico originou-se do modelo apresentado em Fonseca (1991), que gerou previsões para a economia brasileira no nível agregado até o ano 2014. A fonte de dados para o módulo IP consiste em uma matriz inter-regional de insumo-produto de 1992, composta por 18 setores de produção, e com duas regiões - Nordeste e Resto do Brasil. As duas regiões do modelo de insumo-produto fornecem resultados ao nível setorial em cada região, bem como transações entre as regiões e os mercados externos.

Azzoni e Kadota (2001) desenvolveram um modelo econométrico de insumo-produto para o estado de São Paulo, Brasil, para verificar impactos de eventos diferentes na economia do estado. Os autores se basearam na metodologia desenvolvida pelo *Regional Economics Application Laboratory da Universidade de Illinois*, que tiveram

---

<sup>21</sup> Hokkaido é uma ilha localizada ao norte do Japão.

experiências bem sucedidas de aplicações para áreas diferentes dentro dos EUA, apresentada no trabalho realizado por CONWAY (1990).

Para a estimação do modelo econométrico, os componentes da demanda final, foram utilizadas algumas séries históricas anuais de 1970-1993. Entretanto, devido à escassez de dados em uma escala regional, uma parte da pesquisa concentrou-se na construção de série regional histórica (ex: PIB, produção, emprego e equações de salário). A matriz regional de insumo-produto se refere ao ano de 1980 e é composta de 34 setores de produção. A principal característica desse modelo é sua conexão para a economia nacional por três vínculos diferentes e o ajuste nos coeficientes técnicos de IP para previsões setoriais de produção, emprego e renda, no período de 1994 a 2004.

E por fim, para ilustrar o tipo de uso que pode ser feito do modelo, foram simulados três choques diferentes na economia: 1) Uma seca que reduz em 20% produção agrícola em um ano específico; 2) Instalação de uma nova fábrica automóvel no território; e 3) Estagnação de um setor tradicional na economia regional (ex: mercadoria têxtil).

Mattos *et al* (2008) desenvolveram um modelo integrado econométrico+insumo produto, para previsões de longo prazo do consumo de energia setorial no Brasil. Para a estimação do modelo econométrico, foram utilizadas series históricas anuais, de 1960 a 2004, convertidas a preços constantes em R\$ mil 2004. Neste caso, os autores trataram a renda interna bruta ( $Y$ ) e o consumo das famílias ( $C$ ), como variáveis endógenas e os gastos do governo ( $G$ ), investimento privado ( $I$ ), exportações ( $X$ ) e as importações ( $M$ ) como variáveis exógenas ao modelo.

Na parte do modelo de insumo-produto, foram utilizadas matrizes de insumo-produto de 1997 a 2001. Os dados referentes ao consumo de energia em *tep* foram retirados do Balanço Energético nacional. Como os dados do BEN estavam disponíveis apenas para 20 setores, e a matriz estava em 42, os autores realizaram o procedimento de agregação das matrizes de IP, para se compatibilizar com os 20 setores do BEN. É considerado um cenário de previsão expansionista, com a economia passando por um crescimento mais acelerado; e um contracionista, neste caso o crescimento está retraído. Os principais resultados mostraram que, considerando um cenário expansionista, existe a possibilidade de um estrangulamento energético que ocorrerá a partir de 2009, podendo restringir o crescimento econômico, pois ocorrerá um desequilíbrio negativo entre oferta e demanda de energia.

Outro trabalho encontrado na literatura nacional foi realizado por Souza (2008), que tinha por objetivo mensurar os impactos setoriais e totais da demanda de energia elétrica em decorrência de uma variação nas exportações de Minas Gerais e do restante do Brasil. Inicialmente, foi estimado um Modelo Econométrico de Auto-Regressão Vetorial (VAR) para explicar essas exportações e para realizar uma projeção do crescimento das mesmas para os anos de 2007 a 2010. Posteriormente, realizou a integração por ligação (*linking*) dessas projeções a uma matriz de insumo-produto inter-regional híbrida Minas Gerais x restante do Brasil atualizada por meio da metodologia RAS, para os anos de 1997 a 2003. Com isso, foi possível destacar os setores que deveriam consumir maior quantidade de energia elétrica nos anos citados e constatar a tendência de um consumo ascendente da *commodity* com o passar dos anos.

O Quadro 1 resume os principais trabalhos que utilizaram o modelo integrado econométrico e insumo-produto, respectivamente.

**Quadro 1 - Resumo de alguns trabalhos de modelos EC+IP**

<b>Autor</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Região</b>	<b>Contexto</b>	<b>Estratégia de integração</b>	<b>Modelo EC</b>	<b>Estrutura da Matriz de IP</b>
Rey <i>et al</i> (1997)	Comparar a extensão de uma modelo em nível regional com o multiregional, para captar as ligações inter-regionais	5 regiões da Califórnia	Multiregional	Determinação Mútua ( <i>Embedding</i> )	Keynesiano	Ano base: 1990 Desagregação: 29 setores
Israilevich <i>et al</i> (1997)	Realizar uma análise mais detalhada da mudança estrutural nas relações inter-industriais na economia de Chicago	Chicago	Regional	Acoplagem ( <i>Coupling</i> )	Keynesiano	Ano base: 1982 e 1987 Desagregação: 36 setores
Zakarias <i>et al</i> (2002)	Comparar as mudanças estruturais econômicas entre o estado de Styria e Áustria	Styria e Áustria	Multiregional	Acoplagem ( <i>Coupling</i> )	Keynesiano	Ano base: 1995 Desagregação: 36 setores
Hamada (2001)	Predizer o nível e estrutura da atividade industrial na área central de Hokkaido, e sua relação com mudanças ambientais.	Hokkaido-Japão	Regional	Ligação ( <i>linking</i> )	Keynesiano	Ano base: 1980 Desagregação: 15 setores
Azzoni e Kadota (2001)	Verificar impactos de eventos diferentes na economia do estado	São Paulo, Brasil	Regional	Acoplagem ( <i>Coupling</i> )	Keynesiano	Ano base: 1980 Desagregação: 34 setores
Guilhoto <i>et al</i> (1998)	Estudar as economias da Região Nordeste e do Resto do Brasil em um contexto Mercosul, tanto a nível global quanto setorial.	Nordeste-Brasil, MERCOSUL e resto do mundo	Multiregional	Ligação ( <i>linking</i> )	Keynesiano	Ano base: 1992 Desagregação: 16 setores
Mattos <i>et al</i> (2008)	Realizar previsões de longo prazo do consumo de energia setorial no Brasil	Brasil	Nacional	Ligação ( <i>linking</i> )	Keynesiano	Ano base: 1997 a 2001 Desagregação: 13 setores
Souza (2008)	Mensurar os impactos setoriais, regionais e totais do consumo de energia elétrica, resultantes da variação do componente exportação da demanda final de Minas Gerais e do restante do Brasil.	Minas Gerais e Restante do Brasil	Multiregional	Ligação ( <i>linking</i> )	Keynesiano	Ano base: 1997 a 2003 Desagregação: 14 setores

Fonte: Elaboração própria.

### 3 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

Para alcançar os objetivos descritos anteriormente, o presente trabalho utilizará uma metodologia que consiste em um modelo híbrido integrado de EC+IP. Nesta seção, apresenta-se alguns conceitos básicos das estruturas de modelagem, que está dividido em cinco tópicos: 1) no primeiro, será apresentado o modelo econométrico de séries temporais, que consiste no primeiro passo para a integração; 2) no segundo, será descrita a teoria básica da modelagem de insumo-produto, dando ênfase aos modelos de insumo-produto híbrido; 3) no terceiro, são descritos os mecanismos de integração entre as metodologias de insumo-produto e econométrica; 4) no quarto, é apresentada a metodologia utilizada para o módulo específico de energia e; 5) por fim, há um resumo de todas as identidades a serem utilizadas nesta dissertação.

#### 3.1 Modelos Econométrico de Séries Temporais<sup>22</sup>

Para estimar a parte econométrica do modelo integrado EC+IP, foi utilizada a econometria de séries temporais, uma vez que os dados referentes aos componentes da demanda final encontram-se na forma de séries temporais anuais.

Uma série temporal pode ser vista como um conjunto de variáveis aleatórias ordenadas no tempo, ou seja, como um processo estocástico. A análise de regressão baseada em séries de tempo supõe implicitamente que elas sejam estacionárias, neste caso, possui média e variância constante no tempo, e o valor da covariância entre dois períodos de tempo depender apenas da defasagem entre eles. As séries estacionárias são influenciadas transitoriamente por choques.

---

<sup>22</sup> Para essa metodologia, utilizou-se como base o GUJARATI (2000), ENGLE (1990), ENDERS (2004) PINDYCK E RUBINFELD (2004) e LUTKEPOHL (1999).

As mesmas podem ser representadas por um sistema de memória-curta, retornando para o seu valor médio após um choque. (ENGLE, 1990).

Quando a série temporal é não estacionária, tanto a média quanto a variância deixam de ser constantes, podendo aumentar ao longo do tempo. Séries não estacionárias são alteradas permanentemente por choques. Neste caso, tem-se uma série de memória-longa, onde um antigo choque ainda tem um impacto significativo sobre o valor corrente da série, e esta raramente retornará para qualquer valor particular (ENGLE, 1990).

De acordo com Engle (1990), a classificação de séries nesses dois tipos (estacionária e não-estacionária), tem importância na macroeconomia. Muitas variáveis macroeconômicas apresentam memória longa e apenas algumas apresentam memória curta. Neste caso, esta distinção é importante para realizar estimativas coerentes de modelos, para cada tipo de séries, e avaliar como choques de política econômica afetarão as séries.

### 3.1.1 Teste de Raiz Unitária

Para verificar se a série é estacionária ou não, o primeiro passo é realizar um teste estatístico, usualmente chamado de raiz unitária. Se uma série apresenta uma raiz unitária implica em não-estacionariedade da mesma, se não existir uma raiz unitária na série, esta é estacionária. A literatura apresenta diferentes testes para verificar a existência da raiz unitária nas séries analisadas. Os testes Dickey-Fuller (DF), Dickey-Fuller Aumentado (ADF) e o teste não paramétrico de Phillips-Perron (PP) são frequentemente mais utilizados (GUJARATI, 2000; ENDERS, 2004).

O teste de Dickey-Fuller (DF) é baseado em um modelo de auto-regressão de primeira ordem (AR (1)), representado como:

$$\Delta y_t = (\rho - 1)y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Ou então

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Em que  $\Delta = (y_t - y_{t-1})$  é o operador de diferença,  $\gamma = \rho - 1$ ,  $\varepsilon_t$  é um termo de erro estocástico com média nula, variância constante e não-autocorrelacionado, ou seja, do tipo ruído branco. Neste caso, a hipótese nula é de que a série seja não-estacionária, equivalente a dizer que o coeficiente dessa regressão ( $\rho$ ) seja pelo menos igual a um, ou que  $\gamma = 0$ . Se essa

hipótese for verdadeira, então se configura a presença de raiz unitária ou não estacionariedade da série. Caso a hipótese nula for rejeitada a série é estacionária, neste caso, não há nenhuma raiz unitária e conseqüentemente  $\gamma < 0$  (GUJARATI, 2000).

O procedimento Dickey-Fuller permite que se teste a existência ou não de raiz unitária naqueles casos em que seja necessária a introdução ou não de constante e/ou tendência. O teste para ambos os casos é conduzido de maneira semelhante ao apresentado na equação (4). Quando é necessário à introdução de uma constante a auto-regressão a ser utilizada será:

$$\Delta y_t = \alpha + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Onde  $\alpha$  é o intercepto. Entretanto, se for necessária a presença da tendência e do intercepto, a equação passará a ser representada como:

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (6)$$

Sendo que, o termo  $t$  representa a tendência linear.

O teste Dickey-Fuller parte da pressuposição de que os termos de erros nas equações acima são identicamente e independentemente distribuídos (*IID*), isto é não apresentam autocorrelação. Entretanto, na maioria das séries,  $\varepsilon_t$  não é ruído branco, mas apresenta autocorrelação serial. A solução sugerida por Dickey e Fuller (1979) é aumentar a regressão (4) adicionando suficientes termos defasados  $\Delta y_t$ , dando origem ao teste de Dickey-Fuller aumentado (ADF), que é baseado na seguinte representação:

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \rho_{j+1} \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Onde:  $\Delta y_{t-j} = y_{t-j} - y_{t-j-1}$ , para  $j = 1, \dots, k$   $\alpha$  é o intercepto,  $t$  é a variável de tendência,  $\varepsilon_t$  representa os resíduos (*IID*). Neste caso, testa-se a hipótese nula de que  $\gamma = 1$  isto é, tenha uma raiz unitária contra a hipótese alternativa de que não tenha raiz unitária, ou seja,  $\gamma < 1$ .

O teste permite a verificação com a presença ou não da constante e/ou tendência. A principal vantagem do teste ADF em relação ao DF é que ao introduzir um número suficiente

de defasagens, garante-se que os resíduos não apresentem autocorrelação. Para se determinar o número ideal de defasagens utiliza-se algum critério de informação, como por exemplo, o Critério de Akaike (AIC) ou de Schwarz (SBC).

### 3.1.2 Teste de Co-Integração

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), geralmente as séries temporais tem a propriedade desejável de serem estacionárias quando são diferenciadas por uma ou mais vezes. Se uma série temporal não estacionária precisar ser diferenciada uma vez para ficar estacionária, diz-se que a série original é integrada de ordem 1, representada como  $I(1)$ . Se uma série não estacionária precisar ser diferenciada  $n$  vezes para ficar estacionária, ela será integrada de ordem  $n$  ou  $I(n)$ . Com isso, sempre que a série temporal for integrada de ordem 1 ou maior, ela é não estacionária. Uma série estacionária é representada por  $I(0)$ .

De acordo com Enders (2004), a co-integração refere-se a uma combinação linear de variáveis não-estacionárias. Se duas ou mais variáveis apresentarem uma relação estável de longo prazo entre as séries  $I(1)$ , ou seja, serem co-integradas, mesmo que elas sejam não-estacionárias, a diferença entre elas será estável, estacionária.

Os componentes de um vetor  $X_t = (x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt})$  são co-integrados de ordem  $d, b$ , se todas as séries forem integradas de mesma ordem e, deve haver um vetor  $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$  onde a combinação linear de  $Z_t = \beta X_t$  seja integrada de ordem  $(d - b)$ , com  $b > 0$ , ou seja, a combinação linear das variáveis resulte em uma série com ordem de integração menor. Desta forma, o vetor co-integrado de ordem  $d, b$  pode ser representado por  $X_t \sim CI(d, b)$  (ENDERS, 2004).

O teste de Johansen é um procedimento utilizado para testar se as séries são co-integradas, ou seja, permite testar e estimar a presença de vários vetores de co-integração. Segundo ENDERS (1995), esse teste está baseado na relação entre o posto de uma matriz e suas raízes características, e pode ser visto como uma generalização multivariada do teste de Dickey-Fuller.

Em um sistema multivariado integrado de ordem  $I(1)$ , para realizar um teste para o posto de co-integração entre as  $n$  variáveis de um vetor  $X_t$ , é necessário inicialmente especificar o processo gerador de  $X_t$  com a representação de um VAR com erros normais contendo  $\rho$  defasagens e, realiza-se o teste de co-integração:

$$X_t = A_0 + A_1 X_{t-1} + A_2 X_{t-2} + A_3 X_{t-3} + \dots + A_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (8)$$

Em que:  $X_t$  é um vetor de ordem  $(nx1)$ ,  $A_0$  é um vetor  $(nx1)$  de constantes,  $A_1 \dots A_p$  representam as matrizes  $(n \times n)$  de coeficientes, e  $\varepsilon_t$  é um vetor  $(nx1)$  de termos de erro.

A equação (8) após algumas manipulações algébricas pode se representada como:

$$\Delta X_t = \Pi X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Pi_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (9)$$

Em que:  $\Pi = -\left(I - \sum_{i=1}^{p-1} A_i\right)$  e  $\Pi_i = -\sum_{j=i+1}^p A_j$  e  $I$  é uma matriz identidade.

A determinação do numero de vetores de co-integração existentes entre as  $\rho$  variáveis é determinado através do *rank* da matriz  $\Pi$ . Se  $\text{rank}(\Pi) = 0$  a matriz é nula e (9) deve ser representada por um modelo VAR em primeira diferença, não existindo nenhuma combinação linear entre as variáveis, ou seja, elas não são co-integradas. Se  $\Pi$  possui  $\text{rank}(\Pi) = n$ , as  $\rho$  variáveis são estacionárias. Em situações intermediárias em que  $\text{rank}(\Pi) = 1$ , e a expressão  $\Pi X_{t-1}$  é o termo de correção de erro. Para o caso em que  $1 < \text{rank}(\Pi) < n$ , existem múltiplos vetores de co-integração.

O número de vetores de co-integração distintos é dado pela observação do número de raízes características significativas de  $\Pi$ , que equivalem ao próprio *rank* de  $\Pi$  e podem ser representadas por  $\lambda$ . Se as raízes de  $\Pi$  são ordenadas em  $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n$ , então se  $\Pi = 1$ , a primeira raiz estimada ( $\hat{\lambda}_1$ ) será diferente de zero, com as demais  $n - 1$  raízes iguais à zero. De forma semelhante, se  $\Pi = 2$  as duas primeiras raízes estimadas ( $\hat{\lambda}_1$  e  $\hat{\lambda}_2$ ) serão diferente de zeros, e as demais não.

Para determinar o *rank* da matriz, e conseqüentemente, o numero de vetores de co-integração, podem ser realizados dois tipos de testes. O primeiro é o teste do traço ( $\lambda_{trace}$ ), que testa a hipótese nula de que o numero de vetores de co-integração é menor ou igual a  $r$  ( $H_0 : \hat{\lambda}_i \leq 0$  e  $H_1 : \hat{\lambda}_i > 0$ ). A estatística do teste pode ser representada como:

$$\lambda_{\text{raço}}(r) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (10)$$

Onde:  $\hat{\lambda}_i$  corresponde ao número de valores das raízes (autovalores) obtidos na matriz  $\Pi$  e  $T$  é o número de observações. Se  $H_0$  for rejeitada, o teste deve ser realizado para verificar a presença de  $r + 1$  vetores de co-integração:

O segundo teste é o máximo valor ( $\lambda_{\text{max}}$ ), e testa a existência de  $r$  vetores de co-integração ( $H_0 : \hat{\lambda}_{r+1} \leq 0$ ) contra a hipótese alternativa de existência de  $r + 1$  vetores  $H_0 : \hat{\lambda}_{r+1} > 0$ , sendo representado por:

$$\lambda_{\text{max}}(r, r+1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (11)$$

Em que:  $\hat{\lambda}_i$  é o número de valores estimados dos autovalores obtidos na matriz  $\Pi$  e  $T$  é o número de observações. Se  $H_0$  for aceita, neste caso, indica a presença de  $r$  vetores de co-integração.

Se as séries forem integradas de ordem  $I(0)$  deve-se utilizar o modelo VAR. Caso ambas as séries sejam integradas de ordem  $I(1)$  e não co-integradas, deve-se partir para a construção do modelo VAR. No caso de serem co-integradas, deve-se incorporar um mecanismo de correção de erro (VEC).

### 3.2 Modelo Insumo-Produto<sup>23</sup>

No fim da década de 1920, Leontief desenvolveu um modelo de insumo-produto para analisar os fluxos entre as atividades econômicas. De acordo com Miller e Blair (1985), um modelo de insumo-produto para uma dada região ou país específico, descreve os fluxos monetários de bens e serviços entre as indústrias locais com setores de demanda final.

Os principais pressupostos da teoria de insumo-produto são: 1) cada setor produz um único bem ou serviço, com apenas um processo de produção; 2) não tem substituição de insumos, 3) os insumos que as atividades adquirem depende apenas do nível de produção dessa atividade; 4) na economia, a um determinado nível de preço, tem-se o equilíbrio; 5) inexistência de ilusão monetária por parte dos agentes econômicos; 6) retornos constantes de escala; e 7) preços fixos.

---

<sup>23</sup> Baseado em Miller e Blair (1985).

A análise de insumo-produto tornou-se um dos métodos mais utilizados, para se avaliar a economia devido à sua possibilidade de agrupar informações sobre o processo de produção, consumo intermediário, distribuição de renda gerada, comércio exterior, salário e impostos (Miller e Blair, 1985). A Tabela 5 mostra de forma esquemática as relações fundamentais do modelo de insumo-produto para apenas dois setores.

**TABELA 5 - Representação da matriz de fluxos inter-industriais de bens para dois setores**

		Setores Compradores		Demanda Final (Y)				Produto total (X)
		1	2					
Setores Produtivos	1	$Z_{11}$	$Z_{12}$	$C_1$	$I_1$	$G_1$	$E_{X1}$	$X_1$
	2	$Z_{21}$	$Z_{22}$	$C_2$	$I_2$	$G_2$	$E_{X2}$	$X_2$
Setor de Pagamentos	Valor	$L_1$	$L_2$	$L_c$	$L_i$	$L_g$	$L_e$	$L$
	Adicionais (W)	$N_1$	$N_2$	$N_c$	$N_i$	$N_g$	$N_e$	$N$
		$M_1$	$M_2$	$M_c$	$M_i$	$M_g$	$M_e$	$M$
Produto Total (X)		$X_1$	$X_2$	$C$	$I$	$G$	$E_X$	$X$

Fonte: Miller e Blair (1985).

As linhas da tabelas de insumo-produto mostram a distribuição da produção de cada setor produtivo entre os outros setores (demanda intermediária) e para os diversos componentes da demanda final. Desta forma, a soma da demanda intermediária com a demanda final, fornecerá o produto total. Matematicamente temos:

$$X_i = \sum_{j=1}^n Z_{ij} + C_i + I_i + G_i + E_{Xi} \quad (12)$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Onde:

$X_i$  = produção total do setor  $i$  (insumo intermediário e demanda final);

$Z_{ij}$  = produção do setor  $i$ , utilizado como insumo intermediário pelo setor  $j$ ;

$C_i$  = produção do setor  $i$ , comprada pelas famílias;

$G_i$  = produção do setor  $i$ , comprada pelo governo;

$I_i$  = produção do setor  $i$ , destinada ao investimento;

$E_{Xi}$  = produção do setor  $i$ , destinada à exportação.

As colunas representam as compras dos insumos intermediários de todos os setores da economia, e as despesas com o setor de pagamentos (impostos e importações) e com os componentes do valor adicionado (remuneração do capital, trabalho e terra). Temos que:

$$X_j = \sum_{i=1}^n Z_{ij} + L_j + N_j + M_j \quad (13)$$

$j = 1, 2, 3, \dots, n$

Onde:

$X_j$  = produção total do setor  $j$ ;

$Z_{ij}$  = fluxos monetários correspondentes as comprara do setor  $j$  junto ao setor  $i$ ;

$L_j$  = remuneração do fator trabalho setor  $j$ ;

$N_j$  = demais itens do valor adicionado do setor  $j$  serviços do governo (impostos), capital (juros), terra (aluguel), empreendimento (lucro);

$M_j$  = importações feitas pelo setor  $j$ .

Em um sistema de insumo-produto a economia é dividida em  $n$  setores. A formalização do modelo regional pode ser representada pela seguinte maneira<sup>24</sup>:

$$\begin{aligned} X_1 &= Z_{11} + Z_{12} + \dots + Z_{1i} + \dots + Z_{1n} + Y_1 \\ X_2 &= Z_{21} + Z_{22} + \dots + Z_{2i} + \dots + Z_{2n} + Y_2 \\ &\vdots \\ X_i &= Z_{i1} + Z_{i2} + \dots + Z_{ii} + \dots + Z_{in} + Y_i \\ &\vdots \\ X_n &= Z_{n1} + Z_{n2} + \dots + Z_{ni} + \dots + Z_{nn} + Y_n \end{aligned} \quad (14)$$

Onde:  $z_{ij}$  representa as vendas do setor  $i$  para o setor  $j$ ,  $y_i$  as vendas do setor  $i$  para a demanda final e  $X_i$  o valor total da produção do setor  $i$ .

Através dos fluxos inter-setoriais ( $Z_{ij}$ ) e da produção total ( $X_i$ ), para um dado período de tempo, pode-se determinar o coeficiente técnico ou razão de insumo-produto, pela seguinte equação:

<sup>24</sup> Neste trabalho quando se trata em sistema regional, refere-se ao Brasil como todo.

$$a_{ij} = \frac{Z_{ij}}{X_j} \quad (15)$$

O coeficiente técnico ( $a_{ij}$ ) expressa a quantidade de insumo do setor  $i$  necessário para a produção de uma unidade monetária de produto total do setor  $j$ . Este permanece fixo ao longo do tempo, dependendo apenas da produção de cada setor no período da análise. O consumo dos coeficientes técnicos  $a_{ij}$  constitui a matriz tecnológica  $A$  (de dimensão  $n \times n$ ). Matematicamente temos:

$$A = Z(\hat{X})^{-1} \quad (16)$$

Onde:  $\hat{X} = \text{diag}(X)$ . Os elementos da matriz  $A$  são denominados coeficientes de requisito direto e fornecem informações sobre os efeitos imediatos de uma variação da demanda final, ou seja, servem para avaliar o grau de interdependência ou interação entre os setores da economia (MILLER E BLAIR, 1985).

Substituindo os fluxos monetários  $Z_{ij}$  por  $a_{ij}X_j$  em cada setor nas equações das vendas de cada setor, isolando o  $Y$  e colocando o  $X$  em evidência, têm-se um sistema de equações lineares simultâneas, cujo parâmetro são os coeficientes técnicos de produção, como se segue:

$$\begin{aligned} (1 - a_{11})X_1 - a_{12}X_2 - \dots - a_{1i}X_i - \dots - a_{1n}X_n &= Y_1 \\ -a_{21}X_1 + (1 - a_{22})X_2 - \dots - a_{2i}X_i - \dots - a_{2n}X_n &= Y_2 \\ \vdots & \\ -a_{i1}X_1 - a_{i2}X_2 - \dots + (1 - a_{ii})X_i - \dots - a_{in}X_n &= Y_i \\ \vdots & \\ -a_{n1}X_1 - a_{n2}X_2 - \dots - a_{ni}X_i - \dots + (1 - a_{nn})X_n &= Y_n \end{aligned} \quad (17)$$

A representação de (17) pode ser realizada também em notação matricial:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1i} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2i} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{ni} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} \quad (18)$$

Neste caso,  $A$  é a matriz dos coeficientes técnicos ( $n \times n$ ).  $X$  e  $Y$  são vetores coluna ( $n \times 1$ ) que representam, respectivamente, a produção total e a demanda final. O sistema (17) pode então ser re-escrito como:

$$X = AX + Y \quad (19)$$

Após manipulações algébricas chega-se em:

$$X = BY \quad (20)$$

Onde:  $B = (I - A)^{-1}$  corresponde à matriz Inversa de Leontief, que capta os efeitos totais (diretos e indiretos) das modificações exógenas da demanda final sobre a produção dos  $n$  setores da economia.

### 3.2.1 Modelo de Insumo Produto Híbrido<sup>25</sup>

A abordagem em unidades híbridas é uma extensão do modelo tradicional de insumo produto, que consiste em incorporar na tabela de insumo-produto,  $k$  linhas e  $k$  colunas. As novas linhas descrevem em unidades físicas (e.g., *tep*), o total de vendas dos setores energéticos (e.g., combustíveis) para os outros setores da economia e as novas colunas descrevem em unidades monetárias (Reais) o total de compras feitas aos setores energéticos pelos demais. Após essa incorporação, é necessário recalcular a matriz de insumo-produto  $A$  e a inversa de Leontief  $(I - A)^{-1}$  devido aos novos fluxos da matriz (PEROBELLI *et al*, 2006).

Inicialmente, constrói-se uma matriz de fluxos de energia em unidades física dada uma economia com ( $n \times k$ ) setores, onde  $k$  representa os setores de energia, a matriz de fluxo de energia,  $E$  será de dimensão  $k \times (n \times k)$ . Assumindo que a energia consumida pela demanda final (em unidades físicas) é dada por  $E_y$  e o consumo total de energia é determinado por  $F$  ( $E_y$  e  $F$  são vetores coluna com  $k$  elementos). O fluxo de energia pode ser representado por:

---

<sup>25</sup> O modelo de insumo produto híbrido apresentado nesta seção é proveniente das abordagens utilizadas por autores como Miller e Blair (1985) e Hilgemberg (2004) e Perobelli *et al* (2006).

$$Ei + E_y = F \quad (21)$$

Onde  $i$  é um vetor coluna ( $nx1$ ) cujos elementos são números “um”. Essa equação mostra que a energia total consumida (e produzida) na economia é dada pela soma da energia consumida pelo setor inter-industrial (do tipo descrito na linha de  $E$ ) mais a energia consumida pela demanda final (MILLER e BLAIR, 1985).

Através da matriz  $E$ , a matriz de transações inter-industriais em unidades híbridas pode ser construída. Para tanto, deve-se substituir na matriz de transações inter-industriais ( $Z$ ) as linhas representando os fluxos de energia em unidades monetárias pelas linhas que vão representar os fluxos de energia em unidades físicas (e.g.,  $tep$ ). Devemos também, definir o produto total correspondente,  $X^*$ , e a demanda final,  $Y^*$ , como vetores para os quais os setores energéticos e os não energéticos são similarmente medidos em unidades físicas e monetárias, respectivamente.

Considerando um modelo nacional, onde  $k$  setores são, por hipótese, um setor de energia, em que os fluxos de produção para os outros setores são medidos em  $tep$ , e nos outros setores não energéticos em unidades monetárias, as matrizes de energia e das transações serão:

$$E = \begin{bmatrix} tep & tep & tep & tep \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ tep & tep & tep & tep \end{bmatrix} \quad (22)$$

$$Z = \begin{bmatrix} \$ & \$ & \$ & \$ \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \$ & \$ & \$ & \$ \end{bmatrix} \quad (23)$$

Depois da substituição, define-se uma nova matriz de transações  $Z^*$ , na qual, os fluxos de energia são mensurados em unidades físicas e os outros fluxos em unidades monetárias (HILGEMBERG, 2004).

A matriz em unidade híbrida será representada por:

$$Z^* = \begin{bmatrix} Z \\ E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \$ & \$ & \$ & \$ \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \$ & \$ & \$ & \$ \\ tep & tep & tep & tep \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ tep & tep & tep & tep \end{bmatrix} \quad (24)$$

Adotando o mesmo procedimento para a produção total ( $X$ ) e demanda final ( $Y$ ) por setor, temos que:

$$X^* = \begin{bmatrix} \$ \\ \vdots \\ \$ \\ tep \\ \vdots \\ tep \end{bmatrix} \quad (25)$$

$$Y^* = \begin{bmatrix} \$ \\ \vdots \\ \$ \\ tep \\ \vdots \\ tep \end{bmatrix} \quad (26)$$

A matriz híbrida de coeficientes diretos é definida como:

$$A^* = Z^* (\hat{X}^*)^{-1} \quad (27)$$

Onde:  $\hat{X} = diag(X)$ .

Na forma matricial tem-se que:

$$A^* = \begin{bmatrix} \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{\$} & \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{\$} \\ \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{\$} & \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{\$} \\ \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{tep} \\ \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{\$} & \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{\$} \\ \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{tep} \\ \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{\$} & \frac{\$}{tep} & \frac{\$}{\$} \end{bmatrix} \quad (28)$$

A partir da equação (27) é possível obter:

$$A^* X^* + Y^* = X^* \quad (29)$$

Após algumas manipulações algébricas, tem se que:

$$X^* = B^* Y^* \quad (30)$$

Em que:  $B^* = (I - A^*)^{-1}$ . A matriz  $B^*$  terá as mesmas unidades de (20), no entanto, algumas características dessas matrizes diferem do modelo tradicional, pois representa os requerimentos totais (em *tep* ou unidades monetárias) por unidade (*tep* ou unidades monetárias) de demanda final.

### 3.3 O Modelo Econométrico + Insumo Produto

Esta seção apresenta o modelo integrado EC+IP desenvolvido para gerar previsão da demanda de combustíveis. Na seção 3.3.1 é apresentado o modelo de Mattos *et al* (2008). Posteriormente, na seção 3.3.2, tem-se a descrição do modelo macroeconômico para os componentes da demanda final, que serão estimados por meio de equações econométricas; e a seção 3.3.3 apresenta as identidades básicas utilizadas no modelo integrado EC+IP para o setor energético (combustíveis), para verificar qual o impacto que a demanda final pode exercer sobre o consumo de combustíveis na economia.

### 3.3.1 Modelo EC+I de Mattos *et al* (2008)

A metodologia referente à parte do modelo integrado EC+IP, está baseada no modelo desenvolvido por Mattos *et al* (2008). Estes autores propuseram um modelo integrado EC+IP, para previsões de longo prazo do consumo de energia setorial no Brasil.

A abordagem Mattos *et al* (2008) integra modelos econométricos de séries temporais, como as representações de modelos vetor-autorregressivo (VAR) e de mecanismo de correção de erro (modelos VCE), com modelos de insumo-produto. A integração é feita por ligação, entre o modelo de IP aberto ou fechado e o modelo econométrico.

Neste modelo, foi utilizado tanto o modelo aberto, quanto o fechado. No primeiro, um VAR é integrado ao modelo de insumo-produto, onde todos os componentes da demanda final são exógenos ao modelo. No modelo fechado, um VCE é integrado, com o consumo das famílias endógeno. Para ambos os modelos EC+IP, a economia será composta por 15 setores e apenas uma região (o Brasil). Para representar ambos os modelos EC+IP, os autores se basearam no seguinte conjunto de identidades:

$$Y_t = C_t + G_t + I_t + E_x - M \quad (31)$$

$$F_t = h_C C_t + h_G G_t + h_I I_t + ne_t \quad (32)$$

$$ne_t = h_{Ex} E_{x,t} - h_M M_t \quad (33)$$

$$X_t = AX_t + F_t \quad (34)$$

$$E_t = PX_t \quad (35)$$

Onde:  $Y$  corresponde à renda interna bruta,  $C$  é o consumo das famílias;  $G$  os gastos do governo;  $I$  o investimento privado,  $E_x$  exportações e  $M$  importações.

Todas as variáveis estão medidas em valores monetários.  $X$ ,  $F$  e  $ne$  são vetores ( $nx1$ ) de produção, demanda final e exportações líquidas por setor. Para desagregar os componentes da demanda final setorialmente, utiliza-se vetores  $h_C$ ,  $h_G$ ,  $h_I$ ,  $h_{Ex}$  e  $h_M$  de dimensão  $nx1$ , de tal forma que:

$$\sum_{j=1}^n h_{C,j} = \sum_{j=1}^n h_{G,j} = \sum_{j=1}^n h_{I,j} = \sum_{j=1}^n h_{Ex,j} = \sum_{j=1}^n h_{M,j} = 1 \quad (36)$$

$P$  é uma matriz diagonal ( $n \times n$ ), cuja diagonal principal são coeficientes de uso setorial de energia (medidos em  $tep/R\$$ ), e  $E$  é um vetor  $n \times 1$  de consumo setorial de energia medido em  $tep$ . O subscrito  $t$  indexa o tempo em termos anuais.

A proposta deste trabalho consiste em estender o modelo de Mattos *et al* (2008) através do desenvolvimento de um modelo EC+IP para a economia brasileira, atualizado e ampliado para uma matriz híbrida de insumo-produto, visando à geração de previsões de longo prazo de demanda de combustíveis para os diversos setores da atividade econômica. Inicialmente, será descrita a extensão do módulo econométrico. Em seguida, a alteração no módulo de insumo-produto com a matriz híbrida.

### 3.3.2 O Modelo Macroeconômico para os Componentes da Demanda Final<sup>26</sup>

No estudo das questões macroeconômicas, as abordagens: clássica, keynesiana, dos novos clássicos e dos novos keynesianos têm evoluído ao longo do tempo para analisar as flutuações da produção, do emprego e do nível dos preços. Os novos clássicos e novos keynesianos utilizam as expectativas racionais, imperfeições do mercado, fricções no mercado de trabalho ou choques tecnológicos para explicar essas flutuações (e.g., Keynes (1936), Hicks (1937), Samuelson (1939), Phillips (1958), Friedman (1968), Phelps (1968), Tobin (1969)). Já na literatura sobre os acontecimentos econômicos em longo prazo, têm-se trabalhos desenvolvidos na área de modelos de crescimento endógenos e exógenos (e.g., Solow (1956), Lucas (1988), Romer (1990)).

Modelos macroeconômicos têm sido utilizados na formulação de políticas econômicas em quase todos os países do mundo. Estes proporcionam uma análise da ligação entre a oferta e a demanda na atribuição de recursos na economia, procurando explicar o nível de demanda agregada, consumo, investimento, poupança das famílias e das empresas, despesas públicas, exportações líquidas, emprego, taxas de juro, nível de preços e balanças comerciais. A validade empírica destes modelos é testada por meio de simulações de modelos macroeconômicos e modelos de equilíbrio geral (BHATTARAI, 2005).

Nos modelos macroeconômicos Keynesianos, a oferta agregada deve ser perfeitamente flexível no curto prazo, com um nível constante de preços. Parâmetros comportamentais,

---

<sup>26</sup> Neste trabalho o modelo macroeconômico tem como referência o modelo proposto por (BHATTARAI, 2005).

como a propensão marginal a consumir, as importações e as taxas de imposto determinam o impacto real das políticas nos setores da economia.

Com o objetivo de verificar as tendências e os principais agregados macroeconômicos, este trabalho utilizará um modelo Keynesiano para a análise da política econômica, através da estimação econométrica dos componentes da demanda final para uma economia aberta, que é representado pela seguinte identidade básica:

$$Y = C + I + G + E_x - M \quad (37)$$

Onde:  $Y$  é a renda interna bruta,  $C$  o consumo das famílias,  $I$  o investimento privado,  $G$  os gastos do governo,  $E_x$  são as exportações e  $M$  as importações, todos medidos em valores monetários.

A função consumo, que representa o consumo das famílias em um determinado período de tempo, no modelo Keynesiano, depende da renda disponível, como pode ser observado a seguir:

$$C_t = \beta_0 + \beta_1 Yd_t + e_t \quad (38)$$

Onde:  $C_t$  corresponde ao consumo das famílias,  $Yd_t$  à renda disponível e  $e_t$  o termo de erro aleatório. O parâmetro  $\beta_0$  representa o nível de consumo de subsistência e  $\beta_1$  a propensão marginal a consumir, que tem valor entre  $0 < \beta_1 = \frac{\partial C}{\partial Y} < 1$ .

O investimento é outro componente da demanda agregada. Ele pode ser determinado pela taxa de juros e pela renda interna em relação ao período anterior:

$$I_t = \mu_0 + \mu_1 R_t + \mu_2 \Delta Y_{t-1} + u_t \quad (39)$$

Onde:  $I_t$  é a demanda por investimento,  $R_t$  corresponde à taxa de juros;  $\Delta Y_{t-1}$  à mudança na demanda. Neste caso,  $\Delta Y_{t-1} = Y_{t-1} - Y_{t-2}$ , e  $u_t$  é o termo de erro aleatório. A taxa de juro determina o custo do capital e o nível de investimento. Neste caso,  $\mu_1 = \frac{\partial I}{\partial R} < 0$ . O investimento será maior se a demanda agregada for maior, logo,  $\mu_2 = \frac{\partial I}{\partial \Delta Y} > 0$ .

A demanda do governo ( $G_t$ ) é o próximo componente da demanda agregada. Neste estudo,  $G_t$  será fixo, pois, o governo tem obrigações com vários serviços públicos que não podem ser facilmente alteradas. Logo, assume-se esta variável como sendo exógena ao modelo.

As exportações ( $E_x$ ) podem ser determinadas pela taxa de câmbio real e pela renda externa, representada pela equação:

$$E_{x_t} = a_0 + a_1 Y_t^* + a_2 E_t + v_t \quad (40)$$

Neste caso,  $E_{x_t}$  corresponde às exportações,  $Y_t^*$  é a renda externa, que no modelo será representado pelo PIB mundial,  $E_t$  é a taxa de câmbio real<sup>27</sup>. Os parâmetros  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  representam o comportamento da exportação na economia e  $v_t$  o termo de erro aleatório.

As importações correspondem à demanda de todos os bens e serviços, consumidos ou investidos na economia, que não são produzidos no país. Alguns modelos Keynesianos relacionam às importações com o nível de rendimento nacional e à taxa de câmbio real:

$$M_t = m_0 + m_1 Y_t + m_2 E_t + w_t \quad (41)$$

Onde  $M_t$  é as importações,  $V_t$  a taxa de câmbio real,  $Y_t$  correspondem à renda interna. Os coeficientes  $m_0$ ,  $m_1$  e  $m_2$  representam o comportamento das importações na economia e  $w_t$  é o termo de erro aleatório. Aumentos nas importações ocorrem caso haja uma elevação do nível do rendimento nacional,  $\frac{\partial M}{\partial Y} = m_1 > 0$ , ou na taxa de câmbio real  $\frac{\partial M}{\partial V_t} = m_2 < 0$ .

As equações descritas anteriormente estão representadas em suas formas estruturais. Assim, o modelo apresenta variáveis no lado esquerdo com função de variáveis do lado direito endógenas e pré-determinadas do lado direito das equações. Outra forma de representar as equações dos componentes da demanda final é através da forma reduzida, onde as variáveis endógenas estão em função das pré-determinadas.

---

<sup>27</sup> A taxa de câmbio está definida como:  $\frac{R\$}{US\$}$

## Forma Estrutural (FE)

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + E_{X_t} - M_t \quad (42)$$

$$C_t = \beta_0 + \beta_1 Y_t + e_t \quad (43)$$

$$I_t = \mu_0 + \mu_1 R_t + \mu_2 \Delta Y_{t-1} + u_t \quad (44)$$

$$E_{X_t} = a_0 + a_1 Y_t^* + a_2 V_t + v_t \quad (45)$$

$$M_t = m_0 + m_1 Y_t + m_2 V_t + w_t \quad (46)$$

## Forma Reduzida (FR)

$$C_t = \pi_{10} + \pi_{11} R_t + \pi_{12} Y_t^* + \pi_{13} V_t + \pi_{14} G_t + \pi_{15} \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad (47)$$

$$I_t = \pi_{20} + \pi_{21} R_t + \pi_{22} Y_t^* + \pi_{23} V_t + \pi_{24} G_t + \pi_{25} \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (48)$$

$$E_{X_t} = \pi_{30} + \pi_{31} R_t + \pi_{32} Y_t^* + \pi_{33} V_t + \pi_{34} G_t + \pi_{35} \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_{3t} \quad (49)$$

$$M_t = \pi_{40} + \pi_{41} R_t + \pi_{42} Y_t^* + \pi_{43} V_t + \pi_{44} G_t + \pi_{45} \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_{4t} \quad (50)$$

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + X_t - M_t \quad (51)$$

Neste trabalho, a forma reduzida foi re-especificada na forma de um modelo VAR/VEC como segue:

$$\Delta W_t = -\alpha \beta W_{t-1} + \Theta_1 \Delta W_{t-1} + \Psi_0 \Delta Z_t + \Psi_1 \Delta Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad (52)$$

O vetor  $W$  contém as variáveis endógenas do modelo,  $Z_t$  é um vetor ( $m \times 1$ ) de variáveis exógenas, o vetor  $\alpha$  contém os coeficientes de ajustamento de cada variável endógena aos desvios na relação de longo prazo,  $\beta$  parâmetro de co-integração e  $\varepsilon_t$  é a matriz dos resíduos do tipo ruído branco. A representação na forma matricial pode ser expressa como:

$$W_t = \begin{bmatrix} CO_t \\ I_t \\ E_{X_t} \\ M_t \end{bmatrix}, Z_t = \begin{bmatrix} R_t \\ Y_t^* \\ G_t \\ V_t \\ \Delta Y_{t-1} \end{bmatrix}, \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \cdots & \alpha_{13} \\ \vdots & \ddots & \\ \alpha_{41} & \cdots & \alpha_{44} \end{bmatrix}, \beta = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \cdots & \beta_{14} \\ \vdots & \ddots & \\ \beta_{31} & \cdots & \beta_{34} \end{bmatrix}, \Theta_1 = \begin{bmatrix} \theta_{11} & \cdots & \theta_{14} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \theta_{41} & \cdots & \theta_{44} \end{bmatrix},$$

$$\Psi_0 = \begin{bmatrix} \gamma_{11}^0 & \cdots & \gamma_{14}^0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{41}^0 & \cdots & \gamma_{44}^0 \end{bmatrix}, \Psi_1 = \begin{bmatrix} \gamma_{11}^1 & \cdots & \gamma_{14}^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{41}^1 & \cdots & \gamma_{44}^1 \end{bmatrix} \text{ e } e_t = \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ e_{3t} \\ e_{4t} \end{bmatrix}.$$

A metodologia descrita nas duas seções anteriores foi aplicada para se construir um modelo econométrico para os componentes da demanda final do módulo EC+IP. Estes componentes, do modelo aqui especificado, são: consumo ( $CO$ ), investimento ( $I$ ) e as exportações líquidas formadas pela diferença entre exportações ( $E_X$ ) e importações ( $M$ ). Esses componentes formaram um conjunto de variáveis endógenas do modelo econométrico. Como variáveis exógenas, foram considerados a taxa de juros ( $R$ ), o gasto do governo ( $G$ ) a renda mundial ( $YM$ ), taxa de câmbio real ( $E$ ) e variação da renda ( $Y_{t-1}$ ).

### 3.3.3 Identidades Básicas

Para a estimação do modelo integrado EC+IP no trabalho, será utilizada a matriz híbrida ( $A^*$ ), contendo linhas e colunas específicas de coeficientes de utilização de energia, para os combustíveis derivados do petróleo (gasolina, óleo combustível, óleo diesel), e álcool. O processo de integração é feito por ligação, e pode ser representado pelas seguintes equações:

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + E_{X,t} - M_t \quad (53)$$

$$F_t^* = h_C^* C_t + h_I^* I_t + h_G^* G_t + h_X^* E_{X,t} - h_M^* M_t \quad (54)$$

$$X^* = (I - A^*)^{-1} F^* \quad (55)$$

$$X_t^* = \begin{bmatrix} X_t \\ E_t \end{bmatrix} \quad (56)$$

$$F_t^* = \begin{bmatrix} F_t \\ F_{Y,t} \end{bmatrix} \quad (57)$$

$$X^* = \begin{bmatrix} X \\ E_t \end{bmatrix} = (I - A)^{-1} F \quad (58)$$

Onde:  $Y$  é a demanda final composto pelos seguintes componentes: consumo final híbrido ( $C_t$ ) investimento híbrido ( $I_t$ ), gastos do governo híbrido ( $G_t$ ), exportações em unidades híbridas ( $E_{Xt}$ ) e importações híbridas ( $M_t$ ). Todas as variáveis estão medidas em termos monetários.  $F_t^*$  corresponde ao vetor híbrido ( $n \times 1$ ) utilizado para desagregar os componentes da demanda final setorialmente,  $h_C^*, h_I^*, h_G^*, h_{E_X}^*$  e  $h_M^*$ , de tal forma que  $\sum_{j=1}^n h_{C,j} = \sum_{j=1}^n h_{G,j} = \sum_{j=1}^n h_{I,j} = \sum_{j=1}^n h_{E_X,j} = \sum_{j=1}^n h_{M,j} = 1$ .  $X^*$  é o vetor híbrido da produção total da economia e  $(I - A^*)^{-1}$  representa a matriz inversa de Leontief híbrida.

### 3.3.4 Módulo de Energia

O modelo EC+IP desenvolvido para o módulo de energia teve de sofrer alguns ajustes na definição da matriz  $H$ , de pesos de desagregação da demanda final (os “ $h_j$ ”) e na adequação da matriz  $B$  (inversa de Leontief) para gerar as previsões no patamar adequado.

Era de se esperar que as previsões do modelo EC+IP não se ajustassem perfeitamente devido às hipóteses subjacentes do modelo e à limitação de disponibilidade de dados para apropriadamente implementar o modelo (como o fato de que a matriz IP recém divulgada pelo IBGE para 2005 não ser, mesmo assim, a mais atualizada, sobretudo no que concerne aos energéticos considerados como o álcool, por exemplo). Desta forma, o modelo usado, e implementado é representado da seguinte forma:

$$F^* = H(p) \quad (59)$$

$$X^* = \begin{bmatrix} X \\ E \end{bmatrix} = L_b \cdot B^* \cdot F^* \quad (60)$$

Onde  $X^*$ ,  $B^*$  e  $F^*$  estão em unidades híbridas. O vetor  $p' = [C, I, G, E_x, M]$  contém as previsões dos 5 componentes agregados da demanda final. O vetor  $X$  contém as previsões para os setores medidos em valor (que são os não energéticos mais um setor de demais energéticos agregado introduzido para fins de garantir o balanceamento da parte não híbrida de  $B^*$ ) e o vetor  $E$  contém as previsões de interesse, isto é para os 4 produtos energéticos considerados na análise.  $L_B$  é uma matriz diagonal ( $n \times n$ ) contendo os parâmetros de calibragem para os setores energéticos (vide a equação 60).

A matriz  $H$ , de ordem  $n \times 5$  precisou de um tratamento especial. Isto porque 4 dos  $n$  setores são energéticos e suas quantidades são medidas em *tep*. O conceito de  $h_j$  (que são os elementos de  $H$  para cada componente da demanda final) refere-se a participações de cada elemento da demanda final nos respectivos setores. Assim, para um dado componente, sua soma só pode ser 1 para os  $n-4$  setores em valor. Uma das abordagens a ser utilizada baseou-se em definir os “ $h_j$ s” para cada setor energético como sendo a participação no total dos quatro setores em cada componente. Por exemplo, os quatro  $h_j$  do componente exportação somam 1. Assim, o vetor  $h$  de cada componente possui dois grupos de elementos, ambos somando 1: os  $n-4$  primeiros elementos referentes aos setores medidos em valor, e os últimos 4 elementos referentes aos medidos em *tep*. Esse procedimento não garante ser o mais apropriado, de fato continua-se sem poder determinar ao certo a melhor forma de medir os elementos da parte em *tep* da matriz  $H$ . Para lidar com esta incerteza, definiu-se um parâmetro de calibragem  $\lambda_H$ , que é multiplicado pelos elementos em *tep* de  $H$ , da seguinte forma:

$$H = \begin{bmatrix} H_v \\ \lambda_H H_T \end{bmatrix} \quad (61)$$

Onde  $H_v$  é a parte de  $H$  para os setores medidos em valor e  $H_T$  é a parte de  $H$  para os setores energéticos medidos em *tep*.

No caso da inversa de Leontief (matriz  $B$ ), como alguns setores estavam gerando previsões enviesadas para baixo e outras enviesadas para cima, adotou-se um conjunto de  $n$

parâmetros de calibragem embutidos na matriz diagonal  $L_b$ . Na prática, porém, apenas os parâmetros de calibragem referentes aos setores energéticos é que foram objeto de calibragem, de forma que a matriz  $L_b$  efetivamente usada na dissertação tem a forma:

$$L_b = \begin{bmatrix} I_{n-4} & & & & 0 \\ & \lambda_1 & & & \\ 0 & & \lambda_2 & & \\ & & & \lambda_3 & \\ & & & & \lambda_4 \end{bmatrix} \quad (62)$$

Neste caso, cada parâmetro  $\lambda_i$  está associado ao  $i$ -ésimo setor energético. Seu papel é o de “inflar” ou “desinflar” as previsões geradas para cada setor pelo modelo EC+IP. Por esse mecanismo, é possível obter-se ganhos de redução de viés das previsões e melhora da qualidade preditiva em geral. O critério usado para escolher um melhor valor para cada parâmetro baseia-se na minimização do Desvio Absoluto Médio Percentual de previsão nos quatro anos (2004 a 2008) usados no teste preditivo após a amostra.

$$DAMP(j) = 100 \cdot \frac{\sum_{t=2004}^{2007} \left| \frac{e_{j,t} - r_j}{r_j} \right|}{4} \quad (63)$$

Onde  $e_{j,t}$  = valor previsto da produção do energético  $j_t$ ,  $r_{j,t}$  = valor real da produção do energético  $j_t$ , para  $j = 1, \dots, 4$ . Nota-se que  $e_{j,t}$  é um elemento da reta  $E_t^j = [e_{1,t}, e_{2,t}, \dots, e_{4,t}]$ .

O modelo EC+IP desenvolvido pode ser utilizado para fazer previsões futuras de longo prazo para o consumo de combustíveis no Brasil. As previsões com o modelo EC+IP para anos futuros depende de previsões externas para as variáveis exógenas ( $R, V, G, \Delta Y_{t-1}, Y^*$ ). Após definir o modelo econométrico a ser utilizado (VAR/VEC), serão considerados dois cenários futuros para as variáveis endógenas ( $C, I, E_x$  e  $M$ ). Para projetar a quantidade de combustíveis que serão demandados, os dois cenários realizados serão utilizados para “alimentar” o módulo IP do modelo EC+IP. As previsões serão realizadas para o período de 2008-2017.

Os resultados da aplicação dos métodos estão apresentados no capítulo 4.

### 3.5 Base de Dados

#### 3.5.1 Modelo Econométrico

Esta seção descreve os dados que foram utilizados na construção do modelo econométrico. Para os componentes da demanda final: PIB ( $Y$ ), consumo das famílias ( $C$ ), investimento ( $I$ ), gasto do governo ( $G$ ) e exportações ( $E_x$ ) e pelas importações ( $M$ ), foram usadas as séries históricas anuais, de 1970 a 2007, produzidas pelo do Sistema de Contas Nacionais do IBGE disponibilizadas pelo IPEA (2008)<sup>28</sup>. As séries foram obtidas a preços correntes em R\$ milhões e convertidas a preços constantes em R\$ milhões de dezembro de 2007, utilizando-se o deflator implícito do PIB, calculado pelo IBGE e disponível no IPEA (2008). É importante destacar que os gastos do governo são tratados como exógenos ao modelo, logo, estes não foram estimados.

As variáveis pré-determinadas são representadas por:

1) taxa de juros ( $R_t$ ): será utilizada como *proxy* a taxa de depósitos bancários (CDB)<sup>29</sup>. Os dados estavam disponíveis mensalmente de janeiro de 1970 a dezembro de 2007. Como na dissertação será trabalhado com dados anuais, o procedimento adotado para transformar esses dados mensais em anuais consiste inicialmente em calcular um índice mensal, para tanto, assumiu-se o ano 1969 igual a 1 e calculou a taxa a partir dele, e isso foi feito sucessivamente para todos os meses. Em seguida, calculou-se a média geométrica dos meses obtendo assim, um índice da taxa de juros anual. Os dados estavam disponíveis no IPEA (2008);

2) taxa de câmbio real ( $V_t$ ), calculada pela identidade  $V_t = \frac{e_t P_t^*}{P_t}$ , onde  $e$  corresponde à taxa de câmbio nominal R\$/US\$,  $P^*$  é o nível de preços externo e  $P$  é o nível de preços interno. Para o nível de preços externos, utilizou-se o Índice de Preços por Atacado Americano (IPA-americano) divulgado pelo Fundo Monetário Internacional (FMI). Para os preços internos foi utilizado IPA-OG calculado pela Fundação Getúlio Vargas. Ambos os índices foram obtidos no IPEA (2008). Todos estes dados em valores monetários foram convertidos para mesma base (2007=100).

<sup>28</sup> Não há dados históricos disponíveis para todas as variáveis em período anterior.

<sup>29</sup> A escolha da taxa CDB ocorreu devido à falta de dados de outras taxas para o período em análise (1970 a 2007).

3) Defasagem temporal da renda interna ( $\Delta Y_{t-1}$ ), que representa a mudança na demanda, ou seja, uma variação da renda interna disponível defasada temporalmente pelo período de um ano e;

4) PIB Mundial ( $Y_t^*$ ), que representa uma *proxy* para o nível de renda mundial obtido no site da Organização Mundial do Comércio – OMC (2008). A série se encontra disponível a preços correntes em Dólares (US\$), desta forma, teve que ser convertida a preços constantes em Dólares (US\$) de 2007, utilizando o IGP-DI americano fornecido pelo Fundo Monetário Internacional (FMI) disponível no IPEA (2008), posteriormente foi transformada em Real (R\$), através da conversão da taxa de câmbio.

### 3.5.2 Matriz de Insumo-Produto

A matriz de Insumo-Produto é compreendida como uma matriz de coeficientes técnicos diretos, que fornece o quanto determinada atividade econômica necessita consumir das demais atividades para que possa produzir uma unidade monetária adicional. As Tabelas de Recursos e Usos (TRUs) calculada pelo IBGE, a partir das contas nacionais, são base para a construção da matriz de Insumo-Produto, pois, classificam as unidades produtivas de acordo com as atividades econômicas, permitindo assim, identificar as relações de trocas entre os setores (IBGE, 2005).

As TRUs apresentam um formato produto por setor e são divididas em: 1) Tabelas e Recursos de Bens e Serviço (produção) trazem informação da oferta total de bens e serviços da economia (produção e importação), ou seja, o quanto cada setor produz de cada bens e serviços. Ao longo da linha, tem-se o que cada setor produziu de determinado produto e na coluna, quais os setores que produziram e 2) Tabela de Usos de Bens e Serviços que fornece o que cada setor está utilizando no seu processo produtivo. Na linha, tem-se o destino da produção de cada setor de atividade para o consumo intermediário e demanda final (exportação, consumo das famílias, consumo do governo e formação bruta de capital físico) e na coluna o que cada setor consumiu de cada produto (IBGE (2008) e Feijó (2004))<sup>30</sup>.

Neste trabalho a base para a obtenção da matriz de insumo-produto para a economia brasileira foi construído a partir das informações das TRUs elaborada pelo IBGE para o ano

---

<sup>30</sup> Além disso, as tabelas *contêm* informações dos componentes do Valor adicionado (remunerações, excedentes operacional bruto, outros impostos sobre produção, outros subsídios a produção, valor da produção e pessoal ocupado).

de 2005, com abertura para 55 atividades econômica (setores) e 110 grupos de produto. Vale ressaltar que essa é a versão mais recente que foi divulgada em setembro de 2008 pelo IBGE.

As TRUs devem, no entanto, sofrer modificações de maneira a se adequarem às características de um modelo de insumo-produto, como por exemplo, a hipótese de homogeneidade<sup>31</sup>. Neste caso, as tabelas básicas (produção e recursos e usos) devem ser quadradas, para garantir que uma atividade produza somente seu produto. Esta característica exige que se desenvolvam modelos que, a partir das TRUs, calculem coeficientes de setor por setor, ou produto por produto, adequados à concepção do modelo de Leontief (IBGE, 2008).

A partir das matrizes de produção (P) e de usos (U), foram realizados vários procedimentos, com o objetivo de se obter a Matriz Inversa de Leontief (matriz B). O procedimento adotado constituiu nas seguintes etapas:

A primeira consiste em construir, a partir das informações existentes nas matrizes P e U, uma matriz quadrada produto por produto (PP). Essa matriz possui uma estrutura semelhante à matriz U, entretanto, possui informações dos fluxos inter-setoriais de cada produto. Para se chegar a matriz PP, o primeiro passo foi construir uma matriz de participação setorial na produção dos produtos nacionais, denominada neste caso como matriz *market-share* (MS). Neste caso, para construir a matriz MS, deve-se transpor a matriz U e depois dividir cada elemento dessa matriz pelo valor da produção total (composição do produto):

$$MS_{ij} = \frac{P_{ij}}{q_j} \quad (64)$$

Onde  $MS_{ij}$  representa a matriz de peso da participação de cada produto no valor da produção total,  $P_{ij}$  é a matriz de produção e  $q_j$  a produção total do produto.

A matriz *PP* pode ser obtida pós-multiplicando a *market-share* pela matriz de recursos e usos:

$$PP = U \times MS \quad (65)$$

Onde *PP* é a matriz produto por produto, *U* corresponde à matriz de usos de dimensão (110x55) e *MS* é a matriz *market-share* (55x110). Com isso, tem-se uma matriz para o Brasil numa abordagem do tipo enfoque produto por produto (de dimensão 110x110) para o ano de 2005<sup>32</sup>.

<sup>31</sup> Cada produto, ou grupo de produtos, é fornecido por um único setor.

<sup>32</sup> Para determinar a matriz *PP* utilizou-se os métodos definido como Tecnologia Baseada no Produto (TBP). Outros métodos podem ser considerados, como por exemplo, a Tecnologia Baseada na Indústria (TBI). Segundo IBGE, a opção por cada uma das formulações (produto por produto, ou atividade por atividade) deverá ser

Após encontrar uma matriz de produto por produto, o próximo passo foi construir uma matriz de insumo-produto híbrida para o Brasil. No subitem seguinte, descrevem-se os procedimentos que foram utilizados.

### 3.5.2.1 Construção da Matriz Híbrida

A partir da matriz produto por produto geral para a economia brasileira, apresentada na seção anterior, realizou-se um conjunto de procedimentos visando à obtenção da matriz híbrida para o setor de combustíveis, para atender os objetivos propostos no trabalho. Inicialmente, os produtos (110) foram agregados em seus setores específicos, levando-se em consideração o grau de homogeneidade das atividades de cada um (segundo a classificação do IBGE), criando assim 60 setores (ver anexo 2). Com isso, tem-se uma matriz setorial (60x60), onde 4 setores correspondem aos setores energéticos (combustíveis) e um setor de demais energético<sup>33</sup>.

Para a construção do setor de demais energéticos, inicialmente foi preciso desagregar o setor agregado de energia elétrica, gás, água e esgoto e limpeza urbana. Para tanto, utilizou-se como informação básica a participação relativa de cada produto no valor total da produção do setor<sup>34</sup>. Que posteriormente foram distribuídos entre os sub-setores considerados<sup>35</sup>. Em seguida, procedeu-se a uma nova agregação desses produtos em seu determinado setor, gerando assim o setor dos demais energéticos em unidades monetárias. A desagregação e a agregação desses produtos encontram-se no anexo 2.

Após definidos os setores, o próximo passo consistiu na construção da parte híbrida. Para a construção da parte híbrida, este trabalho utilizou os dados do Balanço Energético Brasileiro (BEN, 2008), referente ao ano de 2005, que estavam disponíveis para 20 setores de produção, e a matriz nacional de insumo-produto para o ano de 2005, que contemplava 60 setores, como visto anteriormente. Como as duas bases contemplam um número diferente de

---

estabelecida exclusivamente pelo objetivo do estudo a ser realizado, pois não existem propriedades implícitas em cada formulação que permitam definir a superioridade de uma em relação à outra. Como a agregação adotada no trabalho exigia uma desagregação dos combustíveis derivados do petróleo (Gasolina, Óleo Diesel, óleo Combustíveis), está foi possível através da utilização inicial de uma matriz produto por produto, obtendo assim, as informações disponíveis sobre as estruturas de insumo de cada produto. Para mais detalhes sobre construção de matriz de insumo produto ver IBGE (2008) e MILLER E BLAIR (1985).

<sup>33</sup> O termo setor energético corresponde aos combustíveis que já vem sendo tratado na dissertação. Essa denominação é apenas para facilitar o trabalho na agregação da matriz de insumo produto. Essa compatibilização foi necessária para a construção da parte híbrida da matriz.

<sup>34</sup> Os dados mais desagregados foram disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

<sup>35</sup> O setor refere-se ao SIUP, e os sub-setores considerados foram: energia elétrica, gás, água e esgoto e limpeza urbana.

setores, uma nova agregação da matriz de IP para se compatibilizar com o BEN, gerando uma matriz com 19 setores, sendo que, 4 são os setores energéticos. A agregação adotada é mostrada no anexo 3 e teve como objetivo preservar, tanto quanto possível, as informações quanto ao uso de energia fornecido pelo BEN e da matriz<sup>36</sup>. Os números em negrito (anexo 3) indicam os setores considerados e os números em cinza (anexo 3) denotam os setores que abrigados por eles<sup>37</sup>.

Para a inserção das linhas híbridas, que descreve em unidades físicas, o total de vendas dos setores energéticos para o próprio setor e para os demais setores foi realizada a substituição das linhas dos fluxos setores energéticos em unidades monetárias para unidades físicas. Para tanto, o primeiro passo consistiu em realizar uma distribuição percentual da produção inter-setorial pelo total do consumo intermediário, que foi obtido através da diferença do consumo intermediário total da matriz e o consumo intermediário apenas dos setores energéticos. Posteriormente, multiplicou cada valor dessa participação (obtido anteriormente) pelo consumo intermediário total da matriz, para que a matriz ficasse balanceada, porém sem a linha dos energéticos em unidades monetárias. O mesmo procedimento foi adotado para a compatibilização da demanda final. Esses ajustes foram necessários para garantir a consistência interna de totais por linha, coluna e para a matriz em geral.

Em seguida os valores em *tep*, retirados do BEN (2008), das vendas dos energéticos para os demais setores foram distribuídos nas linhas, que representa a venda em unidade física dos energéticos. No caso das transações realizadas entre os próprios setores, levou-se em consideração o quanto cada setor comprava de insumo dos demais no seu processo de transformação, haja vista que os energéticos (combustíveis) utilizados nessa dissertação são fontes secundárias de energia.

Nas linhas híbridas da demanda final, utilizam-se os valores de consumo residencial, exportações, variação de estoque também disponíveis no BEN (2008). Para os gastos do governo, tomou-se valendo iguais à zero para evitar dupla contagem, pois o valor em *tep* referente ao gasto público já foi utilizado anteriormente no setor público. Assim a demanda total pelos setores energéticos corresponde à soma de suas vendas inter-setoriais e a demanda final dos mesmos.

---

<sup>36</sup> A primeira agregação corresponde em agregar cada produto no seu respectivo setor, seguindo a agregação do IBGE, chegando numa matriz 60 x 60,

<sup>37</sup> A compatibilização da matriz de insumo-produto nacional com o Balanço Energético Brasileiro (BEN) tomou como base a agregação construída por Perobelli *et al* (2006).

Por fim, a partir da matriz híbrida construída para o Brasil, como descrita anteriormente, realizou-se um conjunto de procedimentos visando à obtenção da matriz inversa de Leontief. As estimativas foram realizadas com base na metodologia descrita anteriormente (seção 3.2.1).

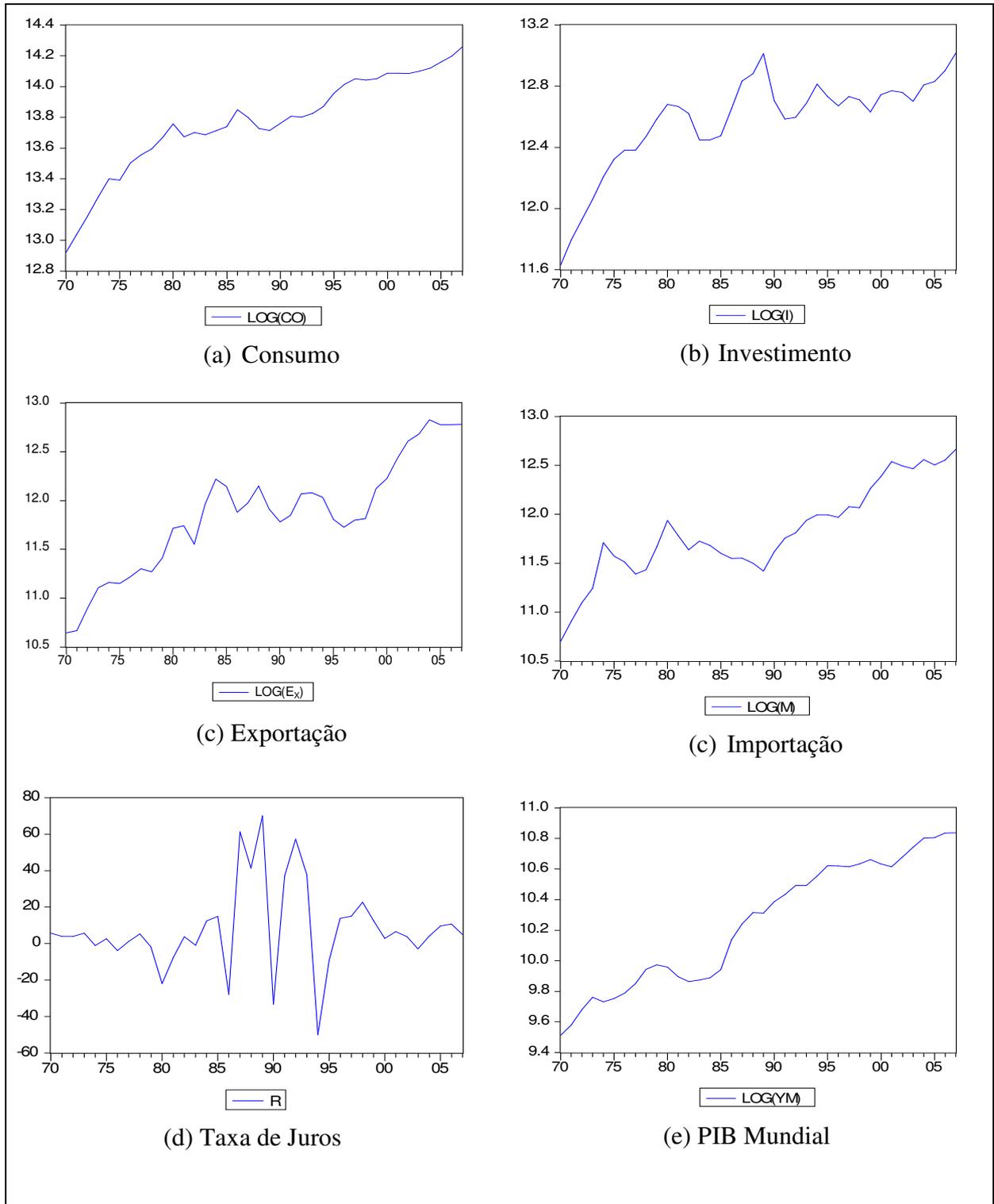
## **4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos com a pesquisa, e está estruturado da seguinte forma: na seção 4.1 apresenta-se, os resultados do modelo econométrico (testes de raiz unitária, co-integração e preditivo) para definir qual modelo seria estimado, VAR ou VEC. Na seção 4.2, tem-se os testes preditivos tanto para o modelo econométrico, quanto para o modelo integrado EC+IP. A seção 4.3 apresenta os dois cenários futuros alternativos para as variáveis endógenas. E por último, na seção 4.4 tem-se os resultados das previsões para o módulo de combustíveis.

### **4.1 Resultados para o Modelo Econométrico**

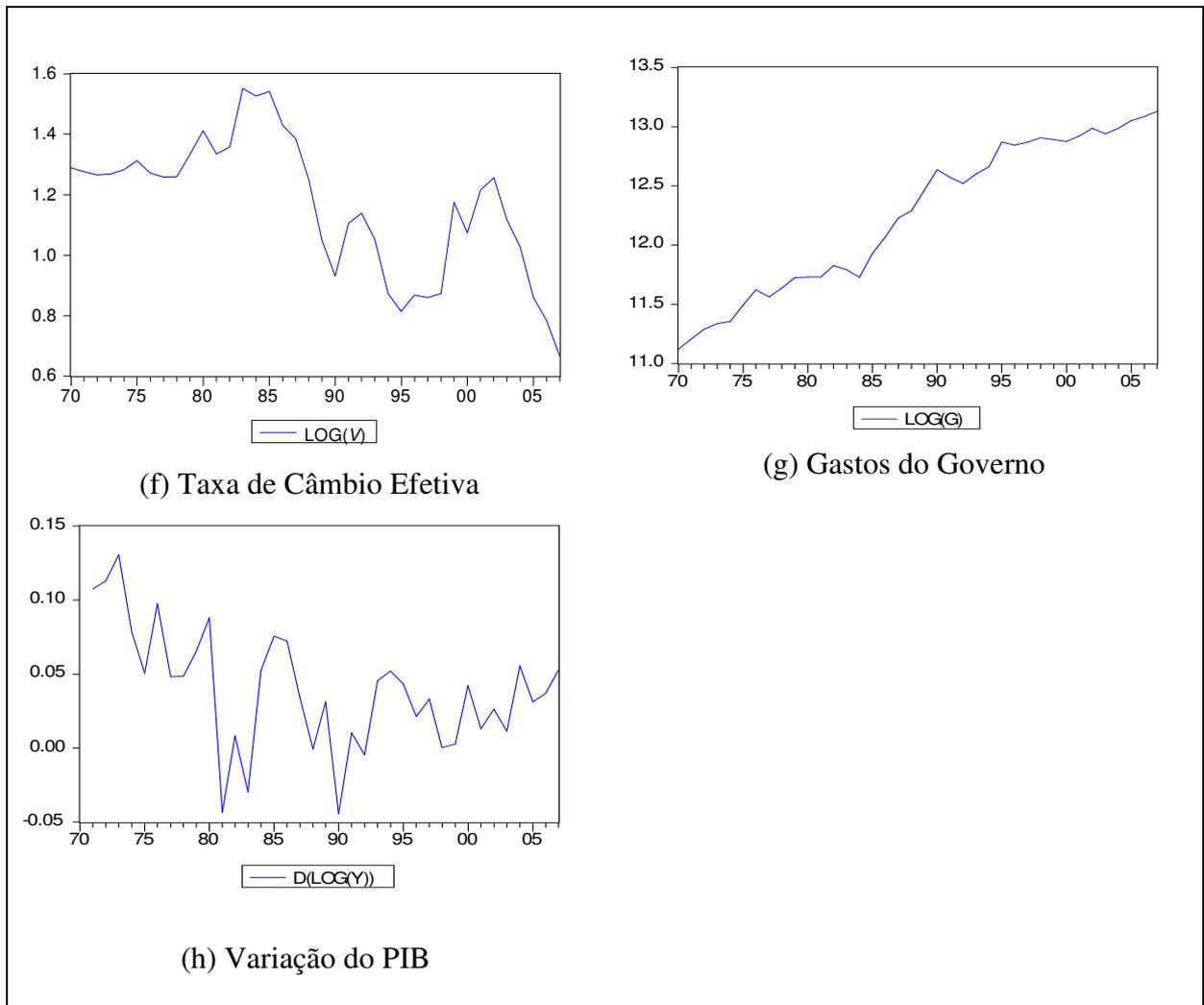
Na Figura 2, estão apresentados os gráficos das séries analisadas com as variáveis em log. A visualização gráfica mostrou que todas as séries apresentaram alterações de trajetória ao longo do tempo devido a variações que ocorreram na economia brasileira durante o período de análise (1970 a 2007).

**FIGURA 2 - Gráficos das variáveis que compõem o modelo econométrico (em log)**



Continua

Continuação



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do IPEA (2008).

Os modelos VAR/VEC foram construídos com base na econometria de séries temporais, descrita no capítulo 3. Assim, foram realizados procedimentos a seguir: 1) teste da raiz unitária, para averiguar se as séries temporais utilizadas são estacionárias ou não; 2) testes de co-integração, para verificar se as séries são co-integradas, e determinar o tipo do modelo (VAR ou VEC).

Os resultados dos testes de raiz unitária de *Dickey-Fuller* Aumentado – ADF para as variáveis originais e em log estão apresentados nas Tabelas 6 e 7, tanto as endógenas quanto as pré-determinadas. Para cada variável, testou-se três situações: a) série em nível com intercepto; b) série em nível com intercepto e tendência e c) série em primeiras diferenças. O número de defasagens em cada caso foi determinado usando-se os critérios de informação de *Schwarz* (*SIC*). Os resultados sugerem que a hipótese nula de raiz unitária não pode ser rejeitada ao nível de 5% para todas as variáveis, sob as duas situações. Entretanto, ela é

rejeitada ao nível de 1% para as primeiras diferenças de todas elas, indicando assim que essas variáveis são integradas de ordem um.

**TABELA 6 - Testes de raízes unitárias (ADF) para variáveis originais**

Variável	Característica	Nº de lags	Razão $t$	Valor crítico		
				1%	5%	10%
$C_t$	intercepto	0	-0,70	-3,62	-2,94	-2,61
$C_t$	intercepto e tendência	0	-2,23	-4,23	-3,54	-3,20
$\Delta C_t$	intercepto	0	-4,870*	-3,63	-2,95	-2,61
$I_t$	intercepto	0	-1,87	-3,62	-2,94	-2,61
$I_t$	intercepto e tendência	1	-3,20	-4,24	-3,54	-3,20
$\Delta I_t$	intercepto	0	-4,84*	-3,63	-2,95	-2,61
$E_{x_t}$	intercepto	0	-0,02	-3,62	-2,94	-2,61
$E_{x_t}$	intercepto e tendência	0	-1,36	-4,23	-3,54	-3,20
$\Delta E_{x_t}$	intercepto	0	-4,72*	-3,63	-2,95	-2,61
$M_t$	intercepto	0	0,286	-3,62	-2,94	-2,61
$M_t$	intercepto e tendência	0	-1,14	-4,23	-3,54	-3,20
$\Delta M_t$	intercepto	0	-5,30*	-3,63	-2,95	-2,61
$R_t$	intercepto	0	-5,53*	-3,62	-2,94	-2,61
$R_t$	intercepto e tendência	0	-5,51*	-4,23	-3,54	-3,20
$\Delta R_t$	intercepto	2	-8,37*	-3,64	-2,95	-2,61
$YM_t$	intercepto	1	-0,11	-3,63	-2,95	-2,61
$YM_t$	intercepto e tendência	1	-2,55	-4,24	-3,54	-3,20
$\Delta YM_t$	intercepto	0	-4,05*	-3,63	-2,95	-2,61
$V_t$	intercepto	0	-0,85	-3,62	-2,94	-2,61
$V_t$	intercepto e tendência	0	-1,80	-4,23	-3,54	-3,20
$\Delta V_t$	intercepto	0	-5,08*	-3,63	-2,95	-2,61
$G_t$	intercepto	0	0,542	-3,62	-2,94	-2,61
$G_t$	intercepto e tendência	0	-2,27	-4,23	-3,54	-3,20
$\Delta G_t$	intercepto	0	-5,69*	-3,63	-2,95	-2,61
$\Delta Y_t$	intercepto	0	-4,51*	-3,63	-2,95	-2,61
$\Delta Y_t$	intercepto e tendência	3	-3,09	-4,26	-3,55	-3,21
$\Delta^2 Y_t$	intercepto	0	-9,73*	-3,63	-2,95	-2,61

Fonte: Elaboração própria com dados descritos na seção 3.5.

\* Indica rejeição da hipótese nula de não-estacionariedade a 1% de significância.

TABELA 7 - Testes de raízes unitárias (ADF) para variáveis em log

Variável	Característica	Nº de lags	Razão $t$	Valor crítico		
				1%	5%	10%
$\text{Log}(C_t)$	intercepto	0	-3,40	-3,62	-2,94	-2,61
$\text{Log}(C_t)$	intercepto e tendência	0	-4,05	-4,23	-3,54	-3,20
$\Delta\text{Log}(C_t)$	intercepto	0	-4,61*	-3,63	-2,95	-2,61
$\text{Log}(I_t)$	intercepto	1	-2,62	-3,63	-2,95	-2,61
$\text{Log}(I_t)$	intercepto e tendência	0	-3,32	-4,23	-3,54	-3,20
$\Delta\text{Log}(I_t)$	intercepto	0	-4,30*	-3,63	-2,95	-2,61
$\text{Log}E_{x_t}$	intercepto	0	-1,41	-3,62	-2,94	-2,61
$\text{Log}E_{x_t}$	intercepto e tendência	0	-2,18	-4,23	-3,54	-3,20
$\Delta\text{Log}(E_{x_t})$	intercepto	1	-5,60*	-3,63	-2,95	-2,61
$\text{Log}M_t$	intercepto	0	-1,67	-3,62	-2,94	-2,61
$\text{Log}M_t$	intercepto e tendência	0	-2,62	-4,23	-3,54	-3,20
$\Delta\text{Log}(M_t)$	intercepto	0	-5,07*	-3,63	-2,95	-2,61
$R_t$	intercepto	0	-5,53*	-3,62	-2,94	-2,61
$R_t$	intercepto e tendência	0	-5,51*	-4,23	-3,54	-3,20
$\Delta R_t$	intercepto	2	-8,37*	-3,64	-2,95	-2,61
$\text{Log}(YM_t)$	intercepto	1	-0,99	-3,63	-2,95	-2,61
$\text{Log}(YM_t)$	intercepto e tendência	1	-2,76	-4,24	-3,54	-3,20
$\Delta\text{Log}(YM_t)$	intercepto	0	-3,73*	-3,63	-2,95	-2,61
$\text{Log}(V_t)$	intercepto	0	-0,62	-3,62	-2,94	-2,61
$\text{Log}(V_t)$	intercepto e tendência	0	-1,70	-4,23	-3,54	-3,20
$\Delta\text{Log}(V_t)$	intercepto	0	-4,93*	-3,63	-2,95	-2,61
$\text{Log}(G_t)$	intercepto	0	-1,25	-3,62	-2,94	-2,61
$\text{Log}(G_t)$	intercepto e tendência	0	-1,57	-4,23	-3,54	-3,20
$\Delta\text{Log}(G_t)$	intercepto	0	-5,46*	-3,63	-2,95	-2,61
$\Delta\text{Log}Y_t$	intercepto	3	-3,11	-3,65	-2,95	-2,62
$\Delta\text{Log}Y_t$	intercepto e tendência	3	-2,88	-4,26	-3,55	-3,21
$\Delta^2\text{Log}Y_t$	intercepto	3	-3,98*	-3,65	-2,96	-2,62

Fonte: Elaboração própria com dados descritos na seção 3.5.

\* Indica rejeição da hipótese nula de não-estacionariedade a 1% de significância.

Dado que os testes de raízes unitárias indicaram que cada uma das variáveis é integrada de ordem um, o próximo passo consiste em realizar o teste de co-integração de Johansen, visando, dessa forma, determinar o número de vetores de co-integração no sistema. Porém, antes, é necessário determinar o número de defasagens das variáveis endógenas a

serem incluídas no modelo VAR/VEC. Optou-se por utilizar o número de defasagens que minimizou os critérios de informação de Akaike, e Schwarz, que indicaram 2 defasagens.

O procedimento de Johansen para o grupo de variáveis originais e o grupo de variáveis em log (endógenas e pré-determinadas) é representado nas Tabelas de 8 a 11, através da análise do teste do traço ( $\lambda_{\text{traço}}$ ) e o teste do máximo autovalor ( $\lambda_{\text{max}}$ ).

**TABELA 8 - Teste traço para co-integração das variáveis originais**

Hipótese Nula ( $H_0$ )	Hipótese Alternativa ( $H_1$ )	Estatística do Teste	Valor crítico
$r = 0$	$r > 0$	97,28863*	63,87610
$r \leq 1$	$r > 1$	49,96420*	42,91525
$r \leq 2$	$r > 2$	13,50895	25,87211
$r \leq 3$	$r = 0$	4,673375	12,51798

Fonte: Elaboração própria com dados descritos na seção 3.5.

(\*) O teste de traço indica duas equações co-integrantes ai nível de 5%.

**TABELA 9 - Teste do máximo autovalor co-integração das variáveis originais**

Hipótese Nula ( $H_0$ )	Hipótese Alternativa ( $H_1$ )	Estatística do Teste	Valor crítico
$r = 0$	$r = 1$	47,32443*	32,11832
$r = 1$	$r = 2$	36,45525*	25,82321
$r = 2$	$r = 3$	8,835572	19,38704
$r = 3$	$r = 4$	4,673375	12,51798

Fonte: Elaboração própria com dados descritos na seção 3.5.

(\*) O teste de traço indica duas equações co-integrantes ai nível de 5%.

**TABELA 10 - Teste de máximo autovalor para co-integração das variáveis em log**

Hipótese Nula ( $H_0$ )	Hipótese Alternativa ( $H_1$ )	Estatística do Teste	Valor crítico
$r = 0$	$r > 0$	165.8682*	63.87610
$r \leq 1$	$r > 1$	60.76720*	42.91525
$r \leq 2$	$r > 2$	19.61908	25.87211
$r \leq 3$	$r = 0$	0.667270	12.51798

Fonte: Elaboração própria com dados descritos na seção 3.5.

(\*) O teste de traço indica duas equações co-integrantes ai nível de 5%.

TABELA 11 - Teste do Máximo Autovalor Co-integração das Variáveis em log

Hipótese Nula ( $H_0$ )	Hipótese Alternativa ( $H_1$ )	Estatística do Teste	Valor crítico
$r = 0$	$r = 1$	105.1010*	32.11832
$r = 1$	$r = 2$	41.14812*	25.82321
$r = 2$	$r = 3$	18.95181	19.38704
$r = 3$	$r = 4$	0.667270	12.51798

Fonte: Elaboração própria com dados descritos na seção 3.5.

(\*) O teste de traço indica duas equações co-integrantes ai nível de 5%.

Em ambos os grupos de variáveis considerando a hipótese nula de que não há co-integração ( $\rho = 0$ ) contra a hipótese alternativa de que há pelo menos um vetor de co-integração ( $\rho > 0$ ), verificou-se que o valor calculado da estatística, tanto no teste  $\lambda_{\text{traço}}$  quanto no  $\lambda_{\text{max}}$  é superior ao seu respectivo valor crítico. Assim sendo, rejeita-se a hipótese nula de que não há nenhum vetor de co-integração em favor da hipótese alternativa de que há, pelo menos, um vetor de co-integração. Posteriormente, testa-se  $H_0 : \rho = 1$  versus  $H_0 : \rho > 1$ . Como o valor calculado da estatística traço é novamente superior ao seu respectivo valor crítico, rejeita-se a hipótese nula. Desta forma, há pelo menos dois vetores de co-integração. A seguir, testou-se a hipótese nula de que há somente dois vetores de co-integração ( $\rho = 2$ ) em relação à hipótese alternativa de que há mais de dois vetores ( $\rho > 2$ ). Neste caso, a hipótese nula não pode ser rejeitada. Portanto, pode-se inferir que existem apenas dois vetores de co-integração.

#### 4.1.1 Estimações VAR/VEC

Para a estimação do modelo econométrico, as equações apresentadas (na seção 3.3.2), para forma reduzida foram estimadas como um modelo de vetor autoregressivo com um componente de correção de erro. Isso foi feito tanto para as variáveis originais quanto para as variáveis transformadas em log. Este método permite trabalhar a questão da não estacionariedade, incluindo possíveis relações de simultaneidade entre as variáveis do modelo.

Em ambos os modelos foram incluídas variáveis *dummies* (D74, D81, D87, D88, D94 e D02) do tipo impulso (valem 1 nos anos de ocorrência de eventos e 0 nos demais anos) para

captar possíveis alterações ocorridas no período em análise<sup>38</sup>. Em 1974 o segundo choque de petróleo, contribuiu para a crise externa que afetou a economia brasileira, reduzindo o padrão desenvolvimentista da política econômica. O ano de 1981 marca o início de uma política recessiva, sendo que em 1987 e 1988 coincidem com o fim do consumo introduzido pelo Plano Cruzado em 1986 e também com o aperto de renda introduzido pelo Plano Bresser. No ano de 1990, o governo Collor assumiu com a pretensão de controlar rapidamente o processo inflacionário. Entretanto, o confisco de ativos financeiros, decorrente do Plano Collor, levou a uma forte recessão econômica. Em 1994, tem-se a criação do Plano Real (a última troca de moeda da história brasileira), como uma tentativa de combater a inflação e redefinir a estratégia de desenvolvimento nacional, abrindo caminho para a estabilização. Já em 2002, a mudança de governo no Brasil (“Governo Lula”), provocou instabilidade, em parte, pelo nervosismo dos agentes econômicos, em especial dos mercados financeiros quanto à medida que o novo governo tomaria (ABREU, 1989; GIAMBIAGI, 2005).

Dessa forma, o modelo estimado em quatro formas funcionais diferentes, definidos como:

- 1) Modelo com Variáveis Originais (MVO);
- 2) Modelo com Variáveis Originais com *Dummies* (MVOD);
- 3) Modelo com Variáveis em Log (MVL);
- 4) Modelo com Variáveis em Log com *Dummies* (MVLD).

Em todos os modelos, as variáveis endógenas correspondem ao consumo ( $CO$ ), investimento ( $I$ ), gasto do governo ( $G$ ) e as exportações ( $X$ ) e importações ( $M$ ); e as pré-determinadas são consideradas a taxa de juros ( $R$ ), a renda mundial ( $YM$ ), taxa de câmbio real ( $E$ ) e variação da renda.

## 4.2 Teste Preditivo para o Modelo Econométrico

Os resultados dos testes apresentados anteriormente mostraram que as séries são integradas de ordem  $I(1)$ , e são co-integradas. Com isso, o procedimento apropriado para

---

<sup>38</sup> As séries que contêm variáveis econômicas normalmente são afetadas por alterações nos instrumentos de políticas econômicas (nacionais e internacionais), eventos de caráter exógenos (e.g. variações climáticas), crises mundiais, entre outras. Desta forma, ao se realizar a modelagem econométrica de variáveis econômicas, esses eventos devem ser levados em consideração, pois, caso contrário, corre-se o risco de serem obtidos modelos viesados, com a conseqüente perda de seu poder de previsão (MARGARIDO, 2004).

estimar o modelo econométrico, consiste no Modelo de Mecanismo de Correção de Erros (VEC), com duas defasagens para as variáveis dependentes e duas co-integrações. Foram estimados 4 modelos (MVO, MVOD, MVL e MVLD), para o período de 1970 a 2003 (os resultados estão nos anexos 4, 5,6 e 7)<sup>39</sup>.

Antes de serem efetuadas as projeções, procurou-se verificar a capacidade de previsão dos quatro modelos. Foi realizado um teste preditivo para todos, verificando qual modelo apresentou os melhores resultados para ser usado no modelo integrado EC+IP. O procedimento do teste consiste em estimar um VEC utilizando observações para o período selecionado, e posteriormente realizar a previsão para os últimos quatro anos da amostra (2004 a 2007), como objeto de comparação com os valores efetivamente observados. A partir dessa comparação, calculou-se o Desvio Absoluto Médio Percentual (DAMP) de cada um dos modelos para verificar qual modelo estava realizando as melhores previsões (ver anexos de 8 a 11).

Os resultados agregados estão apresentados na Tabela 12. Como pode ser observado, os modelos com variáveis em log (MVL) apresentaram os melhores resultados de desempenhos preditivos. Para o modelo do consumo e investimento, nota-se que os valores projetados, levando-se em consideração o DAMP de 3,41% e 2,54% respectivamente, se aproximam dos valores efetivamente observados, indicando que, com base nos modelos estimados, essa parece ser uma boa medida para previsão.

Em relação aos modelos para as exportações e importações, constata-se que os valores projetados se mostraram superiores aos valores observados, com parcela do DAMP de 14,80% e 21,64%. Para as exportações o erro pode ser explicado pelas oscilações ao longo do ano, principalmente 1999 (ver Figura 2) quando os coeficientes de exportação da indústria declinaram, devido à depreciação cambial observada no período (IPEA, 2008)<sup>40</sup>.

---

<sup>39</sup> A escolha do número de defasagem foi realizada com base na minimização dos critérios de Akaike (AIC) e Schwarz (SC).

<sup>40</sup> Em ambas as equações foram inseridas variáveis *dummies* para captar uma variação mais das variáveis, entretanto, os testes preditivos do modelo com *dummies* (MVOD e MVLD) apresentaram erros maiores, como pode ser observado na tabela.

**Tabela 12 - Teste de previsão para os modelos VEC (2004 a 2007)**

Modelos	DAMP (%)			
	Consumo	Investimento	Exportação	Importação
MVO	7,94	2,14	16,54	21,14
MVOD	11,37	34,00	16,22	27,12
MVL	3,41	2,54	14,80	21,64
MVLD	9,93	3,35	26,83	11,74
<b>Participação no total da Demanda Final %</b>	0,75	0,21	0,04	–

Fonte: Elaboração própria.

Os dois componentes da demanda final (consumo e investimento) que apresentaram um maior desempenho preditivo, correspondem a 76% e 21% do total da demanda final no período em análise (2004/2007). Desta forma, mesmo que as exportações e importações apresentaram um DAMP superior, entretanto, as exportações líquidas representam apenas 0,04% do total da demanda final para o mesmo período, não influenciando muito nos impactos produtivos na economia, decorrente de variações na demanda final.

Em resumo, após as estimações dos modelos e a realização do teste preditivo, para os quatros modelos apresentados, verificou-se que o MVL apresentou uma melhor aderência dos dados, bem como os melhores resultados nos testes específicos, além da capacidade de previsão do modelo. Assim sendo, nesta dissertação optou-se por utilizar esse modelo para compor o modelo EC+IP de previsão da demanda de combustíveis. Na próxima seção, analisa-se em mais detalhe esse modelo.

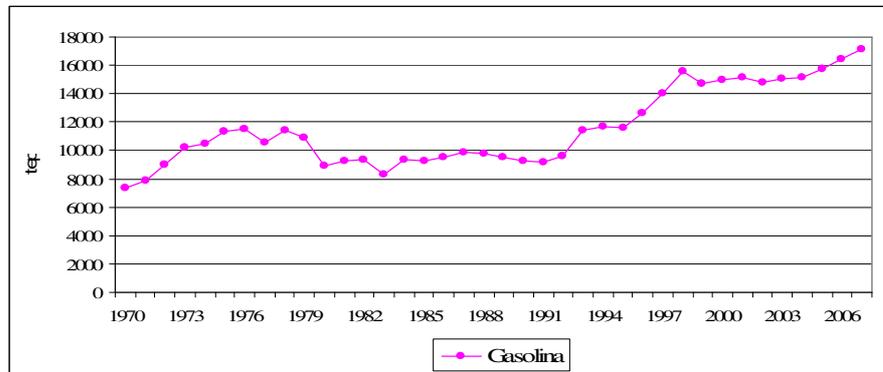
#### **4.2.1 Teste Preditivo do Modelo EC+IP**

Antes de realizar os testes preditivos para o modelo EC+IP, optou-se por apresentar a série da produção dos combustíveis utilizados no estudo, com o objetivo de verificar o comportamento das mesmas ao longo do tempo, uma vez que esse comportamento pode afetar a capacidade preditiva dos modelos. Os gráficos estão dispostos na Figura 3. Em relação aos derivados do petróleo, a série da gasolina (Figura 3a) apresentou uma tendência crescente ao

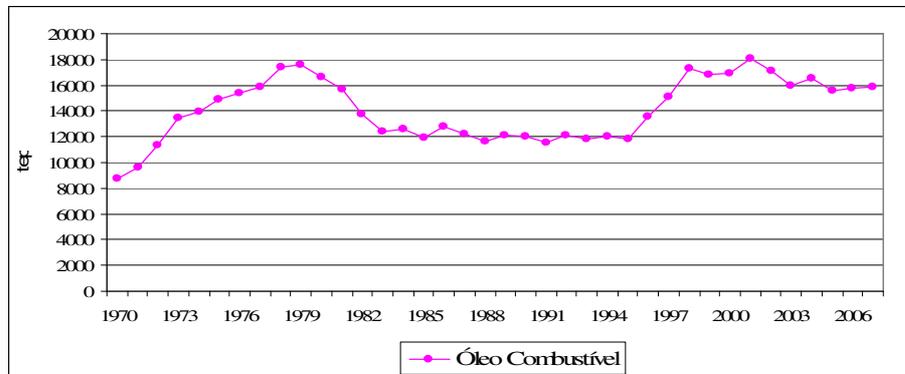
longo dos anos, com pequenas oscilações. Para o período específico do teste (2004/2007) a elevação na produção pode ser explicada pelo aumento das exportações, cerca de 37% em relação ao período anterior. Óleo diesel (Figura 3b) que é o principal produto, respondendo por aproximadamente 44% do volume total dos combustíveis, seguiu uma tendência crescente no período do estudo. Em 2007 esse aumento foi de 5,9%. A série para o óleo combustível sofreu algumas oscilações. A partir de 1980, tem-se uma redução do consumo, devido às políticas públicas de contenção de demanda, através da imposição de cotas de consumo para o setor industrial. Nos cinco primeiros anos do Plano Real (1994 a 1998), o consumo de óleo combustível retomou o crescimento, apresentando altas taxas. No período específico de 2004 a 2007, as substituições por fontes alternativas são as causas do pouco ou nenhum aumento nos demais períodos.

A produção de álcool (Figura 3 d) apresentou um crescimento constante entre 1970 a 1994. Em 2007, os produtos derivados da cana-de-açúcar foram o grande destaque na matriz energética brasileira. A produção total de etanol representou um significativo aumento de 27,0% em relação a 2006, ultrapassando a energia hidráulica e eletricidade na oferta interna de energia do país, permanecendo atrás apenas do petróleo e seus derivados. A entrada em produção de novas unidades industriais, as exportações e o aumento da demanda por fontes alternativas explicam o aumento (MME, 2008).

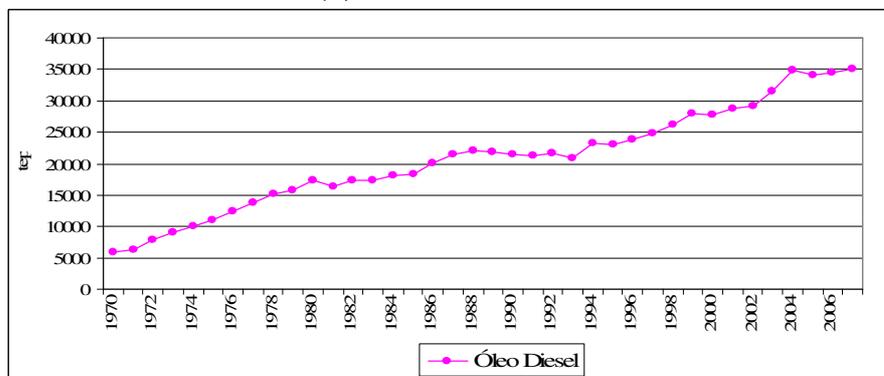
**FIGURA 3 - Gráficos da produção dos combustíveis utilizados**



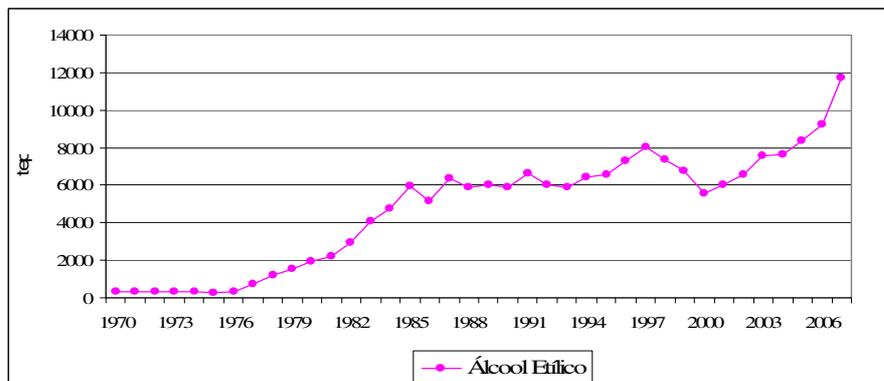
**(a) gasolina**



**(b) óleo combustível**



**(c) óleo diesel**



**(d) álcool**

Fonte: BEN (2008).

Para o modelo integrado, foi adotado o mesmo procedimento do teste preditivo realizado no modelo econométrico anteriormente descrito. Antes de serem efetuadas as projeções, procurou-se aferir a capacidade de previsão do modelo híbrido EC+IP. O procedimento utilizado consiste em utilizar as projeções (2004 a 2007) para os componentes da demanda final, realizadas pelo modelo econométrico (MVL) para integrar a matriz de insumo produto híbrida. A implementação do modelo está descrita detalhadamente na seção 3.4.3. Nas estimativas realizadas foram utilizadas observações para o período de 2004 a 2007. Adotou-se as informações em *tep* disponível no BEN (2008) para os mesmos anos como objeto de comparação entre os valores projetados e os efetivamente observados. A partir dessa comparação, foi determinado o erro de previsão para cada um dos combustíveis (Tabela 13).

**TABELA 13 - Teste preditivo do modelo EC+IP**

Ano	Combustíveis (erro em %)			
	Gasolina	Óleo Combustível	Óleo Diesel	Álcool
2004	3,6562	-11,1174	-8,9107	8,0143
2005	0,5670	-7,2068	3,2205	-0,6690
2006	-0,4040	0,0651	-1,1396	-6,6074
2007	-0,0584	8,6356	-0,7661	-23,0071
DAMP	1,17	6,76	3,51	9,57
Participação no total dos combustíveis (%)	0,22	0,21	0,44	0,13
Parâmetros de Calibragem				
$\lambda_i$	0,94	0,93	1,1	0,93
$\lambda_H$		0,0045		

Fonte: Elaboração própria.

$\lambda_i$  é o parâmetro de calibragem referente aos setores energéticos.

$\lambda_H$  corresponde ao parâmetro de calibragem para matriz de peso.

Conforme pode ser verificado na Tabela 13 para a gasolina (22% dos combustíveis) e o óleo diesel (principal combustível, respondendo por aproximadamente 44% do volume total), os valores projetados se aproximaram do total efetivamente consumido no período de 2004 a 2007. Utilizando os parâmetros de calibragem para a matriz de pesos  $H (\lambda_H)$  e para a matriz inversa de Leontief ( $\lambda_i$ ) o Desvio Absoluto Médio Percentual de previsão (DMPA) foi de 1,17% e 3,51%, respectivamente, indicando uma boa medida de previsão dos modelos.

No que se refere ao óleo combustível, que representa 21% dos combustíveis, levando-se em consideração os parâmetros de calibragem LB e IH, verifica-se que o coeficiente de ajustamento estimado (DMPA) estabelece uma discrepância de aproximadamente 6,76% entre o valor efetivo e o valor projetado.

Em relação ao álcool (participação de 13% no total dos combustíveis), os valores projetados, utilizando os parâmetros de calibragem, se mostraram superiores aos valores observados, pois esse apresentou um DMPA de 9,57%, sendo o mais elevado de todos os combustíveis estimados. Para esse combustível constata-se a presença de um novo padrão no consumo, em níveis superiores aos anos anteriores (ver Figura 4 d), devido à busca por fontes alternativas e a utilização crescente de tecnologias mais eficientes no uso final desse combustível. Cabe destacar ainda que em 2007, os produtos da cana ultrapassaram a energia hidráulica e eletricidade na oferta interna de energia do país, permanecendo atrás apenas do petróleo e seus derivados (MME, 2008).

### 4.3 Cenários

Com a finalidade de realizar previsões para a demanda de combustíveis, foi estimado, a partir de um VAR utilizado para o teste de cointegração de Johansen o modelo com um vetor de correção de erros (VEC) para o conjunto de equações descritas no capítulo 3. O vetor de correção de erros na verdade é um VAR restrito pelo vetor de cointegração. Diante do teste preditivo, apresentado anteriormente, o procedimento apropriado envolve estimar o modelo econométrico como um modelo VEC com as variáveis na forma de log (ver anexo 12 e 13).

Com base no modelo selecionado, foram configurados dois cenários futuros alternativos para as variáveis endógenas ( $CO, I, E_x$  e  $M$ ). A partir desses cenários, utilizando o modelo estimado na seção anterior, foram realizadas previsões anuais para os anos de 2008 a 2017.

O primeiro cenário, denominado “crise curta”, retrata uma situação em que a economia mundial se recupera mais rápido da atual crise econômica (a partir de 2010). O outro cenário, denominado “crise longa”, retrata uma recuperação mais lenta da economia mundial (a partir de 2011).

Para os dois cenários o ano de 2008 foi configurado da mesma maneira e reflete previsões para esses anos. Ao longo do período 2010/2017, as diferenças estão nas hipóteses sobre evolução da renda mundial ( $YM$ ), PIB brasileiro ( $Y$ ), taxa de câmbio ( $V$ ), taxa de juros ( $R$ ) e gastos do governo  $G$ . As taxas de crescimento utilizadas crescem de acordo com previsões macroeconômicas elaboradas por institutos especializados como o Banco Central do Brasil (2008), Banco Mundial (2008), OECD (2008) e o IPEA (2008).

As Tabelas 14 e 15 apresentam as taxas de crescimento para os cenários. O período das séries de 1970 a 2007 é expresso pelos dados obtidos nas fontes da pesquisa. O período seguinte, 2008 a 2017, é projetado pelo modelo econométrico MVL estimado pelo VEC.

No cenário de “crise curta” a renda mundial desacelera para 0,9% de crescimento em 2009, retornando para 1,5% em 2010, e depois cresce gradativamente em 0,2% ao ano de 2011 em diante. No cenário de “crise longa”, ela cai para 0,9% em 2009 e 2010, aumenta para 1,5% em 2012. A partir de 2013 ela cresce a 0,2% ao ano.

O PIB brasileiro no cenário de “crise curta” reduz o crescimento para 3% ao ano em 2009 e depois acelera gradativamente, crescendo 0,2% ao ano. No cenário de “crise longa”, reduz para 3% em 2009 e 2% em 2010, depois acelera em 0,2% ao ano.

A taxa de juros no cenário de “crise longa” reduz para 4,5% em 2009, posteriormente retoma o crescimento em 2010 para 5% ao ano, mantendo-se constante nos anos posteriores (2011 a 2017). No cenário de “crise curta” reduz para 4,5% em 2009 e 2010. Em 2011 cresce para 5% ao ano, e permanece constante nos anos posteriores.

A taxa de câmbio no cenário de “crise curta” aumenta para 2% em 2009, depois reduz para 1,8% em 2010. Nos anos posteriores, diminui gradativamente a 0,05% ao ano. Na “crise longa” a taxa aumenta para 2% em 2009 e 2010, posteriormente reduz para 1,7% em 2011, e continua reduzindo gradativamente a 0,10% até 2015 e depois permanece constante.

Os gastos do governo no cenário de “crise longa”, em 2008 e 2009 permanecem iguais, reduzindo para 3% em 2010 e 2% em 2011, permanecendo constantes nos anos posteriores. Na “crise longa” reduzem 3% em 2011 e 2% em 2012, permanecendo constante.

Em relação às taxas de crescimento, no cenário de “crise curta” (Tabela 14) o consumo sai de cerca de R\$ 1, 623 trilhão em 2008 e cresce suavemente até atingir R\$ 2,04 trilhões em 2017, um crescimento médio de 2,49% ao ano. O investimento apresenta um declínio em

2009, saindo de R\$ 455,603 bilhões em 2008 para R\$ 416,116 bilhões em 2009, que corresponde a uma variação negativa de -8,67. A partir de 2010, com a recuperação da economia, o investimento volta a crescer, mesmo apresentando variações negativas em 2013, 2016 e 2017, o que reduziu a quantidade de investimento, ele chega a cerca de R\$ 476,934 bilhões em 2017, um acréscimo de 4,7 % ao longo dos 10 anos.

As exportações apresentaram uma queda em 2010 devido ao desaquecimento da economia dos países compradores. Já em 2012 atinge um crescimento de 20% no ano. Nos anos posteriores as taxas de crescimento das exportações oscilaram, apresentando variação negativa em 2014. Em 2017, o valor projetado das exportações corresponde a R\$ 536,645 bilhões, com um crescimento de 35,2% no período de 10 anos. No mesmo cenário, as importações apresentaram crescimento constante, com uma média de 3,02% ao ano, passando de R\$ 335,962 bilhões em 2008 para R\$ 435,693 bilhões em 2017, um acréscimo de 29,7 % no mesmo período.

Na Tabela 15 estão dispostos os crescimentos das variáveis endógenas ( $CO, I, E_x$  e  $M$ ), de acordo com a expectativa de um cenário de “crise longa”. Como citado anteriormente, a economia começa a se recuperar apenas em 2011, no entanto, com crescimento menor para as variáveis. Após a recuperação da economia, o consumo e importação seguem uma tendência de crescimento constante no período, atingindo R\$ 2,002 trilhões R\$ 411,471 bilhões em 2017, um acréscimo de 23,3 % e 22,5% ao longo dos 10. Semelhante a “Crise Curta”, as exportações e os investimentos apresentam pequenas oscilações, com variações negativas em alguns anos. As mesmas evoluíram com taxas médias de 0,44% e 3,92% ao ano. Em 2017, apresentaram um crescimento de R\$ 518,221 bilhões e R\$ 463,547 bilhões, respectivamente.

Tabela 14 - Cenários com Crise Curta

Ano/Variáveis	R\$/US\$		Variação (%)			Crescimento (%)				Endógenas*			
	R	V	G	YM	Y	CO	I	X	M	CO	I	X	M
<b>2008</b>	5,00	1,90	3,70	2,50	4,50	4,25	1,34	11,81	6,37	1.623.784	455.603	396.859	335.962
<b>2009</b>	4,50	2,00	3,70	0,90	3,00	3,86	-8,67	3,60	0,32	1.686.416	416.116	411.147	337.027
<b>2010</b>	5,00	1,80	3,00	1,50	3,20	4,00	1,84	-16,00	-1,68	1.753.950	423.761	345.355	331.355
<b>2011</b>	5,00	1,75	2,00	1,70	3,40	2,62	6,73	5,60	9,73	1.799.879	452.294	364.681	363.596
<b>2012</b>	5,00	1,70	2,00	1,90	3,60	1,85	0,16	20,00	5,13	1.833.259	453.001	437.605	382.254
<b>2013</b>	5,00	1,65	2,00	2,10	3,80	2,60	-0,41	3,71	2,35	1.880.954	451.149	453.820	391.250
<b>2014</b>	5,00	1,60	2,00	2,30	4,00	2,06	5,03	-1,58	4,75	1.919.630	473.849	446.647	409.817
<b>2015</b>	5,00	1,55	2,00	2,50	4,20	1,42	3,51	9,11	4,22	1.946.793	490.501	487.326	427.104
<b>2016</b>	5,00	1,50	2,00	2,70	4,40	2,08	-1,80	9,70	1,01	1.987.246	481.684	534.608	431.406
<b>2017</b>	5,00	1,45	2,00	2,90	4,60	2,61	-0,99	0,38	0,99	2.039.143	476.934	536.645	435.693

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 15 - Cenários com Crise Longa

Ano/Variáveis	R\$/US\$		Variação (%)			Crescimento (%)				Endógenas*			
	R	V	G	YM	Y	CO	I	X	M	CO	I	X	M
<b>2008</b>	5,00	1,90	3,70	2,50	4,50	4,25	1,34	11,81	6,37	1.623.784	455.603	396.859	335.962
<b>2009</b>	4,50	2,00	3,70	0,90	3,00	3,86	-8,67	3,60	0,32	1.686.416	416.116	411.147	337.027
<b>2010</b>	4,50	2,00	3,70	0,90	2,00	3,21	-4,79	-8,17	0,14	1.740.514	396.198	377.557	337.499
<b>2011</b>	5,00	1,70	3,00	1,50	2,20	1,96	10,13	-8,80	1,86	1.774.707	436.328	344.323	343.783
<b>2012</b>	5,00	1,60	2,00	1,70	2,40	1,26	7,55	19,17	9,09	1.796.983	469.276	410.329	375.050
<b>2013</b>	5,00	1,50	2,00	1,90	2,60	1,77	0,17	14,65	2,13	1.828.738	470.052	470.429	383.026
<b>2014</b>	5,00	1,40	2,00	2,10	2,80	2,49	2,99	-5,09	1,16	1.874.249	484.097	446.490	387.482
<b>2015</b>	5,00	1,30	2,00	2,30	3,00	1,84	6,16	-2,65	3,18	1.908.742	513.939	434.646	399.823
<b>2016</b>	5,00	1,30	2,00	2,50	3,20	1,97	-2,65	13,65	3,26	1.946.318	500.328	493.991	412.854
<b>2017</b>	5,00	1,30	2,00	2,70	3,40	2,88	-7,35	4,90	-0,33	2.002.398	463.547	518.221	411.471

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.4 Previsão do Modelo Integrado EC+IP

Neste trabalho, procurou-se projetar, a quantidade de combustíveis a ser consumida no Brasil. Para tanto, os dois cenários realizados com o modelo VEC foram utilizados para alimentar o módulo IP do modelo EC+IP. Foram computadas as previsões anuais de consumo de combustíveis para a economia como um todo no período de 2008-2018, baseadas em cenários alternativos para esse período futuro.

A opção por trabalhar com dados agregados ocorre, principalmente, por dois motivos. Em primeiro lugar, antes mesmo de realizar previsões setorialmente, deve-se inicialmente estudar a economia agregada. Em segundo, a dificuldade de calibragem dos modelos, que, no caso da inversa de Leontief alguns setores estavam gerando previsões enviesadas para baixo e outras enviesadas para cima. Assim, sendo, adotou-se um conjunto de  $n$  parâmetros de calibragem embutidos na matriz diagonal apenas para os setores de combustíveis que foram objeto do estudo, trabalhando assim com os dados agregados em valores (milhões de *tep*).

Em termos agregados, no cenário de “crise curta” o consumo total dos setores em relação aos combustíveis apresenta um vigoroso crescimento (ver Tabela 16). Para a gasolina, o consumo sai de R\$18.684 milhões de *tep* em 2008 para R\$23,692 milhões de *tep* em 2017, representando um aumento de 26,8% entre esses 10 anos. O consumo de óleo combustível sai de cerca de R\$ 17,822 milhões em 2008 e cresce suavemente até atingir R\$ 23,399 milhões em 2017, um acréscimo de 24,32 % ao longo dos 10 anos. Já o óleo diesel, que possui o maior percentual do consumo dos combustíveis estudados, o consumo que em 2008 foi de R\$ 30,717 milhões de *tep*, passa para R\$ 38,006 milhões de *tep* em 2017, um aumento de 23,92% no mesmo período. O álcool também apresentou um crescimento, passando R\$ 9.911 milhões de *tep* em 2008 para cerca de R\$ 12,597 milhões de *tep*, um acréscimo de 27,1 % dez anos.

**Tabela 16 - Previsões para o Consumo de Combustíveis “Crise Curta”**

Ano	Combustíveis (milhões de tep)			
	Gasolina	Óleo Combustível	Óleo Diesel	Álcool
<b>2008</b>	18,684	18,822	30,717	9,911
<b>2009</b>	19,370	18,490	32,372	10,272
<b>2010</b>	19,030	16,617	32,594	10,047
<b>2011</b>	19,524	17,249	32,235	10,326
<b>2012</b>	20,768	19,663	33,805	11,018
<b>2013</b>	21,346	20,311	34,764	11,327
<b>2014</b>	21,487	20,135	34,418	11,402
<b>2015</b>	22,251	21,501	35,176	11,826
<b>2016</b>	23,259	23,175	37,098	12,374
<b>2017</b>	23,692	23,399	38,066	12,597

Fonte: Elaboração própria.

No cenário de “crise longa”, (Tabela 17) o consumo agregado também apresenta crescimento, para todos os combustíveis, mas de forma moderada. O consumo de gasolina aumentou cerca de 24,73% a.a, o óleo combustível 21,32% a.a, o óleo diesel 24,82% a.a, e o álcool 25% a.a, em todo o período, de 2007 a 2018. Isso pode ser explicado pela necessidade crescente da economia, que consome um nível de energia maior a cada ano.

Tabela 17 - Previsões para o Consumo de Combustíveis “Crise Longa”

Ano	Combustíveis (milhões de tep )			
	Gasolina	Óleo Combustível	Óleo Diesel	Álcool
2008	18,684	18,822	30,717	9,911
2009	19,374	18,491	32,372	10,272
2010	19,318	17,576	32,664	10,219
2011	19,156	16,621	32,394	10,115
2012	20,182	18,733	32,893	10,698
2013	21,302	20,789	34,780	11,314
2014	21,332	20,157	34,992	11,313
2015	22,527	19,862	34,875	11,360
2016	22,527	21,867	36,478	11,965
2017	23,304	22,834	38,341	12,376

Fonte: Elaboração própria.

As previsões realizadas neste trabalho visaram examinar o consumo de combustíveis derivados do petróleo e o álcool, para o período de 2008 a 2017. As projeções foram feitas para os componentes da demanda final ( $C, I, X, M$ ), menos os gastos do governo que utilizado como variável exógena ao modelo. Analisando os dois cenários, verifica-se que sempre ocorre um aumento na demanda por combustível.

## 5 CONCLUSÃO

Esta dissertação desenvolveu um modelo de previsão de longo prazo para a demanda anual de combustíveis no Brasil. Para tanto, foi utilizada uma metodologia que consiste na integração de econometria de séries temporais com uma matriz de insumo-produto híbrida para o Brasil. A base de dados para a estimação do modelo econométrico (EC), consistiu na utilização de séries históricas anuais para o período de 1970 a 2007. Para a construção do módulo de insumo produto híbrido, utilizou-se a matriz nacional de insumo-produto do Brasil para o ano de 2005 estimada pelo IBGE (2005). Os dados de uso setorial de energia em *tep* foram retirados do Balanço Energético Nacional de 2008.

O modelo econométrico de séries temporais, usado para prever alguns componentes da demanda final (consumo, investimento, exportação e importação), consistiu no primeiro passo para a integração. Para determinar o modelo a ser utilizado, VAR ou VEC foram realizados testes específicos (raiz unitária e co-integração), seguindo a literatura da econometria de séries temporais. No final, optou-se por um Modelo de Mecanismo de Correção de Erros (VEC) para o período 1970/2007.

Antes de serem efetuadas as projeções, procurou-se avaliar a capacidade preditiva do modelo estimado por meio do teste preditivo, para verificar qual modelo apresentou os melhores resultados para ser usado no modelo integrado EC+IP. Utilizou-se os anos de 1970 a 2003 como os efetivamente observados para comparação entre os valores projetados, nos anos de 2004 a 2007. Os resultados mostraram que o modelo com as variáveis em log apresentou uma melhor aderência dos dados, bem como os melhores resultados nos testes específicos, além da capacidade de previsão do modelo. Para o Consumo e o Investimento, que a mais de 90% total da demanda final no período em análise (2004/2007), constatou-se que a diferença

entre os valores projetados e os observados era pouco significativa, sendo os erros de previsão inferiores a 4%. Assim sendo, optou-se por utilizar esse modelo para compor o modelo EC+IP de previsão da demanda de combustíveis.

O mesmo procedimento do teste preditivo foi realizado para o modelo integrado EC+IP. As projeções realizadas (2004 a 2007) para os componentes da demanda final, realizadas pelo modelo econométrico foram utilizadas para integrar a matriz de insumo produto híbrida. Como medida de comparação entre os valores projetados e os efetivamente observados, adotou-se as informações em *tep* disponível no BEN (2008) para os mesmos anos.

Após a calibragem do modelo, os resultados mostraram que as estimativas dos modelos apresentaram estimados são bons previsores. A gasolina e o óleo diesel os valores projetados se aproximaram do total efetivamente consumido, pois apresentam um DMPA de 1,7% e 3,51%, respectivamente, indicando uma boa medida de previsão dos modelos. Para o óleo diesel e o álcool, verifica-se que o coeficiente de ajustamento estimado (DMPA) estabelece uma discrepância entre o valor efetivo e o valor projetado de 6,76% e 9,57%. Essa diferença pode ser explicada pelo elevado consumo desses combustíveis em 2007.

Com a finalidade de realizar previsões para a demanda de combustíveis, com base no modelo selecionado, foram configurados dois cenários futuros alternativos para as variáveis endógenas ( $CO, I, X$  e  $M$ ). Um denominado “crise curta”, retrata uma situação em que a economia mundial começa a se recuperar a partir de 2010. O outro cenário, “crise longa”, retrata uma recuperação mais lenta da economia mundial, recuperando-se somente em 2011. A partir desses cenários, utilizando o modelo foram realizadas previsões anuais para os anos de 2008 a 2017.

Em termos agregados, ambos os cenários apresentaram crescimento ao longo do tempo, entretanto, na “crise curta” o consumo total dos setores apresenta um crescimento vigoroso na fase de recuperação até 2010, já na “crise longa” o consumo agregado apresenta crescimento de forma moderada. As previsões do modelo EC+IP nos cenários apontam que dos quatro combustíveis utilizados no estudo, o álcool apresentou o maior crescimento em ambas os cenários, um acréscimo de 27% e 25% ao longo dos 10 anos. Isso reforça a necessidade de que várias ações continuem sendo feitas pelos órgãos de planejamento energético para que oferta e demanda de energia se ajustem a médio e longo prazo. Uma vez que a participação de fontes alternativas de energia na matriz energética mundial tende a crescer, novos investimentos em geração se fazem necessários.

Nessas condições, torna-se evidente a necessidade da realização dos investimentos no setor energético, especialmente os combustíveis, garantindo a expansão da capacidade de produção, de forma a atender ao crescimento do consumo dessa energia, em especial no setor de transporte e Industrial.

Este trabalho apresentou um método alternativo, baseado em modelos integrados econométrico+insumo produto, ou EC+IP, para se fazer previsões a longo prazo da demanda de energia no Brasil. Buscando-se avanços na abordagem de Mattos *et al* (2008), as principais contribuições dessa dissertação consistem em:

- 1) Extensão do modelo econométrico, com a inclusão de 9 variáveis, com 4 endógenas e 5 exógenas (Mattos *et al* (2007) usaram um modelo para apenas dois componentes da demanda final, consumo e investimento);
- 2) Construção de uma matriz de insumo-produto híbrida para o Brasil, a partir da matriz de insumo-produto, recém divulgada pelo IBGE para o ano de 2005;
- 3) Realização de testes preditivos para verificar a qualidade de previsão do modelo econométrico e do modelo integrado EC+IP para o módulo de energia, haja vista que dos trabalhos utilizados como referencia bibliográfica nenhum apresentou teste preditivo;
- 4) Desenvolvimento de parâmetros de calibragem, para melhorar a capacidade preditiva do módulo de energia;
- 5) Previsões até 2017 dos combustíveis (gasolina, óleo diesel, óleo combustível e álcool), para dois cenários alternativos que incorporam o atual contexto de crise.

É importante ressaltar que, as previsões para o módulo energético na matriz de insumo produto, foi realizada de em termos agregados, devido às hipóteses subjacentes do modelo e à limitação de disponibilidade de dados para apropriadamente implementar o modelo em termos setoriais. É possível, portanto, que uma análise na qual utilize-se de novas variáveis explicativas para o modelo econométrico, e o modelo insumo-produto seja desagregado setorialmente, possa gerar resultados diferentes e, de algum modo, mais satisfatórios que os apresentados neste trabalho.

Como extensões para este trabalho futuro, é relevante explorar o uso de mais variáveis exógenas no módulo EC, por exemplo, realizar projeção para os gastos do governo, uma vez que estes foram mantidos exógenos nessa dissertação. Deve-se explorar também o desenvolvimento de parâmetros de calibragem, para que se possam fazer previsões consistentes em nível setorial, tanto para o Brasil, como também região espacial, através de uma matriz de insumo-produto inter-regional (e.g., Minas Gerais e Restante do Brasil).

Também, é preciso explorar a desagregação das previsões por tipos de energia consumida (outros derivados do petróleo, gás natural, eletricidade, etc.) e por região espacial de consumo. Essas extensões poderão trazer benefícios adicionais significativos para o desenho de políticas energéticas do suprimento de energia.

Este trabalho não teve a intenção de instituir projeções definitivas do consumo de combustíveis, mas acredita-se que os resultados obtidos são informações importantes para a tomada de decisões referentes à condução do setor. Além disso, espera-se que essa dissertação abra espaços para novas discussões e novos estudos, gerando contribuições adicionais para os agentes do setor.

## 6 REFERÊNCIAS

ABREU, M.P. **A Ordem do Progresso: 100 anos de Política Econômica na República**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Informações Técnicas**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 05 mar.2008.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Conjuntura&Informação**. (2001). Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 04 dez.2007.

ALDRICH, J.; STASZEWSKA, A. **The experiment in Macroeconometrics**. Department of Applied Econometrics. Warsaw School of Economics, n. 5, 2006.

ALICEWEB. **Banco de Dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 17 dez. 2006.

ALVEAL, C. A. **Evolução da Indústria de Petróleo: a Grande Transformação. Economia e Gestão em Energia, Curso de Especialização**. COPPEAD-IE/UFRJ. (2003). Disponível em: <<http://www.gee.ie.ufrj.br/>>. Acesso em :30 nov. 2007.

\_\_\_\_\_. **Evolução da Indústria de Petróleo: Nascimento e Desenvolvimento**. Economia e Gestão em Energia, Curso de Especialização. COPPEAD-IE/UFRJ. (2003). Disponível em: <<http://www.gee.ie.ufrj.br/>>. Acesso em: 30 nov. 2007.

\_\_\_\_\_. **Fundamentos de Economia do Petróleo. Economia e Gestão em Energia, Curso de Especialização**. COPPEAD-IE/UFRJ. (2003). Disponível em: <<http://www.gee.ie.ufrj.br/>>. Acesso em: 30 nov. 2007.

\_\_\_\_\_. **Metodologia para a Previsão de Longo Prazo de Preços do Petróleo**. (2005). Disponível em: <[www.anp.gov.br/](http://www.anp.gov.br/)>. Acesso em: 04 dez. 2007.

\_\_\_\_\_. **Rumos da Crise Energética Brasileira: saída emergencial e encaminhamento de longo prazo.** Seminário de Pesquisa do IE – UFRJ. Set. 2001.

**ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA**, Agência Nacional de Energia Elétrica. 2º Edição. Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em: < <http://www.anael.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2007.

AZZONI, C. R. e KADOTA, D. K. An Econometric Input-Output Model For The State of Sao Paulo, Brazil. **Latin American Economics**. Estados Unidos, v. 1, n. 10, 1997.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **FOCUS - Relatório de Mercado**. Disponível em: <[www.bcb.gov.br](http://www.bcb.gov.br)> Acesso em: 05 dez. 2008.

BARROS, G. S. C.; MARJOTTA-MAISTRO, M. C. **Relações Comerciais e de Preços no Mercado Nacional de Combustíveis**. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 2002, Passo Fundo. Anais: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2002.

BARROS, R.P.; FERREIRA, S. **Um modelo econométrico para a demanda de Gasolina pelos Automóveis de Passeio**. Rio de Janeiro. IPEA, 1982.

BAUMGARTEN JR., A. L. **Análise e previsão de curto prazo: sondagem conjuntural**. Pesquisa e Planejamento Econômico. Rio de Janeiro, 1973.

BEACH, E.D.; ALSTON, J.M. Market distortions and the benefits from research into new issues for agricultural commodities: ethanol from corn. **Resource and Energy Economics**, v. 18, n.1, p.1-29, 1996.

BHATTARAI, K.R. **Keynesian Models for Analysis of Macroeconomic Policy**. Business School University of Hull, 2005.

BONELLI, R. **Crescimento Econômico e investimentos em infra-estrutura**. Seminário: “Desafios e Perspectivas o Estado de São Paulo”. ABDIB, São Paulo, 2007.

BRASIL. **Matriz de Insumo-Produto (2000 – 2005)**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro: Contas Nacionais, n.23, 2008.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia (MME). **Balanco Energético Nacional 2008**. Brasília: 2008.

BROWN, R.I. Um esquema para avaliar os impactos de estratégias diversas para etanol: outras substituições e racionalização da demanda de derivados de petróleo. **Ciência e Cultura**, v.32, n.8, p.1032-40, 1980.

BUONFIGLIO, A. **Modelo de Previsão de Consumo de Gasolina e Álcool Hidratado**. Petrobrás, 1988.

BURNQUIST, H. L.; BACCHI, M. R. P. **A Demanda por Gasolina no Brasil: Uma Análise Utilizando Técnicas de Co-integração**. In: XL Congresso Brasileiro de Economia e

Sociologia Rural, 2002, Passo Fundo, RS. Anais: Equidade e Eficiência na Agricultura Brasileira, 2002.

CIMA, F. M. **Utilização de Indicadores Energéticos no Planejamento Energético Integrado**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <www.coppe.ufjf.br>. Acesso em: 11 dez. 2007.

Confederação Nacional da Indústria. **Matriz energética: cenários, oportunidades e desafios CNI**. – Brasília: CNI, 2007.

CORREIA, E. **The Reemergence of Ethanol Fuel in Brasil**. Oxford Energy Forum, Oxford, 2007.

CORREIA, E.; MATTOS, J.B. **Metodologia de Previsão de Demanda de Carburantes automotivos para o Ciclo Otto**. Petrobrás, 1999.

DAHL, C. A; STERNER, T. Analysing gasoline demand elasticities: a survey. *Energy Economics*, v.13, n.3, p.203-310, 1991.

DUFFY-DENO, K.T. Retail price asymmetries in local gasoline markets. *Energy Economics*. v. 18, n. 1, p. 81-92, 1996.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. Wiley Series in Probability and Statistics. 2 ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2004.

Energy Information Administration - EIA < www.eia.doe.gov >.

ENGLE, R. **Long-Run Economic Relationships: Readings in Cointegration**. Ed. Cambridge University Press, 1990.

ESPEY, M., Gasoline demand revisited: an international meta-analysis of elasticities. *Energy Economics*, v. 20, n. 3, p. 273-295, 1998.

FAVERO, C. A. **Model Evaluation in Macroeconometrics: from early empirical macroeconomic models to DSGE models**. IGIER Università Bocconi and CEPR, 2007.

Feijó, C. A. **Contabilidade Social: o novo sistema de contas nacionais do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2004.

FLASCHEL, P.; GONGB, G.; SEMMLERC, W. A Keynesian macroeconomic framework for the analysis of monetary policy rules. *Journal of Economic Behavior & Organization*, v.46, p. 1001 – 136, 2001.

GIAMBIAGI, F.; PINHEIRO, A. C; GOSTKORZEWICZ, J. **A Economia Brasileira nos anos 90**. BNDS, 1999.

GIAMBIAGI, F.; VILLELLA, A.; BARROS DE CASTRO, L; HERMMAN, J. **Economia Brasileira e Contemporânea (1945-2004)**. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2005.

GATELY, D; HUNTINGTON, H. G. The Asymmetric Effects of Changes in Price and Income on Energy and Oil Demand. **The Energy Journal**, v. 23, n. 1, p. 19-55, 2002.

GRANGER, C. W.J. Macroeconometrics: Past and future. **Journal of Econometrics**. v. 100, n. 1, p. 17-19, 2001.

GUILHOTO, J.J.M.; FONSECA, M.A.R. The Northeast and the Rest of Brazil Economies in a Mercosur Context, 1992-2014: An Econometric Interregional Input- Output Approach. **Studies In Regional Science**, Japão, v. 29, n.1, p. 171-185, 1998.

GUILHOTO, J.J.M., U.A. SESSO. F. Estimação da Matriz Insumo-Produto a Partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 9. n. 2. p. 277-299, 2005.

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. Tradução de Basic Econometrics. 3. ed. São Paulo: Pearson Makro Books, 2000.

HAMADA, F. A. **Long-Term Projection of the Industrial and Environmental Aspects os the Hokkaido Economy: 1985-2005**, 2001.

HAMILTON, J. D. **Time Series Analysis**. New Jersey: Princeton University Press, 1994.

HILGEMBERG, E. M. **Quantificação e Efeitos Econômicos do Controle de Emissões de CO2 Decorrentes do Uso de Gás Natural, Álcool e Derivados de Petróleo no Brasil: Um modelo Inter-regional de Insumo-Produto**. Tese (Doutorado em Economia Aplicada). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 2004. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 30 dez. 2008.

ISRAILEVICH, P. R; HEWINGS, G. J. D; SCHINDLER, G; MAHIDHARA, R. The Choice of an Input-Output Table Embedded in Regional Input-Output Models. **Regional Science**. v. 75. p. 103–119, 1996.

ISRAILEVICH P. R.; HEWINGS, G. J. D.; SCHINDLER, G. R; SONIS, M. Forecasting structural change with a regional econometric input-output model. **Journal of Regional Science**. v. 37. p.565-590, 1997.

JABIR, I. The shift in US oil demand and its impact on OPEC's market share. **Energy Economics**. v. 23, n. 6, p. 659-666, 2001.

KAYSER, H. A., Gasoline demand and car choice estimating gasoline demand using household information. **Energy Economics**,v. 22, n.200, p. 331-348, 2000.

KENNETH F. W.S. Macroeconomic Forecasting: a Survey. **The Economic Journal**, v. 99, n. 39, p.28-61, 1989.

KEYNES, J. M. **A Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda**. São Paulo: Atlas, 1982.

LESAGE, J. P. e REY, S J. Restrictions Integrated Econometric+Input-Output Modeling. **Discussion Paper**, 1994.

LUTKEPOHL, H. **Vector Autoregressions**. Discussion Paper 4, SBF 373, 1999. Universitat, Berlin. Disponível em: <[www.sfb.wiwi.hu-berlin.de/paper](http://www.sfb.wiwi.hu-berlin.de/paper)>. Acesso em: 15 mar. 2008.

MACHADO, V. M. **Meio Ambiente e Comércio Exterior: Impactos da Especialização Comercial Brasileira sobre o Uso de Energia e as Emissões de Carbono do País**. 2002. 184f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético)- Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <[www.coppe.ufrj.br](http://www.coppe.ufrj.br)>. Acesso em: 20 abr. 2008.

MARGARIDO, M.A. Teste de Co-integração de Jonhansen utilizando o SAS. **Agricultura em São Paulo**, v.51, n.01, p.87-101, 2004.

MARJOTTA-MAISTRO, M.C. **Ajustes nos mercado de álcool e gasolina no processo de desregulamentação**. 2002. 180p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 2002. Disponível em: <[www.esalq.usp.br](http://www.esalq.usp.br)>. Acesso em: 30 ago. 2008.

MATTOS, R. S.; PEROBELLI, F. S. HADDAD, E, FARIA, W. R. **Integração de Modelos Econométricos e de Insumo Produto Para Previsões de Longo Prazo na Demanda de Energia no Brasil**. Estudos Econômicos, v.38, n. 4, p. 675-699, 2008.

MILLER, R. E; BLAIR, P. D. **Input-output analysis: foundations and extensions**. New Jersey: Prentice Hall, 1985.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (MME). **Balanço Energético Nacional Ministério das Minas e Energia**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 05 abr. 2008.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (MME). **Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006 - 2015**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2007.

MOREIRA, A.R.B. **Modelos para projeção do consumo nacional e regional de óleo diesel**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: Texto para Discussão n. 443. Rio de Janeiro, 1996.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Disponível em: <<http://www.oecd.org/>> Acesso em: 10 jun. 2008.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **OECD Economic Outlook**, 2008. Disponível em: <<http://www.oecd.org/>> Acesso em: 05 dez. 2008.

PEROBELLI, F. S.; MATTOS, R. S.; FARIA, W. R. **A Interdependência Energética entre o Estado de Minas Gerais e o Restante do Brasil: uma análise inter-regional de insumo-produto**. In: XI Seminário sobre a Economia Mineira, 2006, Diamantina. Anais: XI Seminário sobre a Economia Mineira, 2006.

PEROBELLI, F. S.; NOVAIS, M. P.; FARIA, W. R. **Energia e exportações: impactos do comércio exterior de Minas Gerais sobre o uso de energia**. In: IV Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, 2006, Foz do Iguaçu. Anais: IV Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, 2006.

PERTUSIER, R. **Eficácia da OPEP Como Cartel e de Suas Metas Como Parâmetros de Referência para os Preços do Petróleo**. 2004. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <www.ufrj.br>. Acesso em: 27 mai. 2008.

PIMENTEL, D.A. **Indicadores de vulnerabilidade de produtores de petróleo: o caso da OPEP**. 2006. Dissertação (Mestrado em engenharia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <www.coppe.ufjf.br>. Acesso em: 15 jul. 2008.

PINDYCK, R. S., RUBINFELD, D. L. **Econometria: Modelos & Previsões**. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2004

RASK, K.N. Clean air and renewable fuels: the market for fuel ethanol in the US from 1984 to 1993. **Energy Economics**, v. 20 n. 1, p. 325-345, 1998.

RAMOS, L.R. Níveis de demanda e necessidade de importação de petróleo e derivados: uma análise prospectiva. **Pesquisa e Planejamento Econômico**. v.14, n. 3, p.689-722, 1984.

RAY, C. F. Testing Macroeconometric Models. **Econometric models**, 1994.

REY, S.J., DEV, B. Integrating Econometric and Input-Output Models in a Multiregional Context. **Growth and Change**. v.28, n.2, p. 222-243, 1997.

REY, S.J. **Integrated Regional Econometric and Input-Output Modeling**. San Diego University: Discussion Paper. San Diego, 1999.

REY, S.J. Integrated Regional Econometric + Input-Output Modeling: Issues and Opportunities. **Regional Science**, v.79, p. 271-292, 2000.

REY, S.J. The Performance of Alternative Integration Strategies for Combining Regional Econometric and Input-Output Models Inter-regional. **Regional Science Review**, v. 21, n.1, p. 1-36, 1998.

REY, S. J., WEST, G. R. e JANIKAS, M. V. Uncertainty in Integrated Regional Models. **Economic Systems Research**, v.16, nº 3, p. 259-277, 2004.

SCHECHTMAN, R.; ALMEIDA, M.A. **Uma Análise de metodologias para previsão da penetração de tecnologias de conservação de energia**. In: Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 13, Florianópolis, 1995. Florianópolis: Eletrosul, 1995.

SCHECHTMAN, R. **Metodologia para avaliação dos custos ambientais da geração termelétrica a carvão.** In: Seminário Nacional de Produção Ee Transmissão de Energia Elétrica, 13, Florianópolis, 1995. Florianópolis: Eletrosul, 1995.

SCHNEIDER. E.; CHEN. P.; FROHN.J. A Long-Run Structural Macroeconometric Model for Germany: An Empirical Note . **Economics**, v.2, p. 100 – 114, 2008.

SIMS, C. A. Econometric implications of the government budget constraint. **Journal of Econometrics**. v. 83, n. 1-2, p. 9-19, 1998.

SORDI, J.C. **Os efeitos dos custos de transporte na liberação dos preços: o caso do álcool hidratado no Brasil.** 1997. 159f. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 1997. Disponível em: <<http://www.uem.br/>>. Acesso em: 23 jun. 2008.

SOUZA, G. P.; SAMOHYL, R. W. ; MEURER, R. **Previsão do Consumo de Energia Elétrica do Setor Industrial em Santa Catarina - Um estudo comparativo entre diferentes métodos de previsão através de suas discrepâncias.** In: XXXVI SBPO - O Impacto da Pesquisa Operacional nas Novas Tendências Multidisciplinares, 2004, São João Del Rei, MG.

SOUZA, N. J. **Desenvolvimento econômico.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 1997.

SOUZA, R.M. **Exportações e Consumo de Energia Elétrica: uma análise baseada na iIntegração de Modelos Econométrico e de Insumo-Produto Inter-Regional para Minas Gerais e o restante do Brasil.** 2008. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2008.

STIZIA, B., MANERA, M. **Input-Output analysis and econometrics: a Discussion of some key issues with an example from the theory of production.** 13th International Conference on Input-Output Techniques. Ago. 2000.

STOCK, James H. Macro-econometrics . **Journal of Econometrics**. v. 100, n.1, p.29-32, 2001.

TOYOSHIMA, S. e FERREIRA, M. J. Encadeamentos do Setor de Transportes na Economia Brasileira. **Planejamento e Políticas Públicas**. n. 25, IPEA. dez. 2002.

World Bank. **Global Economic Prospects.** Disponível em< [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)> Acesso em 05 de Dez. 2008.

ZAKARIAS, G., FRITZ, O., KURZMANN, R; STREICHER,G. Comparing Regional Structural Change – An Application of Economic Input-Output Models, InTeReg Working. **Paper Series**. v. 18, Graz-Vienna, 2002.

ZANINI, A. **Redes Neurais e Regressão Dinâmica: um Modelo Híbrido para Previsão de Curto Prazo da Demanda de Gasolina Automotiva No Brasil.** Dissertação. 2000. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica: Teoria de Controle e Estatística) -

Departamento de Engenharia Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

ZOU, G; CHAU, K.W. Short- and long-run effects between oil consumption and economic growth in China. **Energy Polic.** v. 34, n.18, p. 3644-3655. 2006.

**ANEXOS**

**ANEXO 1 - Principais crises mundiais**

<b>Ano</b>	<b>Crise</b>
1973	Primeira crise do petróleo
1979/80	Segunda crise do petróleo
1985/86	Opep aumenta a produção
1990/91	Primeira guerra no Iraque
1998	Crise asiática coincide com uma alta de produção da Opep
1999/2000	Opep reduz a produção apesar da forte demanda
2001	Atentados de 11 de setembro nos Estados Unidos
2002/03	Greve na Venezuela, inquietações com a guerra dos Estados Unidos no Iraque
2003	Invasão dos Estados Unidos ao Iraque, os centros de petróleo poupados
2004	Opep reduz significativamente a produção
2005	Furacões excepcionais no Golfo do México
2006	Temores com a situação no Irã e a gasolina nos Estados Unidos

Fonte: Banco *Barclays* (2008).

## ANEXO 2 - Compatibilização dos 110 produtos em 60 setores

<b>1 - Agropecuária</b>	39- Café torrado e moído	
1- Arroz em casca	40- Café solúvel	
2- Milho em grão	41- Outros produtos alimentares	
3- Trigo em grão e outros cereais	42- Bebidas	
4- Cana-de-açúcar	43- Produtos do fumo	
5- Soja em grão	<b>9 - Têxtil e Vestuário</b>	
6- Outros produtos e serviços da lavoura	44- Beneficiamento de algodão e de outros têxteis e fiação	
7- Mandioca	45- Tecelagem	
8- Fumo em folha	46- Fabricação outros produtos têxteis	
9- Algodão herbáceo	47- Artigos do vestuário e acessórios	
10- Frutas cítricas	48- Preparação do couro e fabricação de artefatos - exclusive calçados	
11- Café em grão	49- Fabricação de calçados	
12- Produtos da exploração florestal e da silvicultura	<b>10- Cimento</b>	
13- Bovinos e outros animais vivos	71- Cimento	
14- Leite de vaca e de outros animais	<b>11 - Outras Indústrias</b>	
15- Suínos vivos	50- Produtos de madeira - exclusive móveis	
16- Aves vivas	78- Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	
17- Ovos de galinha e de outras aves	79- Eletrodomésticos	
18- Pesca e aquicultura	80- Máquinas para escritório e equipamentos de informática	
<b>2 - Mineração e Pelotização</b>	81- Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	
19- Petróleo e gás natural	82- Material eletrônico e equipamentos de comunicações	
20- Minério de ferro	83- Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	
21- Carvão mineral	84- Automóveis, camionetas e utilitários	
<b>3 - Minerais Não Metálicos</b>	85- Caminhões e ônibus	
23- Minerais não-metálicos	86- Peças e acessórios para veículos automotores	
72- Outros produtos de minerais não-metálicos	87- Outros equipamentos de transporte	
<b>4 - Ferro e Aço</b>	88- Móveis e produtos das indústrias diversas	
73- Gusa e ferro-ligas	89- Sucatas recicladas	
74- Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço	91- Construção	
76- Fundidos de aço	<b>12 - Comércio e Serviços</b>	
<b>5 - Minerais Não Ferrosos e Outras Metalurgias</b>	92- Comércio	
22- Minerais metálicos não-ferrosos	96- Serviços de informação	
75- Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos	97- Intermediação financeira e seguros	
77- Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamento	98- Serviços imobiliários e aluguel	
<b>6 - Papel e Celulose</b>	99- Aluguel imputado	
51- Celulose e outras pastas para fabricação de papel	100- Serviços de manutenção e reparação	
52- Papel e papelão, embalagens e artefatos	101- Serviços de alojamento e alimentação	
53- Jornais, revistas, discos e outros produtos gravados	102- Serviços prestados às empresas	
69- Artigos de borracha	103- Educação mercantil	
70- Artigos de plástico	104- Saúde mercantil	
<b>7 - Química</b>	105- Serviços prestados às famílias	
61- Produtos químicos inorgânicos	106- Serviços associativos	
62- Produtos químicos orgânicos	107- Serviços domésticos	
63- Fabricação de resina e elastômeros	<b>13 - Transporte</b>	
64- Produtos farmacêuticos	93- Transporte de carga	
65- Defensivos agrícolas	94- Transporte de passageiro	
66- Perfumaria, sabões e artigos de limpeza	95- Correio	
67- Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	<b>14- Serviços Públicos</b>	
68- Produtos e preparados químicos diversos	108- Educação pública	
<b>8 - Alimentos e Bebidas</b>	109- Saúde pública	
24- Abate e preparação de produtos de carne	110- Serviço público e seguridade social	
25- Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada	<b>15- Setor dos demais Energéticos</b>	
26- Carne de aves fresca, refrigerada ou congelada	54- Gás liquefeito de petróleo	
27- Pescado industrializado	56- Gasoálcool	
28- Conservas de frutas, legumes e outros vegetais	59- Outros produtos do refino de petróleo e coque	
29- Óleo de soja em bruto e tortas, bagaços e farelo de soja	90- Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	
30- Outros óleos e gordura vegetal e animal exclusive milho	<b>16- Gasolina automotiva</b>	} <b>Setores Energéticos</b>
31- Óleo de soja refinado	55- Gasolina automotiva	
32- Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado	<b>17- Óleo combustível</b>	
33- Produtos do laticínio e sorvetes	<b>57- Óleo combustível</b>	
34- Arroz beneficiado e produtos derivados	<b>18- Óleo diesel</b>	
35- Farinha de trigo e derivados	58- Óleo diesel	
36- Farinha de mandioca e outros	<b>19- Álcool</b>	
37- Óleos de milho, amidos e féculas vegetais e rações	60- Álcool	
38- Produtos das usinas e do refino de açúcar		

Fonte: Elaboração própria baseada em Perobelli *et al* (2006).

### ANEXO 3 - Compatibilização dos 60 setores e dos demais setores do balanço energético em 19 setores

<b>1 - Agropecuária</b>	38- Material eletrônico e equipamentos de comunicações	
1- Agricultura, silvicultura, exploração florestal	39- Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	
2- Pecuária e pesca	40- Automóveis, camionetas e utilitários	
<b>2 - Mineração e Pelotização</b>	41- Caminhões e ônibus	
3- Petróleo e gás natural	42- Peças e acessórios para veículos automotores	
4- Minério de ferro	43- Outros equipamentos de transporte	
5- Outros da indústria extrativa	44- Móveis e produtos das indústrias diversas	
<b>3 - Mineraiis Não Metálicos</b>	47 - Água, esgoto e limpeza urbana	
30- Outros produtos de mineraiis não-metálicos	48- Construção	
<b>4 - Ferro e Aço</b>	<b>12 - Comércio e Serviços</b>	
26- Fabricação de aço e derivados	49- Comércio	
<b>5 - Mineraiis Não Ferrosos e Outras Metalurgias</b>	51- Serviços de informação	
32- Metalurgia de metais não-ferrosos	52- Intermediação financeira e seguros	
33- Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	53- Serviços imobiliários e aluguel	
<b>6 - Papel e Celulose</b>	54- Serviços de manutenção e reparação	
12- Celulose e produtos de papel	55- Serviços de alojamento e alimentação	
13- Jornais, revistas, discos	56- Serviços prestados às empresas	
11- Produtos de madeira - exclusive móveis	57- Educação mercantil	
28- Artigos de borracha e plástico	58- Saúde mercantil	
<b>7 - Química</b>	59- Outros serviços	
21- Produtos químicos	<b>13 - Transporte</b>	
22- Fabricação de resina e elastômeros	50- Transporte, armazenagem e correio	
23- Produtos farmacêuticos	<b>14 - Serviços Públicos</b>	
24- Defensivos agrícolas	60- Educação pública	
25- Perfumaria, higiene e limpeza	61- Saúde pública	
26- Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	62- Administração pública e seguridade social	
27- Produtos e preparados químicos diversos	<b>15- Setor dos demais Energéticos</b>	
<b>8 - Alimentos e Bebidas</b>	14- Gás liquefeito de petróleo	
6- Alimentos e Bebidas	16- Gasoálcool	
7- Produtos do fumo	19- Outros produtos do refino de petróleo e coque	
<b>9 - Têxtil e Vestuário</b>	45- Eletricidade	
8- Têxteis	46- Gás	
9- Artigos do vestuário e acessórios	<b>16- Gasolina automotiva</b>	} <b>Setores Energéticos</b>
10- Artefatos de couro e calçados	15- Gasolina automotiva	
<b>10- Cimento</b>	<b>17- Óleo combustível</b>	
29- Cimento	17- Óleo combustível	
<b>11 - Outras Indústrias</b>	<b>18- Óleo diesel</b>	
34- Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	18- Óleo diesel	
35- Eletrodomésticos	<b>19- Álcool</b>	
36- Máquinas para escritório e equipamentos de informática	20- Álcool	
37- Máquinas, aparelhos e materiais elétricos		

Fonte: Elaboração própria baseada em Perobelli *et al* (2006).

## ANEXO 4 - Modelo VEC com variáveis originais (MVO)

Variáveis	D (C O)	D (M)	D (E <sub>x</sub> )	D (M)
D(CO(-1))	0,862395 [ 3.73233]	0,097372 [ 0.63866]	-0,122938 [-1.53362]	0,110606 [ 0.99311]
D(CO(-2))	-0,063627 [-0.31602]	0,160235 [ 1.20612]	-0,142962 [-2.04668]	-0,192316 [-1.98170]
D(I(-1))	-0,399723 [-1.21395]	0,865009 [ 3.98129]	0,536781 [ 4.69891]	0,226944 [ 1.42991]
D(I(-2))	0,246898 [ 1.06222]	-0,022871 [-0.14913]	-0,132242 [-1.63993]	0,084651 [ 0.75557]
D(E <sub>x</sub> (-1))	0,213333 [ 0.40497]	-0,187537 [-0.53953]	-0,012436 [-0.06804]	-0,020833 [-0.08205]
D(E <sub>x</sub> (-2))	0,152569 [ 0.32054]	0,626562 [ 1.99500]	-0,862529 [-5.22337]	-0,322054 [-1.40377]
D(M(-1))	-0,869746 [-1.72174]	0,683243 [ 2.04980]	0,081023 [ 0.46232]	0,216998 [ 0.89121]
D(M(-2))	0,688272 [ 1.04707]	-0,296075 [-0.68262]	0,005862 [ 0.02571]	0,594048 [ 1.87492]
C	-8160,278 [-0.49680]	-226,092 [-0.02086]	27685,680 [ 4.85838]	7303,685 [ 0.92250]
D(R)	-753,64410 [-2.93573]	417,51060 [ 2.46478]	-79,89735 [-0.89710]	-305,18060 [-2.46635]
D(YM)	5,449271 [ 0.83824]	-1,353858 [-0.31562]	-0,609268 [-0.27015]	-2,705711 [-0.86350]
D(V)	-3149,0700 [-0.14397]	-37594,8700 [-2.60489]	51861,3100 [ 6.83443]	27529,0400 [ 2.61120]
D(G)	0,631895 [ 1.25047]	-0,994921 [-2.98386]	-0,693267 [-3.95446]	-0,107352 [-0.44075]
D((Y),2)	0,550580 [ 3.87824]	0,435671 [ 4.65086]	-0,005511 [-0.11188]	0,102973 [ 1.50482]
<b>R<sup>2</sup></b>	0,737874	0,820249	0,906355	0,630243
<b>R<sup>2</sup>-ajustado</b>	0,475747	0,640498	0,812709	0,260487
<b>Teste F</b>	2,814953	4,563248	9,678582	1,704481
<b>AIC</b>	23,911450	23,079940	21,794180	22,451850
<b>SC</b>	24,651570	23,820060	22,534310	23,191970

Fonte: Elaboração própria com dados descritos na seção 3.5.

Período de estimação: 1970 2003.

Estatísticas *t* entre colchetes.

ANEXO 5 - Modelo VEC com variáveis originais com *dummies* (MVOD)

Variáveis	D (C O)	D (M)	D (E <sub>x</sub> )	D (M)
<b>D(CO(-1))</b>	0,60095 [ 2.69788]	0,09149 [ 0.44079]	-0,14467 [-1.39440]	0,10099 [ 0.76611]
<b>D(CO(-2))</b>	-0,30744 [-1.73219]	-0,06301 [-0.38100]	-0,13986 [-1.69181]	-0,25532 [-2.43073]
<b>D(I(-1))</b>	0,57220 [ 1.49467]	1,33531 [ 3.74335]	0,24980 [ 1.40096]	0,13207 [ 0.58294]
<b>D(I(-2))</b>	0,15002 [ 0.83503]	-0,40618 [-2.42626]	-0,06960 [-0.83173]	0,01511 [ 0.14213]
<b>D(E<sub>x</sub>(-1))</b>	-0,86884 [-1.60037]	-0,77724 [-1.53643]	0,23993 [ 0.94884]	0,12717 [ 0.39580]
<b>D(E<sub>x</sub>(-2))</b>	-0,05556 [-0.12520]	1,13033 [ 2.73374]	-0,94026 [-4.54941]	-0,05514 [-0.20997]
<b>D(M(-1))</b>	-0,30520 [-0.85168]	0,40044 [ 1.19922]	-0,00546 [-0.03269]	0,26621 [ 1.25528]
<b>D(M(-2))</b>	0,55016 [ 1.29671]	-0,68928 [-1.74352]	0,14540 [ 0.73577]	0,49067 [ 1.95418]
<b>C</b>	15899,940 [ 1.03041]	7624,782 [ 0.53030]	23036,100 [ 3.20519]	-350,692 [-0.03840]
<b>D(R)</b>	-294,1675 [-1.03217]	970,1711 [ 3.65329]	-314,8830 [-2.37213]	-300,1955 [-1.77985]
<b>D(YM)</b>	11,54864 [ 2.27457]	2,74947 [ 0.58116]	-1,06268 [-0.44937]	3,53755 [ 1.17732]
<b>D(V)</b>	-23940,59 [-1.22126]	-62894,40 [-3.44321]	56259,39 [ 6.16171]	16463,10 [ 1.41908]
<b>D(G)</b>	-0,11423 [-0.24567]	-1,49378 [-3.44786]	-0,40383 [-1.86476]	-0,04792 [-0.17417]
<b>D((Y),2)</b>	0,80795 [ 4.33161]	0,79553 [ 4.57716]	-0,07800 [-0.89784]	0,20650 [ 1.87070]
<b>D74</b>	65385,11 [ 2.35614]	48326,10 [ 1.86888]	-10452,47 [-0.80867]	55043,41 [ 3.35157]
<b>D81</b>	39019,790 [ 0.80783]	82656,900 [ 1.83651]	5934,996 [ 0.26381]	8056,978 [ 0.28186]
<b>D87</b>	-160264,50 [-3.22136]	-78071,91 [-1.68412]	58657,70 [ 2.53138]	16694,77 [ 0.56703]
<b>D88</b>	-37113,540 [-0.84025]	60422,770 [ 1.46809]	2,343 [ 0.00011]	19762,030 [ 0.75601]
<b>D94</b>	-65142,880 [-2.20788]	33321,800 [ 1.21203]	-547,432 [-0.03984]	-24760,860 [-1.41806]
<b>D02</b>	-25890,58 [-0.66888]	58986,81 [ 1.63547]	3411,53 [ 0.18923]	-24337,01 [-1.06242]
<b>R<sup>2</sup></b>	0,926368	0,899308	0,952587	0,843424
<b>R<sup>2</sup>-ajustado</b>	0,754559	0,664360	0,841957	0,478079
<b>Teste F</b>	5,391864	3,827693	8,610568	2,308570
<b>AIC</b>	23,028800	22,887530	21,500660	21,979640
<b>SC</b>	24,046470	23,905190	22,518330	22,997310

Fonte: Elaboração própria com dados descritos na seção 3.5.

Período de estimação: 1970-2003.

Estatísticas *t* entre colchetes.

**ANEXO 6 - Modelo VEC com variáveis em log (MVL)**

<b>Variáveis</b>	<b>D(LOG(CO))</b>	<b>D(LOG(I))</b>	<b>D(LOG(E<sub>x</sub>))</b>	<b>D(LOG(M))</b>
<b>D(LOG(CO(-1)))</b>	0,952036 [ 2.92798]	0,028632 [ 0.05139]	-1,171515 [-1.61534]	0,875973 [ 0.80558]
<b>D(LOG(CO(-2)))</b>	-0,135517 [-0.63961]	0,503866 [ 1.38785]	-1,145517 [-2.42395]	-0,838086 [-1.18279]
<b>D(LOG(I(-1)))</b>	-0,080328 [-0.65797]	0,641919 [ 3.06850]	1,183183 [ 4.34503]	0,424178 [ 1.03893]
<b>D(LOG(I(-2)))</b>	0,149543 [ 1.85769]	-0,020221 [-0.14659]	-0,327512 [-1.82405]	0,255179 [ 0.94788]
<b>D(LOG(E<sub>x</sub>(-1)))</b>	0,022270 [ 0.27417]	-0,091470 [-0.65717]	0,049431 [ 0.27283]	-0,041223 [-0.15175]
<b>D(LOG(E<sub>x</sub>(-2)))</b>	-0,011305 [-0.13812]	0,315193 [ 2.24729]	-0,587462 [-3.21778]	-0,019054 [-0.06961]
<b>D(LOG(M(-1)))</b>	-0,140038 [-1.80645]	0,245792 [ 1.85035]	0,083325 [ 0.48190]	0,167016 [ 0.64422]
<b>D(LOG(M(-2)))</b>	0,128700 [ 1.57064]	-0,062039 [-0.44185]	0,042807 [ 0.23422]	0,353578 [ 1.29029]
<b>C</b>	-0,004983 [-0.23035]	0,001454 [ 0.03923]	0,205231 [ 4.25339]	0,047532 [ 0.65702]
<b>D(R)</b>	-0,000872 [-3.27816]	0,000992 [ 2.17533]	-0,000137 [-0.23133]	-0,002034 [-2.28593]
<b>D(LOG(YM))</b>	0,064446 [ 0.33608]	-0,074741 [-0.22747]	-0,070168 [-0.16406]	-0,767597 [-1.19697]
<b>D(LOG(V))</b>	0,020825 [ 0.24833]	-0,484084 [-3.36874]	0,924706 [ 4.94362]	0,371971 [ 1.32632]
<b>D(LOG(G))</b>	0,093216 [ 0.54192]	-0,599456 [-2.03381]	-1,117814 [-2.91351]	-0,338548 [-0.58853]
<b>D(LOG(Y),2)</b>	0,921400 [ 3.04290]	1,458148 [ 2.81027]	-0,085786 [-0.12702]	1,276489 [ 1.26054]
<b>R<sup>2</sup></b>	0,740378	0,825232	0,873347	0,601527
<b>R<sup>2</sup>-ajustado</b>	0,480755	0,650465	0,746693	0,203054
<b>Teste F</b>	2,851748	4,721880	6,895571	1,509579
<b>AIC</b>	-3,421221	-2,344109	-1,816792	-1,006735
<b>SC</b>	-2,681098	-1,603986	-1,076669	-0,266612

Fonte: Elaboração própria com dados descritos na seção 3.5.

Período de estimação: 1970 2003.

Estatísticas *t* entre colchetes.

ANEXO 7 - Modelo VEC com variáveis em log com *dummies* (MVLD)

Variáveis	D (C)	D (I)	D (E <sub>x</sub> )	D (M)
D(LOG(CO(-1)))	c [ 2.98081]	-0,186278 [-0.26128]	-0,581532 [-0.71876]	1,026565 [ 1.03196]
D(LOG(CO(-2)))	-0,174360 [-0.97571]	-0,274402 [-0.53758]	-1,242854 [-2.14555]	-0,806636 [-1.13257]
D(LOG(I(-1)))	0,255060 [ 2.20460]	0,710551 [ 2.15013]	0,779219 [ 2.07774]	0,742941 [ 1.61121]
D(LOG(I(-2)))	0,043598 [ 0.74285]	-0,166993 [-0.99612]	-0,318653 [-1.67492]	-0,120486 [-0.51509]
D(LOG(E <sub>x</sub> (-1)))	-0,094072 [-1.39590]	-0,208223 [-1.08170]	0,104099 [ 0.47652]	-0,057248 [-0.21314]
D(LOG(E <sub>x</sub> (-2)))	0,010130 [ 0.17125]	0,469136 [ 2.77647]	-0,539704 [-2.81457]	0,027052 [ 0.11474]
D(LOG(M(-1)))	-0,062848 [-1.17261]	0,286931 [ 1.87423]	-0,011000 [-0.06331]	0,245486 [ 1.14922]
D(LOG(M(-2)))	0,078256 [ 1.39323]	-0,030284 [-0.18875]	0,072424 [ 0.39777]	0,192579 [ 0.86026]
C	0,008944 [ 0.63276]	0,004084 [ 0.10114]	0,176018 [ 3.84173]	0,006983 [ 0.12396]
D(R)	-0,000334 [-1.34074]	0,001656 [ 2.32848]	-0,001441 [-1.78542]	-0,001800 [-1.81470]
D(LOG(YM))	0,412385 [ 3.00907]	0,353201 [ 0.90226]	-0,311536 [-0.70126]	0,590440 [ 1.08098]
D(LOG(V))	-0,056099 [-0.74579]	-0,747849 [-3.48062]	1,001100 [ 4.10565]	0,331535 [ 1.10587]
D(LOG(G))	-0,162903 [-1.28317]	-0,599509 [-1.65322]	-0,919033 [-2.23321]	-0,616967 [-1.21935]
D(LOG(Y),2)	1,468443 [ 4.68468]	2,376536 [ 2.65429]	0,423282 [ 0.41658]	3,079227 [ 2.46477]
D74	0,126154 [ 3.65324]	0,098565 [ 0.99926]	-0,036125 [-0.32272]	0,613251 [ 4.45580]
D81	0,068686 [ 1.32811]	0,229083 [ 1.55075]	0,128799 [ 0.76829]	0,164156 [ 0.79641]
D87	-0,153170 [-3.44883]	-0,076710 [-0.60469]	0,333442 [ 2.31613]	-0,019400 [-0.10960]
D88	-0,064007 [-1.44649]	0,174182 [ 1.37808]	0,194025 [ 1.35267]	-0,030761 [-0.17442]
D94	-0,066919 [-2.01248]	0,034675 [ 0.36508]	-0,034021 [-0.31563]	-0,176436 [-1.33132]
D02	-0,025657 [-0.83174]	0,122539 [ 1.39069]	0,084030 [ 0.84034]	-0,053058 [-0.43156]
R <sup>2</sup>	0,939738	0,887277	0,937908	0,868636
R <sup>2</sup> -ajustado	0,799128	0,624255	0,793028	0,562119
Teste F	6,683266	3,373404	6,473672	2,83389
AIC	-4,494655	-2,395533	-2,142537	-1,729303
SC	-3,476987	-1,377865	-1,124869	-0,711635

Fonte: Elaboração própria com dados descritos na seção 3.5.  
 Período de estimação: 1970 2003.  
 Estatísticas *t* entre colchetes.

### ANEXO 8 - Teste preditivo para o modelo VEC com as variáveis originais (MVO)

Ano	Consumo			Investimento			Exportação			Importação		
	Real	Previsto	Erro (%)	Real	Previsto	Erro (%)	Real	Previsto	Erro (%)	Real	Previsto	Erro (%)
<b>2004</b>	1355710	1388062	-2,39	365050,1	361988,5	0,84	372497,9	329833,9	11,45	284575	231551,4	18,63
<b>2005</b>	1410127	1379395	2,18	372884	376795,7	-1,05	353931,3	358051,4	-1,16	269513	224762	16,60
<b>2006</b>	1464933	1332467	9,04	400591,8	414217,1	-3,40	354238,1	413054,7	-16,60	283356,4	217521,9	23,23
<b>2007</b>	1557544	1274745	18,16	449557,6	464331,8	-3,29	354943,1	486003,9	-36,92	315830,8	233376,3	26,11
<b>Teste Específico</b>												
<b>DAMP</b>	7,94			2,14			16,54			21,14		

Fonte: Elaboração própria.

**ANEXO 9 - Teste preditivo para o modelo VEC com as variáveis originais com *dummies* (MVOD)**

Ano	Consumo			Investimento			Exportação			Importação		
	Real	Previsto	Erro (%)	Real	Previsto	Erro (%)	Real	Previsto	Erro (%)	Real	Previsto	Erro (%)
<b>2004</b>	1355710	1435926	-5,92	365050,1	396584,7	-8,64	372497,9	313155,5	15,93	284575	239719,2	15,76
<b>2005</b>	1410127	1527764	-8,34	372884	474772,8	-27,32	353931,3	308446,8	12,85	269513	207421,3	23,04
<b>2006</b>	1464933	1663176	-13,53	400591,8	564667,5	-40,96	354238,1	308291,6	12,97	283356,4	189682,3	33,06
<b>2007</b>	1557544	1832962	-17,68	449557,6	715140,8	-59,08	354943,1	272924,2	23,11	315830,8	200112	36,64
<b>Teste Específico</b>												
<b>DAMP</b>	11,37			34,00			16,22			27,12		

Fonte: Elaboração própria.

### ANEXO 10 - Teste preditivo para o modelo VEC com as variáveis em log (MVL)

Ano	Consumo			Investimento			Exportação			Importação		
	Real	Previsto	Erro (%)	Real	Previsto	Erro (%)	Real	Previsto	Erro (%)	Real	Previsto	Erro (%)
<b>2004</b>	1355710	1393281	-2,77	365050,1	347131,1	4,9	372497,9	298033,6	19,99	284575	229654,4	19,30
<b>2005</b>	1410127	1409817	0,02	372884	375720,7	-0,8	353931,3	280210,1	20,83	269513	219687,5	18,49
<b>2006</b>	1464933	1413221	3,53	400591,8	410688,2	-2,5	354238,1	308839,6	12,82	283356,4	220025,3	22,35
<b>2007</b>	1557544	1443513	7,32	449558	440703,6	2,0	354943,1	335235,2	5,55	315831	248015	21,47
<b>Teste Específico</b>												
<b>DAMP</b>	3,41			2,54			14,80			21,64		

Fonte: Elaboração própria.

**ANEXO 11 - Teste preditivo para o modelo VEC com as variáveis em log com *dummies* (MVLD)**

Ano	Consumo			Investimento			Exportação			Importação		
	Real	Previsto	Erro (%)	Real	Previsto	Erro (%)	Real	Previsto	Erro (%)	Real	Previsto	Erro (%)
<b>2004</b>	1355710	1431219	-5,57	365050,1	347865,9	4,71	372497,9	303055,3	18,64	284575	250246,6	12,06
<b>2005</b>	1410127	1495633	-6,06	372884	365067,9	2,10	353931,3	268878,6	24,03	269513	230405,9	14,51
<b>2006</b>	1464933	1627109	-11,07	400591,8	382424,6	4,54	354238,1	250159,5	29,38	283356,4	242601,9	14,38
<b>2007</b>	1557544	1822608	-17,02	449557,6	440308,8	2,06	354943,1	229811,9	35,25	315830,8	296912,5	5,99
<b>Teste Específico</b>												
<b>DAMP</b>	9,93			3,35			26,83			11,74		

Fonte: Elaboração própria.

**ANEXO 12 - Modelo VEC com as variáveis em log (MVL) utilizado na integração de  
EC+IP**

Variáveis	D (LOG C))	D (LOG M)	D (LOG E <sub>x</sub> )	D (LOG M))
<b>D(LOG(CO(-1)))</b>	0,801641 [ 2.55051]	0,252984 [ 0.51886]	-0,920178 [-1.21556]	1,001063 [ 1.03149]
<b>D(LOG(CO(-2)))</b>	-0,132674 [-0.61887]	0,603555 [ 1.81486]	-1,107383 [-2.14473]	-0,594374 [-0.89791]
<b>D(LOG(I(-1)))</b>	-0,036523 [-0.29980]	0,634936 [ 3.35972]	1,097949 [ 3.74201]	0,510802 [ 1.35792]
<b>D(LOG(I(-2)))</b>	0,089433 [ 1.14379]	0,013799 [ 0.11376]	-0,239078 [-1.26954]	0,171489 [ 0.71030]
<b>D(LOG(E<sub>x</sub>(-1)))</b>	-0,000153 [-0.00193]	-0,098587 [-0.80320]	0,054046 [ 0.28361]	-0,133366 [-0.54589]
<b>D(LOG(E<sub>x</sub>(-2)))</b>	-0,044042 [-0.53579]	0,295356 [ 2.31621]	-0,475478 [-2.40166]	-0,002298 [-0.00905]
<b>D(LOG(M(-1)))</b>	-0,126668 [-1.66047]	0,199537 [ 1.68616]	0,048036 [ 0.26145]	0,11749 [ 0.49880]
<b>D(LOG(M(-2)))</b>	0,081663 [ 1.09500]	-0,080092 [-0.69229]	0,054054 [ 0.30094]	0,182281 [ 0.79157]
<b>C</b>	0,007887 [ 0.39234]	-0,006346 [-0.20349]	0,193958 [ 4.00602]	0,066628 [ 1.07339]
<b>D(R)</b>	-0,000792 [-3.03755]	0,000831 [ 2.05289]	-0,000134 [-0.21327]	-0,001915 [-2.37691]
<b>D(LOG(YM))</b>	-0,003941 [-0.01994]	-0,154642 [-0.50449]	0,063246 [ 0.13289]	-0,979323 [-1.60509]
<b>D(LOG(V))</b>	0,004735 [ 0.06227]	-0,447092 [-3.79029]	0,877348 [ 4.79066]	0,306553 [ 1.30566]
<b>D(LOG(G))</b>	0,113585 [ 0.65968]	-0,571237 [-2.13862]	-1,202117 [-2.89878]	-0,426802 [-0.80277]
<b>D(LOG(Y),2)</b>	0,806652 [ 2.69349]	1,578202 [ 3.39705]	0,247707 [ 0.34342]	1,52272 [ 1.64668]
<b>R<sup>2</sup></b>	0,65900	0,81736	0,80918	0,55964
<b>R<sup>2</sup>-ajustado</b>	0,38979	0,67317	0,65853	0,21198
<b>F - Teste</b>	2,44789	5,66867	5,37129	1,60973
<b>AIC</b>	-3,37378	-2,49562	-1,61580	-1,11890
<b>SC</b>	-2,66276	-1,78460	-0,90478	-0,40788

Fonte: Elaboração própria com dados descritos na seção 3.5..

Período de estimação: 1970 2007.

Estatísticas *t* entre colchetes.

**ANEXO 13 - Testes de diagnóstico para o modelo MVL**

---

<b>Testes Específicos</b>	<b>Coefficientes</b>
Autocorrelação (LM-teste)	0,5033
Normalidade (Jarque Bera)	0,3869
Heterocedasticidade (White-teste)	0,2568

---

Fonte: Elaboração própria.