

**DANIEL OLIVEIRA PAIVA DA SILVA**

**PREVISÃO SETORIAL DO CONSUMO DE FONTES ENERGÉTICAS  
PARA O BRASIL: UM ESTUDO A PARTIR DA PROPOSTA DE  
INTEGRAÇÃO ECONOMETRIA + INSUMO-PRODUTO.**

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

JOÃO PESSOA

2010

**DANIEL OLIVEIRA PAIVA DA SILVA**

**PREVISÃO SETORIAL DO CONSUMO DE FONTES ENERGÉTICAS  
PARA O BRASIL: UM ESTUDO A PARTIR DA PROPOSTA DE  
INTEGRAÇÃO ECONOMETRIA + INSUMO-PRODUTO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências parciais para obtenção do título de Mestre em Ciências Econômicas.

Área de Concentração: Economia do Trabalho.

Orientação: Prof. Dr. Ignácio Tavares de Araújo Júnior

JOÃO PESSOA

2010

S586p Silva, Daniel Oliveira Paiva da.

Previsão setorial do consumo de fontes energéticas para o Brasil: um estudo a partir da proposta de integração econometria+insumo-produto / Daniel Oliveira Paiva da Silva. -- João Pessoa: [s.n.], 2010.

96 f.: il.

Orientador: Ignácio Tavares de Araújo Junior.  
Dissertação (Mestrado) – UFPB/CCSA.

1.Economia do trabalho. 2.Setores energéticos brasileiros. 3.Modelos de previsão.

UFPB/BC

CDU:331(043)

## **Agradecimentos**

Ao Prof. Dr. Ignácio Tavares de Araújo Júnior, pela dedicação, paciência e lisura com que me orientou nos caminhos dessa dissertação. E, principalmente, pela lapidação paciente de meus excessos e erros.

Aos meus pais, José Paiva da Silva e Maria de Lourdes Oliveira Paiva da Silva (*in memoriam*) que me ensinaram a defender com vigor aquilo que acredito.

As minhas irmãs, Lílian Rose Oliveira Paiva da Silva e Danielle Oliveira Paiva da Silva.

A minha esposa, Ana Geovânia Ferreira dos Santos.

## **Resumo**

A adequada disponibilidade de recursos energéticos é um aspecto a ser considerado no processo de recuperação do crescimento econômico brasileiro, fato este realçado pela utilização generalizada desse recurso na economia, bem como, pelas crises de energia elétrica de 2001 e do gás natural nos anos de 2004 e 2005. Sendo assim, há a necessidade de racionalização da tomada de decisão, ou mais precisamente da gestão estratégica no suprimento de fontes energéticas. Neste contexto, modelos de previsão têm se apresentado como uma ferramenta importante para subsidiar nessas tomadas de decisão. Desta forma, foram realizadas previsões utilizando-se da proposta de integração econometria + insumo-produto, sendo esta última híbrida, para o ano de 2005. O bloco econométrico foi empregado para endogeneizar o consumo das famílias e o investimento privado. Complementando as informações necessárias para a realização das previsões se fez uso da construção de cenários, sendo eles o de Baixa, de Referência e de Alta. A integração dos dois blocos pela estratégia de ligação, juntamente aos cenários, permitiu construir previsões que indicaram que os setores petróleo e gás natural, refino de petróleo e coque, álcool e eletricidade, para o cenário de Alta, praticamente dobrarão os seus níveis de consumo na economia brasileira no intervalo de 2006 a 2015, dado um crescimento médio de 96%. Para os cenários de Referência e de Baixa, os resultados indicam um crescimento de respectivamente 45% e 13%. Confrontando os resultados das previsões para os anos de 2006 a 2008 aos dados a que já se tem disponibilidade pôde-se perceber um nível razoável de acurácia das previsões, fato este principalmente verdadeiro para o setor Eletricidade.

Palavras-chave: Integração Econometria + Insumo-Produto; Setores Energéticos Brasileiros; Modelos de Previsão.

## **Abstract**

The appropriate availability of energy resources is an aspect to be considered in the recovery process of the Brazilian economical growth, such fact highlighted by the widespread use of that resource in the economy, as well as on the electric energy crises in 2001, and the natural gas in the years 2004 and 2005. That said, there is a need of reasoning of decision making, or more specifically the strategic management in the supply of energy sources. In this respect, models of prediction have been shown as an important tool to help in these decision makings. Thus some predictions were made by making use of the proposal of econometry integration + product input, this latter being hybrid for the year 2005. The econometric block was employed to endogenize the family consumption and the private investment. Completing the necessary information to carry out the predictions, the scenery setting was used for it, being of Low, of Reference, and of High ones. The integration of the two blocks by the connection strategy all along with the sceneries. That enabled to make predictions which indicated that the oil and natural gas sectors, oil and coke refinement, alcohol and electricity for the High scenery will quite double their rates of consumption on the Brazilian economy from 2006 to 2015, given an average growth of 96%. For the sceneries of Reference and of Low, the results indicate an increase respectively of 45% and 13%. Comparing the results of the predictions for the years 2006 to 2008 with the data available was possible to get at a reasonable rate of accuracy in the predictions, such fact was essentially true for the Electricity sector.

**Key words:** Integration Econometric + Input-Output; Brazilian energetic sectors; Forecasting models.

## Lista de Gráficos

	<b>Página</b>
Gráfico 1 - Evolução da produção de fontes energéticas selecionadas - Brasil (1970-2007) .	14
Gráfico 2 - Intensidade Energética (1970-2008) .....	16
Gráfico 3 - Oferta Interna de Energia – Participação (2008) .....	18
Gráfico 4 - Consumo Final Energético por Fonte – Participação (2008) .....	19
Gráfico 5 – Consumo Final observado dos setores energéticos (2006 a 2008) .....	75
Gráfico 6 - Investimento bruto do setor privado (excluindo as empresas estatais) – Brasil ...	94
Gráfico 7 - Investimento bruto do setor público (das administrações públicas e das empresas estatais) – Brasil .....	94
Gráfico 8 - Produto Interno Bruto - Brasil .....	95
Gráfico 9 - Taxa de juros real (SELIC) – Brasil .....	95
Gráfico 10 - Consumo das famílias – Brasil .....	95
Gráfico 11 - Crédito ao setor privado – Brasil .....	96
Gráfico 12 - Variância da taxa de inflação (IGP-DI) – Brasil .....	96
Gráfico 13 - Variância da taxa de câmbio nominal (R\$/US\$) – Brasil .....	96

## Lista de Tabelas

	<b>Página</b>
Tabela 1 - Tabela de Transações para uma economia hipotética com dois setores .....	22
Tabela 2 - Características comparativas dos modelos de Insumo-Produto (IP), Econometria (EC) e Econometria + Insumo-Produto (EC+IP) .....	32
Tabela 3 - Matriz de participação (Market Share) de setores energéticos .....	38
Tabela 4 - Sub-Matriz de interdependência setorial entre os setores energéticos .....	38
Tabela 5 - Requerimentos diretos por energia .....	40
Tabela 6 - Requerimentos totais por energia .....	42
Tabela 7 - Resultados dos testes de raízes unitárias (ADF, PP e KPSS) .....	60
Tabela 8 - Identificação da ordem do VAR por SBC .....	61
Tabela 9 - Testes de Co-integração – Número de equações de co-integração .....	62
Tabela 10 - Cenários para o período de 2005/06 a 2008 (Taxas de crescimento) .....	67
Tabela 11 - Cenários para o período de 2009 a 2015 (Taxas de crescimento) .....	68
Tabela 12 - Componentes da Demanda Final e Demanda Total dos setores energéticos .....	69
Tabela 13 - Previsões para os anos de 2006 a 2015 – Cenário de Referência .....	71
Tabela 14 - Previsões para os anos de 2006 a 2015 – Cenário de Baixa .....	72
Tabela 15 - Previsões para os anos de 2006 a 2015 – Cenário de Alta .....	73
Tabela 16 - Consumo Final observado dos setores energéticos (2006 a 2008) .....	74
Tabela 17 - Desvio Absoluto Médio Percentual como medida do nível de precisão das previsões por cenário, relativamente aos anos de 2006 a 2008 .....	77
Tabela 18 - Setores para compatibilidade dos dados da Tabela de oferta e demanda da produção a preço básico com os do Balanço Energético Nacional e vice-versa .....	87
Tabela 19 - Matriz de Transação brasileira do ano 2005 .....	89
Tabela 20 - Matriz de Transação Híbrida brasileira do ano 2005 .....	91
Tabela 21 - Requerimentos indiretos por energia .....	93

## Sumário

	<b>Página</b>
1 Introdução .....	9
2 Setor Energético Brasileiro .....	14
3 Análise de Insumo-Produto .....	21
3.1 Análise de Insumo-Produto Híbrida .....	27
3.2 Matriz Insumo-Produto Brasileira .....	29
4 Integração Econometria + Insumo-Produto.....	31
4.1 Algumas aplicações da Integração Econometria + Insumo-Produto.....	34
5 Construção da Matriz Insumo-Produto Híbrida Brasileira para o ano de 2005.....	37
6 Metodologias .....	43
6.1 Análise Econométrica .....	43
6.2 A macroeconomia por trás da Integração Econometria + Insumo-Produto.....	49
6.2.1 Determinantes do Investimento Privado .....	49
6.2.2 Determinantes do Consumo das Famílias .....	55
6.3 Especificação do modelo econométrico .....	56
6.4 Base de dados .....	58
6.5 Resultados para o Bloco Econométrico .....	59
7 Previsões pela proposta de Integração Econometria + Insumo-Produto .....	65
7.1 Cenários considerados .....	65
7.2 Previsões do consumo de fontes energéticas .....	68
8 Conclusão .....	78
Bibliografia .....	81
Apêndices .....	86
Apêndice 1 - Setores para compatibilidade dos dados da Tabela de oferta e demanda da produção a preço básico com os do Balanço Energético Nacional e vice-versa .....	87
Apêndice 2 - Matriz de Transação brasileira do ano 2005 .....	89
Apêndice 3 - Matriz de Transação Híbrida brasileira do ano 2005 .....	91
Apêndice 4 - Requerimentos indiretos por energia .....	93
Apêndice 5 - Comportamento das variáveis utilizadas no Bloco Econométrico.....	94

## 1 Introdução

O crescimento econômico requer como condição necessária, mas não suficiente, a existência de recursos produtivos a serem utilizados pela sociedade, com a pretensão de elevar a oferta total de bens e serviços. Para a ciência econômica, a existência de recursos produtivos sempre está relacionada com a eficiência com que são transformados em bens e serviços finais e, desta maneira, com a busca por otimização.

Nesse contexto, enfatizam-se os recursos energéticos, tal como petróleo, gás natural e energia elétrica, considerados como essenciais, dada a sua participação quase universal nos processos produtivos.

Conforme indicado no Balanço Energético Nacional (BEN) de 2008, as principais fontes na matriz energética nacional são: petróleo, gás natural, energia elétrica, carvão mineral, lenha e produtos da cana. Para o setor de energia elétrica temos como os principais responsáveis da oferta nacional para o ano de 2007, segundo a natureza da fonte primária de geração, a hídrica com 72,6%, a térmica com 14,7% e a nuclear com 2,5%. As importações que complementam a oferta nacional corresponderam a uma participação de 8,5% no mesmo período.

Adicionando-se as fontes secundárias, percebe-se que a geração de eletricidade no país ocorre majoritariamente por fontes renováveis, que representam uma participação de 80% na geração de eletricidade. Segundo estatísticas internacionais, apresentadas no BEN de 2008, o percentual de fontes renováveis para a geração de eletricidade é de apenas 18,3% na média mundial.

A adequada disponibilidade de recursos energéticos é um aspecto a ser considerado no processo de recuperação do crescimento econômico sustentado no Brasil, fato este realçado pela crise de energia elétrica de 2001 e do gás natural nos anos de 2004 e 2005, quando houve ameaças de falta dessas fontes de energia.

Os desequilíbrios entre oferta e demanda de recursos energéticos poderiam abortar uma possível tendência de recuperação da economia brasileira, de um nível de crescimento medíocre que teve início na década de 1980, a chamada década perdida, a qual a economia brasileira não haveria totalmente suplantado.

Dentre as considerações que remontaram dessa questão, ressurgiu, por exemplo, a opção por uma maior participação da energia nuclear na matriz energética nacional, fato este que estaria, principalmente, possibilitado pelas projeções de funcionamento do projeto de

Angra 3 a partir do ano de 2013. No entanto, essa estratégia não representa uma tendência de superação da vocação hídrica nacional, mas sim, a busca pela resolução de um problema nacional, mesmo porque o Brasil possui a sexta maior reserva de urânio do mundo, insumo básico das usinas termoeletricas.

Vale também ressaltar a atuação com fontes de energia alternativas no país, como as realizadas na área da biomassa. Vários autores, como, por exemplo, Marjotta-Maistro (2008), consideram a atuação brasileira como pioneira na área de fontes energéticas alternativas, e principalmente daquelas ditas renováveis.

Porém, além das considerações em termos da oferta de fontes energéticas, outro aspecto do problema corresponde as maneiras de utilização desses recursos, pois, deve-se observar, de forma complementar as ações que busquem a expansão da oferta, a intensificação de pesquisas que melhorem a eficiência técnica no seu uso, bem como na sua conservação.

Como destacado por Mattos *et al* (2008) um importante aspecto do problema corresponde a gestão estratégica no suprimento de fontes energéticas para o país, que tem como principais atores os órgãos governamentais de planejamento energético, como exemplo o Ministério de Minas e Energia, as agências regulatórias e as empresas fornecedoras.

Uma importante ferramenta nesse processo de gestão estratégica corresponde a existência de previsões de consumo de fontes energéticas, tanto de curto como longo prazo, que auxiliem na tomada de decisões por parte desses atores. No entanto, a tipificação dessas previsões tem ganhado atenção por se perceber que previsões agregadas são insuficientes para prover os gestores de um conjunto de informações adequadas, surgindo uma demanda por previsões desagregadas em termos de tipos de fontes energéticas, setores econômicos, localização geográfica, dentre outros.

Como apontado por Pinto Júnior *et al* (2007), desde a década de 50 o estabelecimento de previsões tiveram, em muitos casos, como alicerce o uso de medidas de elasticidade, inicialmente de renda e subsequentemente preço da demanda, passando posteriormente a se fazer uso também do Indicador de Intensidade Energética, que busca expressar o “quanto de energia seria necessário para a produção de uma unidade monetária do PIB”.

Essas medidas, apesar de bastante utilizadas e terem sua validade incontestável, em certos contextos, não permitem um aprofundamento na identificação do setor energético, ao estabelecer uma relação bastante simplória entre crescimento econômico e consumo de energia. Sendo assim, as previsões empreendidas a partir dessas medidas tendem a fornecer informações limitadas.

Duas possibilidades identificadas de melhoria dessas previsões correspondem a forma de utilização das informações relativas aos recursos energéticos e as metodologias propriamente ditas de previsão, que para cada caso poderá haver o predomínio na indicação pela utilização específica de dada metodologia.

Dentre as metodologias que se prestam a realizar previsões pode-se destacar: redes neurais artificiais, as propostas de Box & Jenkins, alisamento exponencial, o modelo de auto-regressão vetorial (VAR), modelo Message e o modelo Markal<sup>1</sup>.

Vale também ressaltar a aplicabilidade do modelo de Insumo-Produto para realização de previsões, sendo estas prioritariamente de curto prazo. Além desta limitação, outras também podem ser elencadas como justificativa da não utilização dessa metodologia, isoladamente, na presente dissertação, como por exemplo, possuir um caráter eminentemente estático, coeficientes técnicos fixos, dentre outros.

Consolidando estes últimos aspectos pode-se considerar que a presente dissertação busca contribuir, com a realização de estimativas do consumo de algumas fontes energéticas, respondendo a seguinte questão: *Partindo-se da atual estrutura produtiva nacional, qual a previsão setorial do consumo de eletricidade, petróleo e gás natural, refino de petróleo e coque e álcool para os anos futuros?*

Além dos aspectos já levantados que justificariam a realização dessa dissertação têm-se também as considerações quanto à combinação de metodologias a ser utilizada para responder a questão formulada acima, que corresponde a proposta de integração econometria + insumo-produto, sendo esta uma área de pesquisa ainda modesta, principalmente, na literatura nacional. Dentre as aplicações para o Brasil destacam-se como principais os trabalhos de Azzoni e Kadota (1997), IPLANCE (2001) e Mattos *et al* (2008). Sendo estes dois últimos aplicações para o setor energético.

No tocante a metodologia econométrica comumente empregada nos modelos integrados ditos econometria + insumo-produto, percebe-se a pouca utilização da moderna econometria de séries temporais, como, por exemplo, o modelo de auto-regressão vetorial (VAR) proposto inicialmente por Sims (1980). Como também, tem se dado pouca ênfase, por exemplo, aos problemas que podem vir a surgir com a não investigação quanto a estacionariedade ou não das séries temporais.

Quanto ao modelo de insumo-produto, haja vista que o mesmo será empregado para a realização de análise utilizando setores energéticos juntamente a não energéticos, Miller e

---

<sup>1</sup> Para detalhes ver, por exemplo, Caio e Bermann (1998).

Blair (1985) recomendam a utilização de matrizes de transações híbridas, em que as transações entre os setores energéticos são mensurados por uma unidade de medida característica e os setores não energéticos em valores monetários, como o faz a abordagem convencional.

A contribuição mais marcante que se pode perceber nesta dissertação poderá ser a da incorporação do bloco econométrico com a endogeneização<sup>2</sup> tanto de uma função consumo das famílias quanto de uma função investimento privado, o que tenderá a melhorar o processo de geração de dados para o bloco de insumo-produto. Como também, por se realizar as previsões para quatro fontes energéticas diferentes, desagregadas para um conjunto de 13 setores produtivos não-energéticos, partindo-se do nível de agregação da Matriz Insumo-Produto brasileira de 2005, divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Sendo assim, pode-se sintetizar alguns dos aspectos levantados acima em objetivos. Para objetivo geral, selecionou-se:

- Realização de previsões através de um modelo integrado Econometria + Insumo-Produto, para o Brasil, do consumo setorial de energia.

Como objetivos específicos, dessa dissertação, elencam-se os seguintes:

- Estimar a função investimento privado brasileiro a partir de um conjunto de teorias (modelos) econômicas, dentre elas a do modelo de acelerador flexível de investimentos e a teoria do investimento keynesiana, com suas respectivas variáveis representativas;
- Promover a endogeneização do consumo das famílias e do investimento privado no bloco econométrico para o processo de geração de dados que alimentará o bloco de insumo-produto da proposta de integração;
- Realizar previsões do consumo de eletricidade, petróleo e gás natural, refino de petróleo e coque e álcool, para a economia brasileira nos anos de 2006 a 2015, setorialmente, a partir da proposta de integração econometria + insumo-produto; e
- Avaliar o poder de previsão da proposta de integração econometria + insumo-produto, a partir da comparação entre os valores previstos e observados para o período de 2006 a 2008, e dessa maneira, buscar indícios da robustez das previsões realizadas.

---

<sup>2</sup> Esse processo de endogeneização corresponde a estimar uma função econométrica, que torne uma ou mais variáveis consideradas pelo modelo de insumo-produto como exógenas, em endógenas determinadas por uma ou mais combinações de variáveis explicativas. Para detalhes ver Rey (1999 e 2000).

A dissertação está organizada da seguinte forma: na seção 2, descreve-se brevemente o setor energético brasileiro; na seção 3, relata-se o modelo de Insumo-Produto, tanto da abordagem convencional como da híbrida; na seção 4, apresenta-se a Integração Econometria+Insumo-Produto, juntamente a uma breve descrição de algumas aplicações dessa metodologia para a economia brasileira; na seção 5, a construção da matriz Insumo-Produto híbrida brasileira para o ano de 2005; na seção 6, a descrição das metodologias; na seção 7, constam as previsões que foram fruto dessa proposta de integração, bem como os cenários que foram considerados; por fim, na seção 8, são apresentadas as conclusões da dissertação.

## 2 Setor Energético Brasileiro<sup>3</sup>

O estudo do setor energético brasileiro pode ser realizado em seus diversos aspectos, como por exemplo, pelo comportamento dos preços e/ou produção, pela composição das fontes energéticas que compõem a matriz energética brasileira, pela participação de fontes energéticas renováveis na oferta total, pela eficiência na utilização das fontes energéticas, dentre outras.

Sendo assim, se fará uso de alguns desses aspectos com o intuito de descrever, sucintamente, a situação do setor energético brasileiro. Inicia-se esse exercício, com a apresentação do gráfico 1, onde se observa o comportamento do nível de produção das principais fontes energéticas da matriz nacional, para o período de 1970 a 2007.

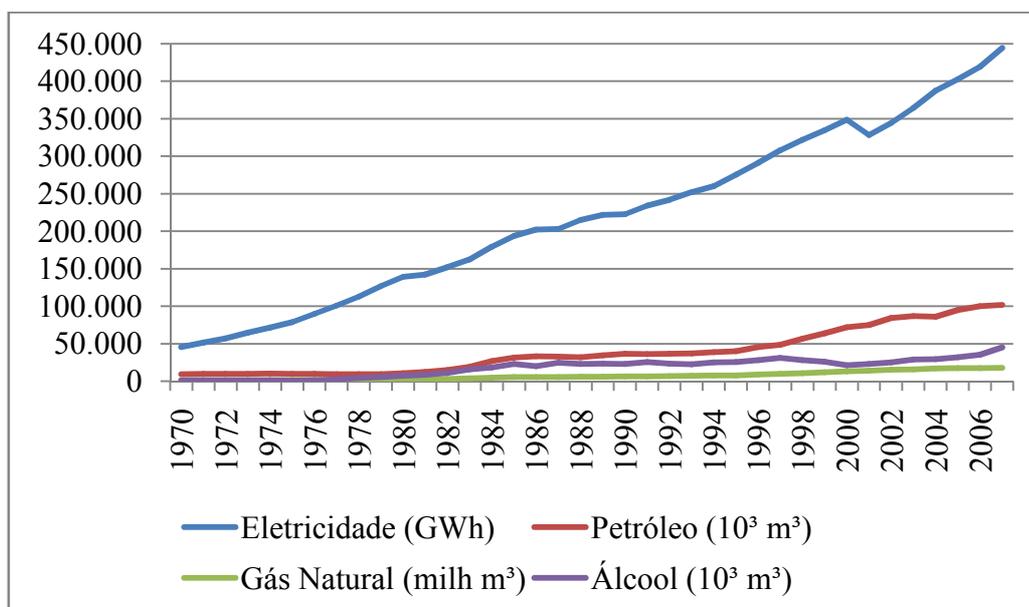


Gráfico 1 – Evolução da produção de fontes energéticas selecionadas - Brasil (1970-2007).

Fonte: BEN (2009).

O comportamento da produção de eletricidade, demonstrada no gráfico 1, permite constatar uma tendência ascendente para o período, com uma taxa média de crescimento anual de 6,4%, o que equivale a um crescimento de 871,9% entre 1970 e 2007. Esse

<sup>3</sup> Este capítulo está desenvolvido com base nas informações trazidas nos BEN's de 2008 e 2009, que possuem como ano base os anos de 2007 e 2008, respectivamente. De acordo com Pinto Júnior *et al* (2007) o Balanço Energético Nacional "é um quadro contábil que procura descrever os fluxos energéticos ao longo de um sistema energético".

comportamento ascendente, contudo, apresenta uma exceção, que se deu com a deflagração da crise do setor elétrico ocorrida em 2001, que correspondeu a uma redução da produção em -5,8%, relativamente ao ano de 2000.

Porém, também se percebe que o comportamento do setor retorna a sua tendência de crescimento a partir de 2002, tendo apresentado para os anos de 2002 a 2007 uma taxa média de crescimento anual de 5,2%.

Para o petróleo, a taxa de crescimento média anual foi de 7,0% no período, o que corresponde a ter crescido 967,3% do ano de 1970 ao de 2007. Contudo, esse comportamento não se distribui igualmente durante os anos analisados, pois, para o intervalo de 1971 a 1979 a taxa média de crescimento anual foi de apenas 0,1%, enquanto que entre 1996 a 2007 a média de crescimento anual foi de 8,2%, mesmo tendo apresentado para o ano de 2004, uma taxa de crescimento negativa de -0,9%.

O setor petróleo apresentou em um intervalo temporal relativamente curto, entre 1981 e 1985, taxas médias de crescimento bastante expressivas, com uma taxa média de crescimento anual de 24,9%, que representa que o setor mais que duplicou seu nível de produção num intervalo de apenas 4 anos.

O gás natural aumentou sua produção em 1.336,0% entre os anos de 1970 e 2007, o equivalente a uma taxa média de crescimento da ordem de 7,8% ao ano. O período com as maiores taxas de crescimento foi de 1980 a 1985, sendo média de 19,5%. Foram observadas taxas de crescimento negativas para os anos de 1971, 1973 e 1979, sendo elas de respectivamente, -6,8%, -4,9% e -1,8%.

Dentre os setores energéticos, o álcool apresentou as maiores taxas de crescimento, sendo ela em média de 12,2%, que fez o setor crescer sua produção em 3.509,1% de 1970 a 2007. No entanto, dentre os setores foi o que apresentou o comportamento mais oscilante, com a ocorrência em diversos períodos de taxas de crescimento negativas.

A taxa de crescimento média anual bastante expressiva de 12,2% foi bastante influenciada pelas taxas de crescimento observadas de 1976 a 1985, sendo ela em média de 37,5%, e neste intervalo, tem-se a taxa de crescimento de 116,2% no ano de 1977. Para se ter uma idéia, ao se expurgar esse intervalo do cálculo da taxa de crescimento média anual, a mesma passaria a ser de apenas 2,8%.

As informações trazidas pela produção dos setores energéticos no decorrer do tempo, apesar de bastante válidas, correspondem a uma medida absoluta, sendo de certa maneira não plenamente adequada para avaliações de evolução do setor, pois, poderia se ter, por exemplo,

taxas de crescimento populacionais acima das taxas de crescimento dos setores energéticos, fazendo cair a oferta de energia por habitante.

Dessa forma, acredita-se que o Indicador de Intensidade Energética apresentado no BEN de 2009 permitirá uma melhor observação da evolução do setor energético brasileiro para o período de 1970 a 2008, estando disponíveis no gráfico 2 dois indicadores de intensidade energética, sendo eles a Oferta Interna de Energia *per capita* e a Oferta Interna de Energia por PIB.

Basicamente, pode-se considerar a Oferta Interna de Energia *per capita* como um indicador da disponibilidade de energia total, e a Oferta Interna de Energia por PIB como um indicador da eficiência<sup>4</sup> na utilização das fontes energéticas, tendo-se em vista a predominante utilização das fontes energéticas nos processos produtivos.

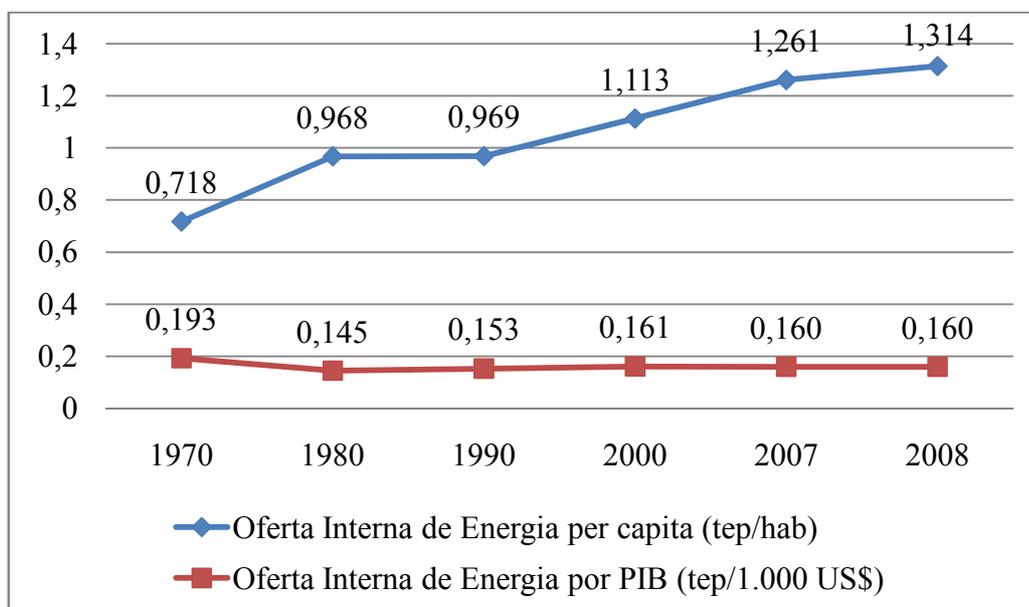


Gráfico 2 – Intensidade Energética (1970-2008)

Fonte: BEN (2009).

Segundo diversos autores, como por exemplo, Pires, Gostkorzewicz e Giambiagi (2001), há uma relação estreita entre crescimento econômico e nível de utilização de fontes energéticas.

<sup>4</sup> Obviamente que tal suposição é bastante restrita, dada as diversas possibilidades de combinações entre fontes energéticas, as respostas dos e aos preços dessas possíveis modificações, bem como as estruturas de oferta de cada uma das fontes energéticas disponíveis na economia brasileira.

Com base nesta hipótese, o gráfico 2 permite observar que a década de 80, a chamada década perdida, que apresentou taxas de crescimento do PIB bastante modestas, foi acompanhada por um não crescimento do consumo de fontes energéticas *per capita*, informação essa não perceptível no nível de produção exposto acima.

Quanto a observação de todo o período, pode-se perceber um crescimento significativo da Oferta Interna de Energia *per capita*, tendo a mesma passado de 0,718 tep por habitante em 1970 para 1,314 em 2008. Sendo assim, a disponibilidade energética tem crescido possibilitando modificações nos padrões de utilizações de fontes energéticas, tanto em termos de processos produtivos, como também, quanto ao uso “doméstico”, o que poderia representar certa melhoria nos padrões de consumo da sociedade.

Buscando-se identificar modificações estruturais no setor energético brasileiro, uma informação também válida é a avaliação da participação das fontes energéticas renováveis na Oferta Interna de Energia no decorrer do tempo. Da disponibilidade de dados referentes as últimas quatro décadas, reportadas no BEN de 2009, foi possível perceber uma redução na utilização de fontes renováveis na Oferta Interna de Energia brasileira, que passou de 58,4% em 1970 para 45,3% em 2008.

Quanto a Oferta Interna de Energia por PIB, observa-se uma redução significativa na utilização de energia para produzir uma unidade do produto entre os anos de 1970 e 1980, tendo passado de 0,193 tep por mil US\$ para 0,145 tep por mil US\$<sup>5</sup>. Porém, entre os anos de 1980 e 2000 a necessidade de energia por unidade de produto apresentou elevação, alcançando 0,153 em 1990 e 0,161 em 2000, valor próximo ao de 2008, que foi de 0,160.

Informações também bastante relevantes para a caracterização do setor energético brasileiro correspondem a composição da matriz energética, em relação as diversas fontes energéticas disponíveis, tanto em termo de Oferta Interna como de consumo final. Sendo assim, serão apresentadas, separadamente, as participações das diversas fontes energéticas para o ano de 2008, que, apesar de se restringir a apenas um ano, permitirá a identificação das principais fontes energéticas para a economia brasileira atual.

---

<sup>5</sup> Duas hipóteses básicas podem ser levantadas quanto a representatividade desse resultado. Primeiro, pode-se pensar quanto as diferenciações existentes entre os níveis de eficiência das diversas fontes energéticas, e que seria possível supor uma combinação entre essas fontes energéticas no ano de 1980 que fosse mais eficiente globalmente, do que a combinação utilizada no ano de 1970. E em segundo, menos realista, a de que mesmo com a capacidade de substituição de fontes energéticas por outros insumos, relativamente aos processos produtivos, ser pequena, houve essa substituição significativamente. Sendo assim, prefere-se acreditar que houve uma melhoria na eficiência da utilização das fontes energéticas, o que ligaria a primeira hipótese com a própria modificação dos processos produtivos, que o tornassem menos dependentes de energia.

No gráfico 3, apresenta-se as participações em termos da Oferta Interna de Energia para o Brasil no ano de 2008.

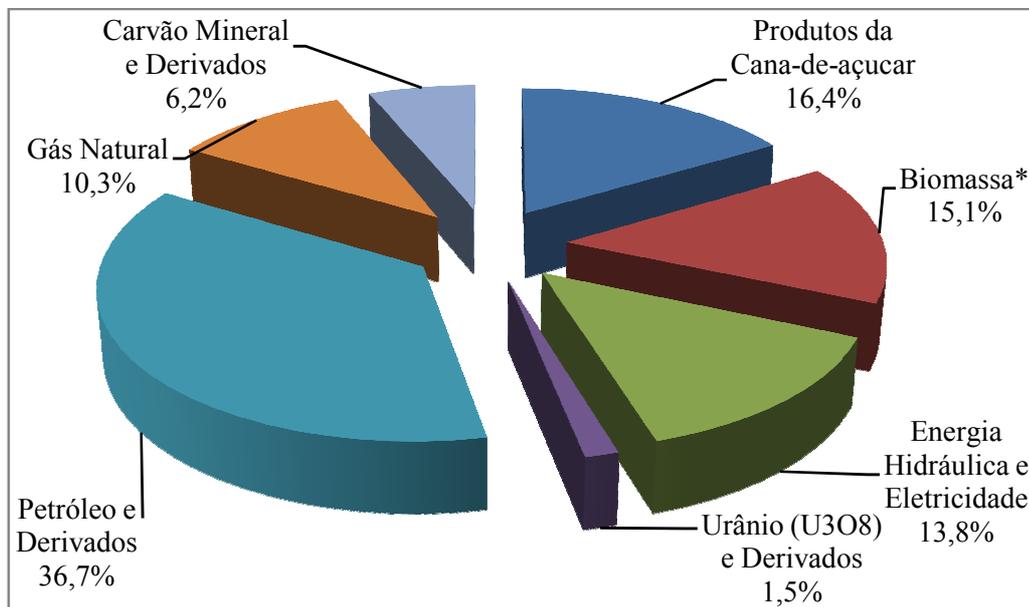


Gráfico 3 – Oferta Interna de Energia – Participação (2008)

Fonte: BEN (2009).

Nota: \* Inclui lenha, carvão vegetal e outras renováveis.

De acordo com essas informações é possível perceber uma elevada concentração da Oferta Interna em fontes fósseis de energia, como é o caso do petróleo, gás natural e carvão mineral. Esses três setores, conjuntamente, responderam no ano de 2008 por 53,2% da Oferta Interna de Energia total. Destes, há o predomínio da fonte petróleo e derivados, que sozinho participa com 36,7% da Oferta Interna de Energia total.

Outros pontos a serem ressaltados é a participação das fontes produtos da cana-de-açúcar, com 16,4%, e a biomassa, com 15,1%, na Oferta Interna de Energia total. Já a fonte energia hidráulica e eletricidade participa com apenas 13,8% da Oferta Interna de Energia total.

O Brasil, mesmo possuindo a sexta maior reserva de urânio do mundo, insumo básico das usinas term nucleares, apresenta uma participação relativamente modesta dessa fonte energética na Oferta Interna de Energia total, sendo esta de apenas 1,5%.

Quanto a participação das diversas fontes energéticas em termos do consumo final, o BEN de 2009 reporta dados interessantes sobre essa composição para o ano de 2008, sendo essas informações apresentadas no gráfico 4:

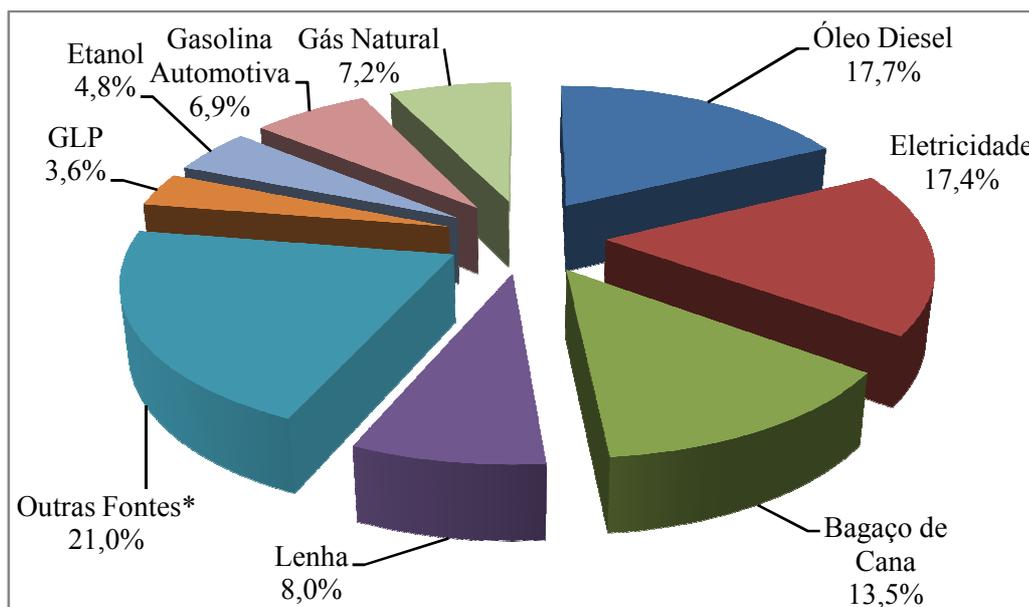


Gráfico 4 – Consumo Final Energético por Fonte – Participação (2008)

Fonte: BEN (2009).

Nota: \* Inclui lixívia, óleo combustível, gás de refinaria, coque de carvão mineral e carvão vegetal, dentre outros.

Pela estratificação utilizada pelo BEN de 2009 pode-se constatar o predomínio dos derivados do petróleo no consumo final brasileiro, fato este também verificado quanto a Oferta Interna de Energia.

Considerando as fontes energéticas secundárias isoladamente, a com maior participação foi o óleo diesel, 17,7%, seguida pela eletricidade, 17,4%. Dentre estas, uma que traz certa surpresa corresponde a elevada participação da fonte bagaço de cana, com 13,5%, bem como a lenha, com 8%, ou seja, conjuntamente a lenha e o bagaço da cana respondiam por nada menos do que 21,5%, quase um quarto do consumo final energético brasileiro.

Passando-se a considerar o consumo final de energia por setor para o ano de 2008, segundo dados reportados no BEN de 2009, tem-se que o setor não-energético de maior importância corresponde ao Industrial, dada uma participação de 39,6%, seguido em ordem decrescente da participação pelos setores de Transportes (29,1%), Energético<sup>6</sup> (11,2%), Residencial (10,8%), Agropecuário (4,6%), Comercial (2,9%) e Público (1,7%).

Para o setor Industrial, as principais fontes energéticas são, respectivamente, eletricidade (20,3%), bagaço de cana (18,8%), carvão mineral (12,5%) e gás natural (10%). Com relação ao setor de Transporte, a importância relativa das fontes energéticas se modifica

<sup>6</sup> Agrega os centros de transformação e/ou processos de extração e transporte interno de produtos energéticos, na sua forma final.

drasticamente, com relação ao setor Industrial, tendo como principal fonte energética o óleo diesel (50,3%), seguida pela gasolina automotiva (23,6%) e álcool hidratado (11%).

Dentre os demais setores considerados, percebe-se a concentração de utilização em apenas uma fonte energética, pois, têm-se para os setores Comercial, Agropecuário e Energético, as seguintes fontes energéticas como predominantes, eletricidade (86,6%), óleo diesel (56,7%) e bagaço de cana (53,5%). Contrário a esta constatação tem-se o setor Residencial, que apresenta as seguintes fontes energéticas como principais, eletricidade (35,6%), lenha (34,6%) e GLP (26,5%).

### 3 Análise de Insumo-Produto

A análise de Insumo-Produto tem a característica preponderante de considerar o processo de interdependência entre os setores de atividade econômica existente numa economia. O principal expoente quanto ao desenvolvimento da análise (teoria) de insumo-produto foi o economista Wassily Leontief (1906-1989), que possuía como característica relevante a de ligação entre teoria e empirismo presente na análise de insumo-produto.

Tratando-se da origem desse método de análise podem ser encontrados resquícios nos escritos de autores como Willin Petty (1623-1687) e Richard Cantillon (1697-1734), sendo os mesmos considerados os seus precursores. Dando ênfase aos desenvolvimentos de Leontief pode-se, como o próprio autor considerou, observar estrita ligação com o Tableau Economique desenvolvido por François Quesnay (1694-1774), que tinha por interesse apresentar, esquematicamente, a ligação entre os setores da economia, tendo a sua primeira versão surgido por volta do ano de 1750.

A Leontief deve-se, principalmente, o desenvolvimento dos primeiros trabalhos de organização, formalização e aperfeiçoamento da análise de insumo-produto. O autor foi influenciado por Léon Walras (1834-1910) ao buscar expressar o conjunto de inter-relações presente na economia através de um conjunto de equações lineares. No entanto, diferentemente deste, Leontief conduziu a análise de interdependência intersetorial (insumo-produto) a um nível de aplicabilidade concreta, tornando-a uma ferramenta adequada para análises empíricas.

Segundo Leontief (1988) a análise de insumo produto *“é uma adaptação da teoria neoclássica do equilíbrio geral para o estudo empírico da interdependência quantitativa entre atividades econômicas inter-relacionadas”*. Dessa forma, há a necessidade de se buscar mensurar e expressar a interdependência entre os setores pertencentes à economia através de informações estatísticas detalhadas, expressando o conjunto de compras e vendas dos bens e serviços produzidos, sendo este um problema prático sério na construção da análise de insumo-produto. Leontief dedicou boa parte de sua pesquisa ao desenvolvimento e detalhamento dos métodos para se obter informações estatísticas compatíveis com a teoria de insumo-produto.

A partir de um conjunto de informações estatísticas detalhadas que descrevam as relações entre os setores, os componentes da demanda final (formação bruta de capital fixo (FBCF), exportações (EX), variação de estoques (VE), consumo do governo (CG) e consumo

das famílias (CF)) e a conta de renda e importações, a análise de insumo-produto descreve essa interdependência através da Tabela de Transações, que apresenta dados para um dado intervalo de tempo (comumente o ano civil) e num dado padrão de medida, a exemplo, unidades físicas ou valores monetários. Leontief (1988) argumenta que há uma incapacidade de agregação significativa quando a expressão dos fluxos intersetoriais se dá em unidades físicas, surgindo a preferência de expressá-los em valores monetários, podendo essa Tabela de Transações resultante ser interpretada com um sistema de Contas Nacionais.

Para um melhor entendimento da Tabela de Transações e sua relação com um sistema de Contas Nacionais, podemos utilizar o exemplo apresentado em Miller e Blair (1985) para uma economia hipotética com dois setores, sendo seu funcionamento descrito pela tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de Transações para uma economia hipotética com dois setores.

		Setores		Demanda Final			Produção Total	
		1	2	(Y)			(X)	
Setores	1	$z_{11}$	$z_{12}$	$C_1$	$I_1$	$G_1$	$E_1$	$X_1$
	2	$z_{21}$	$z_{22}$	$C_2$	$I_2$	$G_2$	$E_2$	$X_2$
Remunerações (W)	Valor Adicionado (W)	$L_1$	$L_2$	$L_C$	$L_I$	$L_G$	$L_E$	$L$
		$N_1$	$N_2$	$N_C$	$N_I$	$N_G$	$N_E$	$N$
		$M_1$	$M_2$	$M_C$	$M_I$	$M_G$	$M_E$	$M$
Produção Total (X)		$X_1$	$X_2$	$C$	$I$	$G$	$E$	$X$

Fonte: Elaboração própria com base em Miller e Blair (1985), pag. 9.

Onde:  $X$  corresponde ao produto total;  $Y$  a demanda final;  $z_{ij}$  representa as vendas do setor  $i$  ao setor  $j$  para realização da produção do setor  $j$ ;  $C$  o consumo das famílias;  $I$  a formação bruta de capital fixo ou, simplesmente, investimento;  $G$  o consumo do governo;  $E$  as exportações;  $L$  a remuneração do trabalho;  $N$  todos os demais componentes do valor adicionado; e  $M$  são as importações.

Dessa Tabela de Transações, doravante chamada de Tabela de Insumo-Produto, podemos esboçar duas linhas de interpretação. Iniciando-se com a representação do sistema de inter-relações de uma economia com base em um conjunto de equações lineares,

estendendo o exemplo acima para uma economia com  $n$  setores, constata-se que para o setor  $i$  o valor da Produção Total  $X$  pode ser expresso da seguinte maneira:

$$X_i = z_{i1} + z_{i2} + \dots + z_{in} + C_i + I_i + G_i + E_i = z_{i1} + z_{i2} + \dots + z_{in} + Y_i, \quad (1)$$

Dado que  $Y_i = C_i + I_i + G_i + E_i$ .

Expandindo essa argumentação para os  $n$  setores chega-se a um conjunto de  $n$  equações, uma para cada setor, como apresentado abaixo:

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

Para a teoria do insumo-produto, é dada ênfase nas relações intersetoriais, expressas pelos elementos  $z_{ii}$ , que identificam os requerimentos diretos, em termos de insumos, para cada setor em termos dele mesmo e dos demais para que produza dada quantidade de produto. Será a frente desenvolvida em detalhes esse aspecto, que corresponde ao embrião da teoria do insumo-produto.

A segunda interpretação corresponde a obtenção do sistema de Contas Nacionais a partir da Tabela de Insumo-Produto, como descrito em Miller e Blair (1985), que ocorre a partir da utilização de identidades macroeconômicas presentes na Tabela de Insumo-Produto. Para tanto, fazendo-se uso das informações apresentadas na tabela 1, podemos apresentar as seguintes identidades macroeconômicas:

$$X = X_1 + X_2 + L + N + M \text{ e } X = X_1 + X_2 + C + I + G + E \quad (3)$$

Dessa forma pode-se observar que

$$L + N + M = C + I + G + E \text{ ou } L + N = C + I + G + (E - M) \quad (4)$$

Sendo assim, dado que a Renda Nacional corresponde ao Valor Adicionado, ou seja,  $W = L + N$ , chega-se ao total de remunerações dos fatores de uma economia com a utilização da Tabela de Insumo-Produto da mesma. No entanto, há de se ressaltar, como destacado por Feijó *et al* (2004), que a própria construção da Tabela de Insumo-Produto está de acordo com as seguintes identidades macroeconômicas:

*Produção*  $\equiv$  *consumo intermediário* + *valor adicionado*

*Produção*  $\equiv$  *consumo intermediário* + *consumo final* – *importações* (5)

*Valor adicionado*  $\equiv$  *total de remunerações dos fatores*

Retornando-se a análise de interdependência intersetorial, a teoria de insumo-produto parte da consideração de alguns pressupostos, sendo os mais relevantes os seguintes: equilíbrio geral na economia a um dado nível de preços, o que corresponde a aceitar como hipótese que a economia encontra-se sempre em equilíbrio; retornos constantes de escala, ou seja, se a utilização de insumo dobrar o nível de produção também o fará, fato este representado pelos coeficientes técnicos fixos e funções de produção lineares e homogêneas; e preços constantes.

Para representar numericamente a interdependência intersetorial observada empiricamente através dos dados à análise de insumo-produto, faz-se uso do consumo intermediário para a obtenção dos coeficientes técnicos  $a_{ij}$  que são calculados por

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{X_j} \quad (6)$$

Sendo o mesmo interpretado como o valor de insumo do setor  $i$  necessário para que o setor  $j$  produza uma unidade de seu produto, correspondendo desta maneira aos requerimentos diretos de insumos relativamente a produção. Da equação acima se pode, facilmente, inferir que  $z_{ij} = a_{ij}X_j$ . Sendo assim, o sistema de equações lineares apresentado acima poderá ser reescrito da seguinte maneira:

$$\begin{aligned}
X_1 &= a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1i}X_i + \dots + a_{1n}X_n + Y_1 \\
X_2 &= a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2i}X_i + \dots + a_{2n}X_n + Y_2 \\
&\vdots \\
X_i &= a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ii}X_i + \dots + a_{in}X_n + Y_i \\
&\vdots \\
X_n &= a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \dots + a_{ni}X_i + \dots + a_{nn}X_n + Y_n
\end{aligned} \tag{7}$$

Deste, tem-se que

$$\begin{aligned}
X_1 - a_{11}X_1 - a_{12}X_2 - \dots - a_{1i}X_i - \dots - a_{1n}X_n &= Y_1 \\
X_2 - a_{21}X_1 - a_{22}X_2 - \dots - a_{2i}X_i - \dots - a_{2n}X_n &= Y_2 \\
&\vdots \\
X_i - a_{i1}X_1 - a_{i2}X_2 - \dots - a_{ii}X_i - \dots - a_{in}X_n &= Y_i \\
&\vdots \\
X_n - a_{n1}X_1 - a_{n2}X_2 - \dots - a_{ni}X_i - \dots - a_{nn}X_n &= Y_n
\end{aligned} \tag{8}$$

Com o sistema de equações lineares resultante, passa-se a perceber a análise de insumo-produto em termos de sua mais geral e simples utilização, que é a de estabelecer o nível de produto compatível com dado nível de demanda final. Para responder a esta pergunta, a primeira consideração que se deve fazer é se esse sistema de equações lineares pode ser resolvido, e caso positivo, se a solução é única.

Para tal, rearranjando os termos do sistema de equações lineares acima, temos:

$$\begin{aligned}
(1 - a_{11})X_1 - a_{12}X_2 - \dots - a_{1i}X_i - \dots - a_{1n}X_n &= Y_1 \\
-a_{21}X_1 + (1 - a_{22})X_2 - \dots - a_{2i}X_i - \dots - a_{2n}X_n &= Y_2 \\
&\vdots \\
-a_{i1}X_1 - a_{i2}X_2 - \dots + (1 - a_{ii})X_i - \dots - a_{in}X_n &= Y_i \\
&\vdots \\
-a_{n1}X_1 - a_{n2}X_2 - \dots - a_{ni}X_i - \dots + (1 - a_{nn})X_n &= Y_n
\end{aligned} \tag{9}$$

Pode-se descrever a análise de insumo produto em termos matriciais, partindo do sistema de equações lineares acima. Deste, adota-se a seguinte representação matricial:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1i} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2i} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{ni} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}, e I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Onde a matriz quadrada  $A$  de dimensão  $n \times n$  corresponde a matriz de coeficientes técnicos, que nos oferece um retrato da estrutura produtiva de uma economia por descrever a estrutura de origens e destinos dos recursos. O vetor coluna  $X$  de dimensão  $n \times 1$  descreve a produção total; o vetor coluna  $Y$  de igual dimensão, a demanda final; e a matriz quadrada  $I$  com dimensão  $n \times n$  em que todos os elementos da diagonal principal sejam 1's e todos os demais elementos sejam zeros que corresponde a uma matriz identidade. Desses componentes pode-se descrever todo o sistema de equações lineares acima em sua forma matricial abreviada:

$$(I - A)X = Y \quad (11)$$

Resolvendo-a para o nível de produção total  $X$  que seja compatível com um dado nível de demanda final  $Y$ , passa-se a ter:

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (12)$$

A matriz  $(I - A)^{-1}$  da equação acima, chamada de matriz de impacto de Leontief (*inversa de Leontief*) ou matriz de coeficientes técnicos diretos mais indiretos, corresponde ao principal elemento da teoria do insumo-produto, por descrever os requerimentos totais (diretos e indiretos) de insumos para o modelo aberto<sup>7</sup> de Leontief, sendo a demanda final  $Y$  assumida como exógena.

Com isso, tem-se que a matriz  $(I - A)^{-1}$ , diferentemente da matriz de coeficientes técnicos diretos  $A$ , se propõe a captar toda a rede de encadeamento presente na economia em termos de requerimentos de insumos. Para melhor esclarecer esse aspecto, pode-se considerar que quando ocorre um aumento da demanda, a produção tende a responder em estágios sucessivos a depender do nível de encadeamento da economia expresso pelos coeficientes técnicos. Por primeiro estágio, entende-se como o processo de demanda por insumos diretos

---

<sup>7</sup> Por modelo aberto de Leontief entenda-se a realização da análise de insumo-produto considerando o consumo e a renda das famílias como sendo exógenas entre si, com isso, não é captado o efeito induzido nesta análise, restringindo-se aos requerimentos diretos e indiretos.

para atender o setor originalmente demandado, mas, ao demandar insumo de outros setores e dele mesmo a demanda original provoca um efeito de encadeamento sobre a produção dos setores que se darão por outras rodadas sucessivas.

Para identificar a resposta no primeiro estágio tem-se que ela corresponde ao termo  $(I + A^1)$  que equivale a necessidade de insumo dos respectivos setores relativamente a ele mesmo e para todos os demais (caso todos os  $a_{ij} > 0$ ). Estendendo para  $n$  rodadas teremos  $(I + A^1 + A^2 + \dots + A^n)$ .

Segundo Miller e Blair (1985), a prova que a inversa de Leontief corresponde a um método de análise robusto quanto à mensuração dos requisitos diretos e indiretos pode ser observada pela seguinte constatação:

$$(I - A)(I + A^1 + A^2 + \dots + A^n) = (I + A^{n+1}) \quad (13)$$

Dado que a matriz  $A$  possui apenas elementos no intervalo de  $0 \leq a_{ij} < 1$ , pode-se concluir que quando  $n \rightarrow \infty$  o termo  $A^{n+1} \rightarrow 0$ , o que corresponderia a medir os impactos em rodadas sucessivas até que não seja observado mais nenhum efeito na produção dos setores, fazendo com que  $(I - A)(I + A^1 + A^2 + \dots + A^n) = (I)$ . Dessa expressão, chega-se a conclusão que

$$(I - A)^{-1} = (I + A^1 + A^2 + \dots + A^n) \quad (14)$$

Vale ressaltar que  $X = (I - A)^{-1}Y$  só pode ser resolvido caso  $|I - A| \neq 0$ . Além disso, Raa (2005) destaca, adicionalmente, que uma condição necessária e suficiente para que o sistema apresente solução e esta seja única é que o somatório de cada coluna da matriz de coeficientes técnicos diretos  $A$  seja menor que a unidade ( $\sum_{i=1}^n a_{ij} < 1, \forall j$ ).

### 3.1 Análise de Insumo-Produto Híbrida

Como destacado por Miller e Blair (1985), para a análise utilizando setores energéticos juntamente a não energético, que corresponde a proposta dessa pesquisa, é recomendada a utilização de matrizes de transações híbridas, em que as transações dos setores energéticos são mensurados por uma unidade de medida física (tep), e os setores não

energéticos em valores monetários. Dessa maneira, a análise de insumo-produto apresenta modificações, como por exemplo, a soma dos elementos de uma mesma coluna não necessariamente será menor que a unidade.

O procedimento para se obter a matriz de transações híbrida, a partir da convencional, se dá pela simples substituição das linhas em valores monetários dos setores energéticos pelos seus respectivos valores em unidades físicas.

Para exemplificar a análise de insumo produto híbrida, pode-se observar algumas considerações apontadas por Miller e Blair (1985) para o caso hipotético de apenas dois setores, sendo um energético e o outro não energético. Partindo-se das matrizes da análise convencional, com a substituição dos valores monetários por unidades físicas relativamente as linhas correspondentes aos setores energéticos, mantidos os demais elementos em unidades monetárias, chega-se as seguintes representações:

$$Z^* = \begin{bmatrix} tep & tep \\ \$ & \$ \end{bmatrix}; Y^* = \begin{bmatrix} tep \\ \$ \end{bmatrix}; \text{ e } X^* = \begin{bmatrix} tep \\ \$ \end{bmatrix}. \quad (15)$$

Sendo  $X^*$  o produto total,  $Y^*$  a demanda final e  $Z^*$  representando as vendas do setor  $i$  ao setor  $j$  para realização da produção do setor  $j$ .

Dessas se chega da seguinte maneira a matriz de coeficientes técnicos (requerimentos diretos), expressa por  $A^*$ :

$$A^* = \frac{Z^*}{X^*} = \begin{bmatrix} \frac{tep}{\$} & \frac{tep}{\$} \\ \frac{tep}{\$} & \frac{tep}{\$} \end{bmatrix} \quad (16)$$

Para a obtenção dos requerimentos totais (diretos mais indiretos) empreende-se o mesmo procedimento da análise de insumo-produto convencional, utilizando-se das matrizes e vetores em unidades híbridas, para se chegar a inversa de Leontief, utilizando-se, para tanto, da fórmula já conhecida  $(I - A^*)^{-1}$ .

Com o intuito de isolar os requerimentos em termos de unidades físicas das em valores monetários Miller e Blair (1985) utilizam o vetor coluna  $F^*$  que representa o consumo total de energia por setor, como exemplificado abaixo:

$$F^* = \begin{bmatrix} tep \\ 0 \end{bmatrix} \quad (17)$$

A partir desse vetor coluna, juntamente as matrizes anteriormente apresentadas, os autores recomendam os seguintes procedimentos em álgebra matricial para a obtenção das matrizes em unidades físicas de requerimentos diretos (18) e requerimentos totais (19), respectivamente:

$$\delta = F^*(\hat{X}^*)^{-1}A^* \quad (18)$$

$$\alpha = F^*(\hat{X}^*)^{-1}(I - A^*)^{-1} \quad (19)$$

Haja vista que a matriz  $A^*$  corresponde a matriz de requerimentos diretos (coeficientes técnicos) e  $(I - A^*)^{-1}$  a matriz de requerimentos totais (matriz inversa de Leontief). Sendo assim, o que se faz é simplesmente desconsiderar das respectivas matrizes da análise de Insumo-Produto, os valores das linhas dos setores não energéticos (os não expressos em unidades físicas).

### 3.2 Matriz Insumo-Produto Brasileira

Para a realização da análise de insumo-produto foram coletadas juntamente ao *sítio* do IBGE as informações da publicação da Matriz Insumo-Produto para o ano 2005. Para o cálculo e manipulações foram utilizados os dados da Oferta e Demanda da produção a preço básico, compreendendo inicialmente uma matriz retangular com 55 atividades (setores) econômicas e 110 produtos.

Tratando-se da determinação da estrutura de insumos, o IBGE (2008) traz duas hipóteses, a saber: a tecnologia do produto, em que “a tecnologia é uma característica de cada produto, independente da atividade”; e a tecnologia do setor, em que “a tecnologia é uma característica das atividades, isto é, a tecnologia para a produção dos produtos é aquela da atividade que os produz”.

Dessas hipóteses faz-se a escolha pela tecnologia do setor, pois, como apontado pelo IBGE (2008) ela se presta melhor as análises de relações intersetoriais, bem como porque ao

se ter um número de produtos maior que o de atividades restringe a opção a modelos de cálculo pela tecnologia do setor.

Na descrição acima da Teoria de Insumo-Produto básica espera-se ter ficado claro que a matriz de coeficientes técnicos  $A$  corresponde a uma matriz quadrada, e que relacionando com o que foi dito, tem-se como resultado dos cálculos pela tecnologia do setor que a matriz resultante será uma atividade por atividade (setor por setor), onde o número de setores considerado determinará a dimensão da matriz  $A$ .

Caso fosse utilizado o nível de desagregação dos setores como o traz a tabela de Oferta e Demanda da produção a preço básico, a matriz de coeficientes técnicos  $A$  teria uma dimensão  $55 \times 55$ . No entanto, como o objetivo dessa dissertação corresponde a realizar uma previsão do consumo de algumas fontes energéticas, faz-se necessário a compatibilização dos dados da tabela de Oferta e Demanda da produção a preço básico com os dados disponibilizados pelo Balanço Energético Nacional (BEN) para o mesmo período.

Dessa forma, foram realizados procedimentos com os dados do IBGE que possibilitasse a agregação de setores compatíveis com os do BEN. Para o BEN de 2005 foram disponibilizados dados para 13 setores não-energéticos e para os setores energéticos são 9 quanto as fontes de energia primária e 15 para as fontes de energia secundária. No entanto, tratando-se dos setores energéticos, temos que compatibilizá-los com as informações presentes na tabela de Oferta e Demanda da produção a preço básico, o que reduziu o número de setores energéticos para quatro.

Como resultado desse processo de compatibilização será desenvolvido o bloco de insumo-produto com uma Matriz de Coeficientes Técnicos de dimensão  $17 \times 17$ , sendo destes, quatro setores energéticos e treze não-energéticos, como constam na tabela do apêndice 1.

#### **4 Integração Econometria + Insumo-Produto**

Na literatura econômica, há várias interpretações teóricas quanto à consideração de que um modelo seja integrado. Para Rey (2000) alguns consideram a integração quando há mais que um único processo substantivo em um contexto regional, que como exemplo, tem-se Briassoulis (1986), que combinou economia e meio ambiente ao nível regional e multiregional. Outros a consideram quando em uma mesma estrutura interagem múltiplas regiões, que corresponderia a modelos integrados espacialmente, e como exemplo, o trabalho de Jin e Wilson (1993). Por fim, aqueles que a consideram quando numa mesma estrutura de análise se combinam mais de uma modelagem.

Para os fins dessa dissertação será adotada essa última interpretação, pois se fará uso das metodologias econométrica de séries temporais e a de insumo-produto híbrida estática numa mesma estrutura de análise, estando desta maneira dividida em dois blocos.

Segundo Rey (1999), existem boas razões para que se integre as abordagens de econometria com insumo-produto, sendo a principal delas a suplantação de algumas das limitações das abordagens individualmente. Para referenciar suas argumentações o autor apresenta a tabela 2.

A integração apresenta motivações tanto teóricas quanto empíricas. As teóricas estão basicamente referenciadas acima, e como exemplo, pode-se destacar a limitação do bloco de insumo-produto quanto as suas hipóteses de tecnologia de produção linear, retornos constantes de escala, inflexibilidade aos preços, dentre outras, onde a integração com o bloco de econometria poderá mitigar algumas ou todas essas restrições. Por outro lado, o bloco de econometria não apresenta o nível de desagregação setorial compatível com o de insumo-produto, fazendo surgir a possibilidade de ganhos ao bloco de econometria com a incorporação das informações apresentadas pelo bloco de insumo-produto para avaliações e comportamento setorial e estrutural.

Tabela 2 - Características comparativas dos modelos de Insumo-Produto (IP), Econometria (EC) e Econometria + Insumo-Produto (EC+IP).

Características	IP	EC	EC+IP
Dinâmica		√	√
Desagregada	√		√
Sensível ao preço		√	√
Análise de impacto	√	√	√
Impulsionado pela demanda	√	√	√
Previsão		√	√
Inferência		√	?
Multiregional	√	√	?

Fonte: Rey (1999), pag. 3.

Ambas as abordagens apresentam a natureza macroeconômica, mas uma distinção deve ser considerada quanto ao aspecto de que o insumo-produto ser essencialmente de equilíbrio geral (mesmo ao assumi-lo por hipótese), quanto à econometria pode-se considerá-la como adequada para análise de desequilíbrio, dada a sua natureza de ajustamentos.

Da tabela 2, observa-se que os dois últimos pontos não apresentam um contexto definitivo de vantagem quanto a abordagem de integração. Para o caso da inferência temos que a integração pode não ser adequada dado que o bloco de insumo-produto corresponde a uma estrutura de análise determinística não associada à incerteza, enquanto que a de econometria é estocástica.

Quanto ao aspecto de multiregional, temos que ambas as abordagens podem ser analisadas dessa forma, porém, ambas não podem coexistir numa mesma estrutura de análise, ou seja, deve-se selecionar qual das duas abordagens é preferível. No entanto, para este aspecto não será dado ênfase nesta dissertação, por se tratar a análise a partir de uma única região, o Brasil.

Passando-se a considerar as motivações práticas, são apontadas por Rey (1999) três, sendo elas: melhor desempenho de previsão; capacidades de análise de impacto mais inclusivas; e preocupações de erro de medida. A melhoria das previsões é justificada pelos resultados obtidos em estudos anteriores e referenciados pelo autor, como exemplo, Glennon *et al* (1987) e o de sua autoria, Rey (1998). Quanto às análises de impactos temos destaque ao

aspecto da dinamização promovida pelo bloco de econometria, juntamente ao nível de desagregação e mensuração de impactos diretos e indiretos do bloco de insumo-produto (aberto). Quanto a medida de erro temos a sua ocorrência elevada ao se empreender ao emprego de técnicas de regionalização para se obter a matriz de transação de uma região ou país.

Para a realização da integração Rey (1999) apresenta três estratégias de integração, sendo elas: ligação (linking), determinação mútua (embedding) e acoplagem (coupling). Para a estratégia de ligação um dos blocos da integração é tido como exógeno e será alimentado por dados gerados pelo outro bloco. Na literatura, a maioria dos estudos tratam o bloco de insumo-produto como exógeno, alimentado por dados gerados pelo bloco de econometria, dada a maior “liberdade” de especificações da econometria relativamente ao insumo-produto. Para ambas as estratégias de determinação mútua e acoplagem, os blocos são tidos como endógenos e desta maneira se alimentam reciprocamente, possuindo, no entanto, a estratégia de determinação mútua um mecanismo de retroalimentação completo, enquanto a de acoplagem é parcial.

A estratégia de integração adotada na presente dissertação é a de ligação, em que será estimado um modelo VAR (e/ou VEC) com a função consumo das famílias e a função investimento privado, que possibilitará a geração de dados para alimentar o bloco de insumo-produto. O processo de integração econometria + insumo-produto tem como mecanismo principal a utilização das seguintes identidades básicas:

$$X = AX + Y \quad (20)$$

$$Y = C + I + G + EL \quad (21)$$

Considerando  $n$  o número de setores que constituem o bloco de insumo-produto, tem-se que  $X$  é um vetor  $nx1$  do produto total,  $Y$  corresponde a um vetor  $nx1$  da demanda final,  $A$  é uma matriz quadrada  $nxn$  de coeficientes técnicos,  $C$  é um vetor  $nx1$  do consumo final das famílias,  $I$  é um vetor  $nx1$  do investimento agregado,  $G$  é um vetor  $nx1$  dos gastos do governo; e  $EL$  é um vetor  $nx1$  das exportações líquidas, que por sua vez corresponde ao saldo entre as exportações e importações ( $EL = X - M$ ).

Dessas identidades básicas o processo de integração ocorre através dos componentes da demanda final, sendo o canal mais comum deles o do consumo das famílias. Nesta

dissertação se fará uso de dois canais, sendo eles a do consumo das famílias  $C$  e do investimento agregado  $I$ , em que se empregarão, adicionalmente, outras variáveis macroeconômicas, como, por exemplo, a taxa de juros real e o crédito agregado ao setor privado.

A alimentação do bloco de insumo-produto será realizada com os dados gerados pelo bloco econométrico, a partir das variáveis selecionadas e a definição de cenários para as demais variáveis pertencentes a identidade macroeconômica básica, sendo construídos três cenários alternativos, e desta maneira se realizara três previsões alternativas para o consumo das seguintes fontes energéticas: petróleo e gás natural, refino de petróleo e coque, álcool e eletricidade.

#### **4.1 Algumas aplicações da Integração Econometria + Insumo-Produto<sup>8</sup>**

No Brasil, há poucos trabalhos em que houve a integração de econometria + insumo-produto. Os principais são Azzoni e Kadota (1997), IPLANCE (2001) e Mattos *et al* (2008).

Em Azzoni e Kadota (1997) a aplicação foi para a economia do Estado de São Paulo, com a utilização de uma base de dados para o período de 1970 a 1993, disponível por componentes da demanda final, produção setorial, emprego e valor adicionado. Utilizando-se para tanto do Método dos Mínimos Quadrados Ordinários.

Os autores tiveram como um dos seus objetivos criar um mecanismo de ajustamento dos coeficientes técnicos no decorrer do tempo, para melhorar o nível de precisão das previsões realizadas para os anos de 1994 a 2004, para diversas variáveis da economia paulista.

Azzoni e Kadota (1997) consideraram que as previsões realizadas foram razoáveis, e que, principalmente, o mecanismo de ajustamento dos coeficientes técnicos gerado, apresentou um nível de melhoria significativo nas previsões. Outras características marcantes do trabalho elencadas pelos autores foram: a conexão da economia paulista com a nacional e a realização de simulações dos efeitos de choques na economia regional.

Em IPLANCE (2001) foi construído um modelo similar, tendo como intuito avaliar os possíveis impactos do racionamento de energia elétrica, ocorrido em 2001, sobre a economia

---

<sup>8</sup> Restringi-se a apresentar resultados de aplicações para a economia brasileira. Para uma boa visão das aplicações em contexto internacional, recomenda-se a leitura de Rey (1998), Rey (2000) e Rey, West e Janikas (2004).

do Ceará, utilizando-se também do Método dos Mínimos Quadrados Ordinários. Para tanto, o mesmo fez uso de três cenários indicando níveis diferentes de consumo de energia elétrica, bem como, estimou um conjunto de regressões por setor. Mas precisamente, o trabalho propôs “identificar as reduções que poderão sofrer o produto interno bruto (PIB), o nível de emprego, as exportações, as importações, a arrecadação de impostos, especificamente o ICMS, e algumas qualificações sobre a inflação”.

Mas recentemente, tem-se as contribuições trazidas em Mattos *et al* (2008) que aplica o modelo integrado econometria + insumo-produto para realizar previsões de longo prazo para a demanda de energia para o Brasil, sendo essas anuais e para o período de 2005 a 2010. Estes autores fizeram uso da metodologia econométrica de modelos auto-regressão vetorial com ou sem mecanismo de correção de erros, juntamente a um modelo de insumo-produto aberto. As previsões foram produzidas com o emprego de dois cenários. Segundo os autores, o cenário expansionista seria o mais provável e que de acordo com as previsões realizadas a partir deste, haveria expectativa de ocorrer estrangulamento energético a partir do ano de 2009.

Contribuições adicionais também estão sendo identificadas na elaboração de dissertações de mestrado, a partir da integração de econometria + insumo-produto, com foco na análise no comportamento do(s) setor(es) energético(s). Nesta linha de atuação, têm-se, por exemplo, os trabalhos de Souza (2008) e Santiago (2009).

Souza (2008) traz a construção de modelos integrados econometria + insumo-produto a fim de “auferir variações no consumo de energia elétrica para Minas Gerais e o restante do Brasil provenientes da evolução das exportações”. O bloco de insumo-produto inter-regional híbrido utilizado foi obtido de atualizações de matrizes de insumo-produto inter-regional para Minas Gerais e restante do Brasil para os anos de 1997 a 2003. O bloco econométrico foi realizado com a aplicação de modelos de auto-regressão vetorial. De forma complementar, também adotou a construção de cenários.

Para realizar as previsões que o permitisse auferir os efeitos propostos, o autor considerou que apenas as exportações apresentariam variações, dentre os componentes da demanda final, ou seja, todos os demais foram mantidos constantes. Como resultante, constatou que todos os setores da economia passarão a consumir maiores níveis de energia elétrica com o passar dos anos. Dentre os setores, os que apresentaram os maiores níveis de dependência no uso de energia elétrica foram: o ferro e aço e extrativa mineral para Minas Gerais; química e alimentos e bebidas para o restante do Brasil.

Já Santiago (2009) utilizou a matriz de insumo-produto brasileira de 2005, tornando-a híbrida a partir de dados do BEN, integrado a modelos econométricos de auto-regressão vetorial com ou sem mecanismo de correção de erros para prover previsões da demanda por combustíveis no Brasil, para os anos de 2008 a 2017.

A autora antes de efetuar as previsões realizou uma avaliação da capacidade preditiva dos diferentes modelos estimados, a fim de selecionar o que apresentasse os melhores resultados, para utilizá-lo no modelo integrado. Outra particularidade foi a utilização de um modelo de calibragem aplicado sobre a inversa de Leontief, com a pretensão de elevar o poder preditivo.

Quanto as previsões, a autora construiu dois cenários alternativos que permitiram identificar uma elevação na demanda por combustíveis no Brasil. As previsões identificaram o setor Álcool como o setor com taxas de crescimento mais expressivas.

## 5 Construção da Matriz Insumo-Produto híbrida brasileira para o ano de 2005.

O desenvolvimento da matriz insumo-produto híbrida está vinculado à construção da matriz de transação expressa em valores monetários, ou seja, sua versão convencional. Dessa maneira, a substituição das informações em unidades físicas dos setores energéticos pelos respectivos valores monetários ocorre posteriormente a plena construção da matriz de insumo-produto convencional.

Da efetivação dos procedimentos, descritos acima, para a construção da matriz de transação foram observadas as compatibilidades entre as informações trazidas pela matriz de insumo-produto de 2005 publicada pelo IBGE com as do BEN para o mesmo ano, que permitiu a construção da matriz de transação presente no apêndice 2, estando esta expressa em R\$ 1.000.000. Para a transformação da matriz convencional em híbrida as informações do BEN utilizadas nesta dissertação estão expressas em 1.000 tep<sup>9</sup>.

Da matriz de transação convencional obtida, as informações em valores monetários das linhas correspondentes aos setores energéticos foram substituídas pelos respectivos valores em tep contidas no BEN, com exceção dos valores da sub-matriz de transação quadrada dos setores energéticos. Ou seja, a sub-matriz que descreve o comportamento intersetorial entre os setores energéticos, não pode ser obtida diretamente das informações trazidas pelo BEN, haja vista a ausência de informações do consumo de cada fonte energética respectivamente as demais fontes energéticas, que estão consolidadas na categoria “setor energético”.

Sendo assim, para que não se procedesse a obtenção dos coeficientes técnicos com apenas informações na diagonal dessa sub-matriz, o que corresponderia a ignorar a interdependência intersetorial entre os setores energéticos, foi indicada como solução simplista, a construção de uma matriz de participação (Market Share) a partir das informações trazidas pela matriz de transação em valores monetários. Como resultado desse procedimento se obteve a seguinte matriz.

---

<sup>9</sup> Essa unidade de medida característica resulta de um processo de equivalência entre fontes energéticas. Dentre as possibilidades de equivalência, como as descritas por Pinto Júnior *et al* (2007), que seriam as equivalências física, técnica e econômica, a adotada corresponde a técnica, sendo ela do tipo equivalência em energia primária. Esse tipo de equivalência surge da comparação do “conteúdo energético das diversas fontes a partir da quantidade” de energia primária “que seria capaz de substituir”. Dessa maneira, se teria uma unidade de medida padrão com conteúdo energético definido, que para o caso do tec é de 10.000.000 kcal, comparada com as demais fontes energéticas a partir da quantidade de calor contida em cada fonte. [Pinto Júnior *et al* (2007)]

Tabela 3 - Matriz de participação (Market Share) de setores energéticos.

Setor / Setor	Petróleo e gás natural	Refino de petróleo e coque	Álcool	Eletricidade
Petróleo e gás natural	0,048328	0,879504	0,000000	0,072168
Refino de petróleo e coque	0,059846	0,794369	0,007150	0,138635
Álcool	0,000000	1,000000	0,000000	0,000000
Eletricidade	0,087839	0,039792	0,004970	0,867399

Fonte: Elaboração própria.

Essa matriz de participação (Market Share) foi aplicada sobre os valores do BEN da categoria “setor energético” para os quatro setores energéticos em estudo (eletricidade, petróleo e gás natural, refino de petróleo e coque<sup>10</sup> e álcool), obtendo-se assim, informações para todos os elementos da sub-matriz em estudo. Resulta desse procedimento matricial a seguinte sub-matriz de interdependência setorial entre os setores energéticos.

Tabela 4 – Sub-Matriz de interdependência setorial entre os setores energéticos.

Unidade de medida: 1.000 tep.

Setor / Setor	Petróleo e gás natural	Refino de petróleo e coque	Álcool	Eletricidade
Petróleo e gás natural	157,159459	2860,068587	0,000000	234,682561
Refino de petróleo e coque	309,011553	4101,693605	36,920861	715,836632
Álcool	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Eletricidade	102,238220	46,315064	5,785154	1009,593962

Fonte: Elaboração própria.

Finalizando estes procedimentos foi possível construir uma matriz de transação expressa em valores monetários (1.000.000 R\$) e em unidades físicas (1.000 tep), estando esta matriz disponível no apêndice 3.

Dessa matriz de transação híbrida, foi possível obter um conjunto importante de informações sobre os requerimentos de energia para os setores, sendo este conjunto de

<sup>10</sup> No processo de compatibilização não foi possível encontrar os mesmos produtos na Matriz Insumo-Produto para o setor Refino de Petróleo e Coque dentre os produtos das fontes secundárias presentes no BEN. Na Matriz de Insumo-Produto foram identificados os produtos: Gás Liquefeito de Petróleo; Gasolina; Óleo Combustível; Óleo Diesel; Gasoálcool; e Outros produtos do Refino de Petróleo e Coque. Dentre estes, estão presentes no BEN os quatro primeiros, o que representou a aceitação da hipótese de igualdade para o setor, com a inclusão dos produtos Querosene, Gás de Cidade e de Coqueria, Nafta e outras secundárias de Petróleo, do BEN.

informações obtido, inicialmente, pelo cálculo dos coeficientes técnicos, o que equivale a obter os requerimentos diretos de energia, estando os mesmos disponíveis na tabela 5.

De uma breve avaliação dos requerimentos diretos identificam-se os setores mais intensivos em energia como sendo o de transporte e de metais não ferrosos, que para produzir o equivalente a mil reais, requerem, respectivamente, 0,28615 e 0,22550 tep das fontes energéticas consideradas. Para o setor de transporte, a principal fonte energética corresponde ao refino de petróleo e coque, dado um coeficiente técnico de 0,23828, e em seguida o álcool, com um coeficiente técnico de 0,03798. Já para o setor de metais não ferrosos, a principal fonte energética corresponde a eletricidade com um coeficiente técnico de 0,13089, e em seguida temos a de refino de petróleo e coque com 0,07322.

Levando-se em consideração todos os setores apresentados na tabela 5, tem-se que a principal fonte energética utilizada corresponde a refino de petróleo e coque, com uma participação média de 43,06%. As participações médias das fontes energéticas eletricidade, petróleo e gás natural e álcool foram, respectivamente, de 40,10%, 16,06% e 0,78%. Pelos procedimentos adotados na construção da matriz de transação híbrida, foi identificado que apenas o setor de transporte utilizava o álcool como uma de suas fontes energéticas, o que justifica o valor relativamente baixo da participação dessa fonte energética para a estrutura produtiva da economia brasileira.

Apesar da importância e validade das informações trazidas pelos requerimentos diretos, uma informação mais completa corresponde à apresentada pelos coeficientes técnicos resultantes da matriz inversa de Leontief, que representam os requerimentos totais, dada uma elevação marginal na produção.

Tabela 5 – Requerimentos diretos por energia. (continua)  
Valores em tep/tep e tep/R\$.

Setor / Setor	Petróleo e gás natural	Refino de petróleo e coque	Álcool	Eletricidade	Agropecuária	Extrativa mineral	Alimentos e bebidas	Têxtil	Papel e celulose
Petróleo e gás natural	0,01172	0,03552	0,00000	0,00727	0,00002	0,00700	0,00191	0,00967	0,01397
Refino petróleo e coque	0,02304	0,05095	0,00504	0,02219	0,02689	0,02899	0,00268	0,00361	0,02015
Álcool	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Eletricidade	0,00762	0,00058	0,00079	0,03129	0,00752	0,02151	0,00666	0,01949	0,03417

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5 – Requerimentos diretos por energia.  
Valores em tep/R\$.

Setor / Setor	Química	Minerais não metálicos	Siderurgia	Metais não ferrosos	Comércio	Transporte	Público	Outros serviços
Petróleo e gás natural	0,03598	0,02638	0,01557	0,02140	0,00079	0,00933	0,00012	0,00055
Refino petróleo e coque	0,04859	0,07582	0,02597	0,07322	0,00162	0,23828	0,00141	0,00056
Álcool	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,03798	0,00000	0,00000
Eletricidade	0,03023	0,01913	0,02880	0,13089	0,01562	0,00056	0,00677	0,00169

Fonte: Elaboração própria.

Sendo assim, fazendo-se uso dos procedimentos para se obter a matriz inversa de Leontief sobre a matriz de transação híbrida construída nesta dissertação, foi possível obter resultados para a matriz de requerimentos totais, estando a mesma disponível na tabela 6.

Das informações trazidas pela matriz inversa de Leontief (para uma matriz híbrida) mensuram-se os impactos sobre os setores energéticos, fruto de elevações na produção (variação da produção) dos respectivos setores produtivos, identificando-se possibilidades para o comportamento da demanda por fontes energéticas, bem como, identificar os setores não energéticos que mais demandam energia. Como também, qual dentre as fontes energéticas estudadas são as mais influenciadas, dado um choque de demanda.

Os resultados para a matriz inversa de Leontief apresentados na tabela 6, para os setores não energéticos, permitiu identificar, novamente, os setores de transporte e de metais não ferrosos como sendo os que mais impactam os setores energéticos, haja vista que para responder a um aumento em uma unidade de sua produção, os setores demandariam em tep, quanto as quatro fontes energéticas estudadas, 0,35778 e 0,31415, respectivamente.

O setor energético mais demandado permanece sendo o de refino de petróleo e coque, tendo sua importância relativa crescido, dada uma elevação de sua participação dentre as fontes energéticas estudada para 53,68% em média para os setores não energéticos. A importância do setor eletricidade, em contrapartida, reduziu para 28,47%, e o de petróleo e gás natural para 13,74%. Já para o setor álcool observa-se uma elevação significativa de sua importância relativa, dada uma participação de 4,10%, provocada pelos efeitos indiretos.

O que justifica essas modificações nas participações relativas, corresponde ao que se propõe a matriz inversa de Leontief, que é captar toda a rede de encadeamento presente na economia em termos de requerimentos de insumos, dada a observação que quando ocorre um aumento na demanda, a produção tende a responder em estágios sucessivos a depender dos coeficientes técnicos.

Por fim, outra informação extraída comumente da matriz inversa de Leontief, relativamente a matriz de transação (requerimentos diretos), corresponde aos requerimentos indiretos de insumo, dado que, como explicitado acima, os requerimentos totais equivalem ao somatório dos requerimentos diretos e indiretos. Dessa maneira, disponibiliza-se no apêndice 4, os resultados para os requerimentos indiretos por energia, quanto aos quatro setores energéticos considerados.

Tabela 6 – Requerimentos totais por energia. (continua)  
Valores em tep/tep e tep/R\$.

Setor / Setor	Petróleo e gás natural	Refino de petróleo e coque	Álcool	Eletricidade	Agropecuária	Extrativa mineral	Alimentos e bebidas	Têxtil	Papel e celulose
Petróleo e gás natural	1,03674	0,04009	0,00707	0,01365	0,00770	0,01341	0,00808	0,01599	0,02376
Refino petróleo e coque	0,22932	1,07262	0,05427	0,05885	0,05521	0,07052	0,04644	0,02801	0,06039
Álcool	0,02770	0,00244	1,00319	0,00436	0,00220	0,00497	0,00374	0,00238	0,00360
Eletricidade	0,02870	0,00280	0,01354	1,03886	0,01602	0,02864	0,01771	0,03011	0,05013

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 6 – Requerimentos totais por energia.  
Valores em tep/R\$.

Setor / Setor	Química	Minerais não metálicos	Siderurgia	Metais não ferrosos	Comércio	Transporte	Público	Outros serviços
Petróleo e gás natural	0,04681	0,03846	0,02715	0,03426	0,00295	0,02231	0,00192	0,00459
Refino petróleo e coque	0,08992	0,12408	0,07754	0,12490	0,01917	0,28803	0,01028	0,01856
Álcool	0,00397	0,00417	0,00489	0,00456	0,00234	0,04296	0,00094	0,00175
Eletricidade	0,04059	0,03050	0,04695	0,15042	0,01827	0,00449	0,00976	0,00812

Fonte: Elaboração própria.

## 6 Metodologias

### 6.1 Análise Econométrica

Para a realização da integração se fará uso da metodologia econométrica de Auto Regressão Vetorial (VAR) ou se for observada a necessidade o de Vetores de Correção de Erro (VEC). O que determinará o uso entre essas abordagens complementares será a caracterização do comportamento das séries temporais utilizadas quanto a estacionariedade ou não das mesmas, respectivamente.

A VAR foi sugerida por Sims (1980) por acreditar que previsões de uma dada variável poderia ser ineficiente ao ser realizada com apenas o passado e o presente da mesma, fazendo-o cogitar a utilização de um conjunto de variáveis, como exemplo,  $y_t$ ,  $w_t$  e  $z_t$ , que poderia assumir a seguinte forma:

$$\begin{aligned}y_{t+h} &= f(y_t, w_t, z_t, y_{t-1}, w_{t-1}, z_{t-1}, \dots) \\w_{t+h} &= f(y_t, w_t, z_t, y_{t-1}, w_{t-1}, z_{t-1}, \dots) \\z_{t+h} &= f(y_t, w_t, z_t, y_{t-1}, w_{t-1}, z_{t-1}, \dots)\end{aligned}\tag{22}$$

Como no caso de apenas uma variável, tem-se a necessidade de especificar  $f$ , que corresponde a maneira como as informações disponíveis podem e devem ser utilizadas para proceder-se a realização das previsões.

Para o caso de apenas duas variáveis pode-se apresentar as equações primitivas da seguinte maneira:

$$\begin{aligned}y_t &= \beta_{10} - \beta_{12}z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \\z_t &= \beta_{20} - \beta_{21}y_t + \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt}\end{aligned}\tag{23}$$

$\forall, t = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, p$ .

A equação acima identifica as variáveis como interdependentes, e desta maneira, mutuamente explicadas, que por hipótese, como argumentado por Sims (1980), são tratadas simultânea e simetricamente.

Porém, dada a natureza dos termos de erro em ambas às equações acima, surge o problema de que esses termos de erro passariam a violar pressupostos da análise de regressão, ao serem correlacionados com as variáveis explicativas no momento  $t$ , e desta maneira, o

emprego do Método de Mínimos Quadrados para a estimação, tornariam os parâmetros estimados viesados.

Constatado essa violação, utiliza-se o que se convencional chamar pela literatura de forma-padrão ou forma reduzida, que corresponde a realizar a análise e previsão utilizando-se apenas as observações do passado das respectivas variáveis que hora sejam não dependentes, o que corresponde a retirada da observação do mesmo período da variável dependente do lado direito de cada equação, representando-se a forma reduzida da seguinte maneira, em notação matricial:

$$\begin{vmatrix} 1 & \beta_{12} \\ \beta_{21} & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} y_t \\ z_t \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \beta_{10} \\ \beta_{20} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{vmatrix} \quad (24)$$

Ou

$$Bx_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 x_{t-1} + \varepsilon_t \quad (25)$$

Onde  $B = \begin{vmatrix} 1 & \beta_{12} \\ \beta_{21} & 1 \end{vmatrix}$ ;  $x_t = \begin{vmatrix} y_t \\ z_t \end{vmatrix}$  que correspondem as variáveis endógenas;  $\Gamma_0 = \begin{vmatrix} \beta_{10} \\ \beta_{20} \end{vmatrix}$ ;  $\Gamma_1 = \begin{vmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{vmatrix}$ ; e  $\varepsilon_t = \begin{vmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{vmatrix}$ .

Como descrito em Maia (2001) podemos transformar essa notação para que passe a corresponder a variável dependente com observações a partir do período mais recente e todas as demais variáveis com um período de defasagem, o que fará com que a variável dependente seja uma função das suas próprias observações passadas e apenas do passado das demais variáveis incluídas no modelo. Isso se dará pela pré-multiplicação de todo o sistema por uma matriz inversa de  $B$ , que resultará em:

$$B^{-1}Bx_t = B^{-1}\Gamma_0 + B^{-1}\Gamma_1 x_{t-1} + B^{-1}\varepsilon_t \quad (26)$$

Sendo

$$B^{-1} = \begin{vmatrix} \frac{1}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} & -\frac{\beta_{12}}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} \\ -\frac{\beta_{21}}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} & \frac{1}{1 - \beta_{12}\beta_{21}} \end{vmatrix} \quad (27)$$

Para uma auto-regressão vetorial de ordem  $p$ , tem-se como resultado:

$$x_t = v + A_1 x_{t-1} + \dots + A_p x_{t-p} + e_t \quad p = 1, 2, 3, 4, 5, \dots \quad (28)$$

Em que  $v = B^{-1}\Gamma_0$ ;  $A_1 = B^{-1}\Gamma_1$ ; e  $e_t = B^{-1}\varepsilon_t$ .

Esse sistema resultante passa a poder ser estimado pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários, estando os seus resultados em conformidade com os pressupostos da análise de regressão.

Como para toda análise econométrica, a VAR apresenta um conjunto de propriedades básicas, dentre elas:

- a matriz  $e_t$  corresponde a um processo ruído branco  $k$ -dimensional, ou seja,  $E(e_t) = 0$ ,  $E(e_{yt}, e'_{zt}) = \Sigma$  e  $E(e_t e'_s) = 0$  para  $\forall s \neq t$ ;
- a condição de estabilidade em que as raízes características de  $A_1$  têm módulo menor que 1, indicando que o processo VAR de ordem  $p$  pode ser definido como processo estocástico, sendo essa condição assegurada da seguinte forma

$$x_t = \mu + \sum_{p=0}^{\infty} A_1^p e_{t-p} \text{ em que } \mu = (I_k - A_1)^{-1}v \quad (29)$$

Pelo processo de estimação VAR tem-se a utilização de variáveis defasadas como uma das suas principais características. Dessa maneira, a construção de modelos VAR deve empreender algum(ns) procedimento(s) que permita identificar a ordem  $p$  do mesmo, que corresponde a obter o melhor modelo.

Dentre os procedimentos elencados na literatura, temos os critérios de informação de AIC (*Akaike Information Criterion*) e SBC (*Bayesian Information Criterion*), onde se considera o melhor modelo aquele que apresentar o menor AIC e/ou SBC.

Vale notar que tais critérios de identificação incorporam um termo de penalidade quanto ao aumento do número de parâmetros incluídos no modelo, o que tenderá a fazer os resultados destes critérios identificarem os modelos mais parcimoniosos como os melhores, ou seja, os modelos com menor número de parâmetros como sendo os escolhidos.

Porém, quanto a este processo de identificação, Mills e Prasad (1992), fazendo uso de simulações de Monte Carlo, concluíram que o critério de SBC apresenta melhor desempenho. Dessa maneira, na presente dissertação se dará maior ênfase aos resultados obtidos por esse critério para a identificação da ordem do modelo VAR a ser utilizado.

Adicionalmente, tem-se em Morettin (2008), a utilização de outro procedimento para identificar a ordem  $p$  do VAR, correspondendo a ajustar sequencialmente modelos autoregressivos de ordens  $1, 2, \dots, k$  e verificar a significância dos coeficientes, sendo este procedimento realizado na elaboração da presente dissertação, mas não se considerou relevante a apresentação de seus resultados em detalhes.

Por se tratar o VAR de modelos lineares multivariados, envolvendo, desta maneira, séries temporais, tem-se como uma das suas principais suposições a que o processo estocástico gerador de dados seja um processo estacionário, ou seja, integrados de ordem 0,  $I(0)$ , que corresponde a dizer que esse processo oscila ao redor de uma média constante, com uma variância também constante e a covariância entre dois períodos de tempo independente do tempo, mas apenas da distância ou defasagem entre os dois períodos.

Formalmente, Morettin (2008) caracteriza a estacionariedade num processo estocástico, para a exemplificação com um AR (1), a partir das seguintes considerações:

$$x_t = \theta_0 + \phi x_{t-1} + \varepsilon_t \quad (30)$$

Onde  $\theta_0 = (1 - \phi)\mu$ ,  $\mu = E(x_t)$ , e  $\varepsilon_t$  é ruído branco. Sendo necessário observar que  $|\phi| < 1$  obrigatoriamente. Caso  $|\phi| \geq 1$  tem-se que a variância e covariância são indefinidas, e desta maneira dependentes do tempo.

Para o caso da não-estacionariedade de séries temporais empreende-se genericamente a diferenciação das séries para torná-la estacionária, que corresponde a  $\Delta x_t = x_t - x_{t-1}$ , convencionalmente  $I(1)$ , e respectivamente para demais diferenciações caso sejam necessárias para tornar as séries estacionárias.

Quando alguma(s) ou todas as séries temporais de um modelo de regressão são  $I(1)$ , pode estar presente o problema de regressão espúria, em que os resultados estatísticos usuais em geral não são mais válidos. Segundo Granger e Newbold (1974) há uma tendência que séries temporais  $I(1)$ , mesmo que completamente não-correlacionadas, apresentem resultados que indiquem uma relação significativa.

Sendo assim, para o caso multivariado, deve-se inicialmente investigar quanto a estacionariedade ou não de todas as séries temporais envolvidas num modelo de regressão, para que os resultados obtidos sejam válidos.

Para tanto, se desenvolveu na literatura econométrica um conjunto de testes formais de raízes unitárias, em que se busca encontrar a probabilidade de que uma dada série de tempo

seja não-estacionária, tendo destaque os testes propostos por Dickey e Fuller (1979 e 1981), Phillips e Perron (1988) e Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (1992).

Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (1992) propõem realizar um teste de raiz unitária em que a hipótese nula, diferentemente dos testes de Dickey Fuller Aumentado (ADF) e Phillips e Perron (PP), seja de que a série temporal é estacionária. Este teste faz uso do Multiplicador de Lagrange (LM), a partir das características dos resíduos. Utilizam, em substituição ao estimador para a variância dos resíduos, um estimador da densidade espectral de resíduo a uma frequência zero, como em Phillips e Perron (1988).

A estatística LM é definida como:

$$LM = \sum_t \frac{S(t)^2}{T^2 f_0} \quad (31)$$

Onde  $S(t)$  corresponde a função residual acumulada.

$$S(t) = \sum_{r=1}^t \hat{u}_r \quad (32)$$

A partir destes testes caso seja identificado a presença de raiz unitária no processo gerador dos dados, ou seja, que as séries temporais sejam não-estacionárias, o emprego do VAR apresentará problemas que poderá ser resumido com o que se convencionou chamar de regressão espúria, em que não são mais válidos os procedimentos convencionais de regressão.

Sendo assim, deve-se fazer uso das diferenciações das séries tornando-as estacionárias, procedimento que causa a perda das informações de longo prazo da regressão. Mas, caso se constate que a ordem de integração de todas as variáveis utilizadas são as mesmas, como mais comumente em  $I(1)$ , pode-se proceder aos testes para identificar se as variáveis apresentam características semelhantes no seu comportamento (de longo prazo), e dessa maneira, se possuem vetores cointegrantes, ou seja, investigar se é possível que a combinação linear entre duas ou mais variáveis é estacionária, o que validaria os resultados obtidos para a regressão em nível com a manutenção das informações de longo prazo.

Ao contexto de cointegração ela pode ser investigada, inicialmente, pela realização dos testes de raiz unitária, acima identificados, aplicado-os sobre os resíduos gerados por uma

regressão linear das variáveis, após o emprego dos testes convencionais sobre a regressão quanto à qualidade da sua especificação.

No entanto, essa abordagem só permite fazer menção a um único vetor cointegrante, o que nem sempre condiz com a natureza da combinação linear entre as variáveis, sendo, desta maneira, indicado aplicar os testes propostos por Johansen (1991), que corresponde a generalização multivariada do teste de Dickey-Fuller. Bem como, Morettin (2008) considera que “quando há mais de duas séries  $I(1)$  o procedimento de Engle e Granger pode ter um viés importante”.

Para os testes de Johansen considera-se, inicialmente, o seguinte modelo VAR de ordem  $p$

$$x_t = A_1 x_{t-1} + \dots + A_p x_{t-p} + e_t \quad (33)$$

Onde  $x_t$  é um  $k$ -vetor de variáveis não-estacionárias  $I(1)$  e  $e_t$  é um vetor de termos de erro ruído branco. Podendo ser re-escrita da seguinte maneira

$$\Delta x_t = \Pi x_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i x_{t-i} + e_t \quad (34)$$

Em que

$$\Pi = \sum_{i=1}^p A_i - I \text{ e } \Gamma_i = \sum_{j=i+1}^p A_j \quad (35)$$

Sendo o número de vetores cointegrantes igual ao posto de  $\Pi$ , representado por  $r$ . Deve-se, também, considerar que o posto de  $\Pi$  fornece o número de autovalores não-nulos de  $\Pi$ , que ao serem ordenados da seguinte forma  $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n$  são empregados em duas estatísticas de teste indicados por Johansen para testar e identificar se as séries são ou não cointegradas. Esses testes correspondem a estatística de traço e estatística do máximo autovalor.

Para a estatística de traço tem-se o seguinte teste:

$$\lambda_{traço}(r_0) = -T \sum_{i=r_0+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (36)$$

Onde  $\hat{\lambda}_i$  são os auto-valores estimados de  $\Pi$ .

Para a estatística do máximo auto-valor, tem-se:

$$\lambda_{max}(r_0) = -T \ln(1 - \widehat{\lambda}_{r_0+1}) \quad (37)$$

Para ambas as estatísticas os procedimentos são empreendidos para  $r = 0, 1, \dots, k - 1$ . Sendo  $k$  o número de variáveis endógenas utilizadas no modelo VAR.

Dessa investigação passa-se a considerar que caso seja verificado que entre as variáveis existe relação de equilíbrio de longo prazo, ou seja, um ou mais vetores cointegrantes, os resultados obtidos pelo modelo VAR de ordem  $p$  possuem validade. E como o interesse prevaiente dessa dissertação corresponde a realizar previsões setoriais de longo prazo, se dará ênfase aos resultados obtidos para o modelo VAR de ordem  $p$ , desde que, obviamente, sejam estes válidos. Sendo assim, serão realizados os procedimentos identificados e sugeridos pela literatura econométrica, quanto a melhor especificação de modelos VAR.

Esse bloco econométrico será empregado com o intuito de endogeneizar o consumo das famílias e o investimento privado, a partir de um conjunto de variáveis elencadas pela teoria econômica, que possibilitará a geração de dados para o bloco de insumo-produto para a realização das previsões tidas como objetivos dessa dissertação.

## **6.2 A macroeconomia por trás da Integração Econometria + Insumo-Produto**

O caminho utilizado na literatura para realização de integração econometria + insumo-produto, como se pode observar pela descrição acima, tem sido o da utilização dos componentes da demanda final. Dessa maneira, se convencionou selecionar um ou mais desses componentes da demanda final, para a partir dele, proceder a obtenção de mecanismos de geração de dados, que permita alimentar um ou ambos os blocos da integração. Passa-se a descrever agora os caminhos adotados na presente dissertação que possibilitaram a utilização da estratégia de integração, sendo adotada a de ligação.

### **6.2.1 Determinantes do Investimento Privado**

Há fortes motivos para identificar o investimento (formação bruta de capital fixo) como um importante componente econômico para as economias modernas, pois, a de se

considerar a sua capacidade de promover o crescimento econômico de uma nação, bem como constatar o relacionamento do seu comportamento com o direcionamento de grande parte do ciclo econômico. Dessa maneira, tem ganhado destaque os estudos tanto teóricos quanto empíricos no que concerne a identificação dos principais determinantes do investimento privado.

Dentre as teorizações sobre o investimento privado, têm importância o modelo do acelerador de investimento, que surgiu das argumentações keynesianas dos anos 50, em que se considerava que o investimento privado seria proporcional à variação do nível de produto, ensejando, sobremaneira, a noção de demanda efetiva como determinante do investimento privado.

Porém, como salientado por Melo e Rodrigues Júnior (1998), essa abordagem inicial negligenciava outros fatores na determinação do investimento privado, como, por exemplo, o custo do capital e as defasagens no processo de tomada de decisão e implementação dos investimentos privados.

Sendo assim, passou-se a considerar o modelo de acelerador de investimento flexível, para o qual o investimento privado corrente promoveria o ajustamento apenas parcialmente entre o estoque de capital atual e o seu nível desejado.

Para a construção do modelo de acelerador de investimento flexível<sup>11</sup> parte-se da consideração de que o estoque de capital desejado seria uma proporção do nível de produto esperado, da seguinte maneira:

$$K_t^* = \alpha Y_t^* \quad (38)$$

Onde  $K_t^*$  corresponde ao estoque de capital desejado no período  $t$ , e  $Y_t^*$  é o produto esperado no mesmo período  $t$ . Sendo assim, o investimento privado corrente seria ajustado apenas parcialmente a diferença entre o estoque de capital desejado e o do período anterior.

$$\Delta K_t = \beta (K_t^* - K_{t-1}) \quad (39)$$

Onde  $\Delta K_t$  é o investimento privado líquido e  $\beta$  o coeficiente de ajustamento, que se encontra no intervalo  $0 \leq \beta \leq 1$ . Como  $\Delta K_t = K_t - K_{t-1}$  tem-se que:

---

<sup>11</sup> Baseado em Araújo Júnior (2006)

$$K_t = \beta K_t^* + (1 - \beta)K_{t-1} \quad (40)$$

Para o investimento privado bruto, assumindo  $\delta$  como a depreciação do capital, tem-se a seguinte equação de investimento privado:

$$IP_t = [1 - (1 - \delta)L]K_t \quad (41)$$

Sendo  $L$  um operador de defasagem.

Como resultado da combinação entre as duas últimas equações encontra-se a seguinte equação de investimento privado bruto:

$$IP_t = \beta[1 - (1 - \delta)L]K_t^* + (1 - \beta)IP_{t-1} \quad (42)$$

Substituindo o estoque de capital desejado pela relação estabelecida acima, encontra-se a equação do modelo básico do acelerador flexível em relação ao investimento privado bruto:

$$IP_t = \alpha\beta[1 - (1 - \delta)L]Y_t^* + (1 - \beta)IP_{t-1} \quad (43)$$

Dado que todos os parâmetros são tidos como positivos, chega-se a conclusão de que o investimento privado bruto seria influenciado positivamente pelo nível de produto esperado e o investimento privado bruto do período imediatamente anterior.

Para a taxa de juros real, várias abordagens a tem relacionado negativamente com o nível de investimento privado. Como exemplo, tem-se a abordagem neoclássica (clássica) que o considera como custo de capital, compreendendo este o preço dos bens de capital, a taxa de juros real, a depreciação, o nível de incidência dos impostos, dentre outros.

Para a abordagem desenvolvida por Keynes em A Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda, tem-se que “o investimento vai variar até aquele ponto da curva de demanda por investimento em que a eficiência marginal do capital em geral é igual à taxa de juros do mercado”. Definindo, para tanto, essa eficiência marginal do capital “como sendo a taxa de desconto que tornaria o valor presente do fluxo de anuidades das rendas esperadas desse capital, durante toda a sua existência, exatamente igual ao seu preço de oferta”. Bem como, deve-se “compreender a dependência que há entre a eficiência marginal de determinado

volume de capital e as variações na expectativa, pois é principalmente esta dependência que torna a eficiência marginal do capital sujeita a certas flutuações violentas que explicam o ciclo econômico”.

Dado que a eficiência marginal do capital possui uma relação inversa com o nível de investimento privado realizado, ou seja, quanto maior for o nível de investimento privado menor será a eficiência marginal do capital, e que para a taxa de juros a relação é do nível da taxa de juros a determinar o nível de investimento privado, tem-se que esses elementos da teoria do investimento privado de Keynes estão em “planos” diferentes, correspondendo a quanto maior a taxa de juros para dado nível da eficiência marginal do capital, menor o volume de investimento privado a se realizar.

Essa abordagem desenvolvida por Keynes, tem como alicerce a existência da incerteza no sistema econômico, consideração tal que o levou a trabalhar a um nível diferente de conceituações, relativamente aos clássicos (neoclássicos).

Da consideração de existência de incerteza Keynes introduziu, por exemplo, o conceito de *estado da expectativa a longo prazo*<sup>12</sup>, estando este conceito estritamente relacionado com o da eficiência marginal do capital, e sobremaneira influenciando a tomada de decisão quanto ao investimento privado. Com isso, Keynes introduziu prontamente em sua análise a relevância da instabilidade econômica para o investimento, em que quanto maior o nível de instabilidade econômica, mais obscuras se tornam as expectativas quanto ao futuro, resultando em uma menor eficiência marginal do capital, que por sua vez reduziria o nível de investimento privado a ser realizado<sup>13</sup>.

No tocante a influência da instabilidade econômica sobre o investimento privado, contribuições adicionais a de Keynes podem ser encontradas, por exemplo, em Pindyck e Solimano (1993), que além de noções bastante intuitivas, incorporam evidências empíricas sobre o tema, utilizando-se, para tanto, de dados para países industrializados e em desenvolvimento.

Conceitualmente os autores trazem a irreversibilidade do investimento, que vale notar, não se encontra muito distante de algumas considerações de Keynes, como condição *sine qua non* da influência da incerteza sobre o nível de investimento, pois ao ser realizado, um dado investimento possui baixa capacidade de ser realocado para outro fim, e dessa maneira a sua liquidez é extremamente baixa.

---

<sup>12</sup> Para detalhes ver capítulo 12 de Keynes (1936).

<sup>13</sup> Keynes considera que de certa maneira esse resultado pode ser uma profecia auto-realizável, dada a influência de um menor nível de investimento realizado sobre o nível de demanda efetiva da economia.

A intertemporalidade do processo de decisão do investimento tem impactos perceptíveis sobre a teoria do investimento privado, por incluir a possibilidade de espera por novas informações pelo investidor, assumindo-a com um custo de oportunidade, relacionando-se diretamente, tal noção, com a teoria financeira das opções<sup>14</sup>.

Quando se passa da análise teórica para a empírica, em termos da possível influência da instabilidade econômica sobre o nível de investimento privado, à de se ressaltar a inexistência de dados diretos que representem essas instabilidades, sendo recomendada a utilização de variáveis proxies.

Na presente dissertação, serão adotadas a variância da taxa de inflação (índice geral de preço – disponibilidade interna (IGPDI)) e a variância da taxa de câmbio nominal (R\$/US\$), ambas calculadas para cada trimestre a partir dos respectivos dados mensais. Com isso, busca-se representar adequadamente as instabilidades econômicas, relacionando-se respectivamente com os ambientes interno e externo à economia brasileira.

Outra abordagem que tem ganhado destaque são as investigações sobre a possível influência das estruturas financeiras sobre o ritmo do investimento. Contribuições nesta linha de pesquisa podem ser encontradas em autores como Hyman Minsky<sup>15</sup> e Joseph Stiglitz<sup>16</sup>. Dados os objetivos dessa dissertação, dar-se-á destaque as contribuições desse último, com a teoria que busca explicar o racionamento de crédito.

Para realização do investimento são necessárias fontes de financiamento<sup>17</sup>, bem como dependem de suas composições. Sendo assim, para o investimento há uma elevada dependência quanto a sua magnitude, condições desses recursos, que por sua vez podem ser disponibilizados pelos bancos, e do nível de desenvolvimento do mercado de capital.

Em ambos os mercados, de crédito e de capitais, há a presença de risco moral e seleção adversa, conduzindo inicialmente as empresas a não obterem recursos adequados junto a essas fontes. Stiglitz também alega que a taxa de juros não funciona perfeitamente como mecanismo de coordenação da alocação dos recursos do mercado de crédito.

---

<sup>14</sup> Para detalhes ver, por exemplo, Melo e Rodrigues Júnior (1998) e Pindyck e Solimano (1993).

<sup>15</sup> A abordagem elaborada por Hyman Minsky sobre as estruturas financeiras o levou a trilhar por caminhos que buscavam explicar a instabilidade das economias capitalistas, não sendo este o objetivo principal dessa dissertação. Para uma leitura abrangente sobre as considerações desse autor, pode-se, por exemplo, consultar *John Maynard Keynes* de 1976 e *Stabilizing an unstable economy* de 1986.

<sup>16</sup> Além dos textos de autoria do próprio Stiglitz, corresponde a uma boa síntese do pensamento desse autor o texto elaborado por Canuto e Ferreira Júnior, intitulado *Assimetria de Informação e Ciclos Econômicos: Stiglitz é Keynesiano?*, publicado em 2003.

<sup>17</sup> Sendo estes divididos basicamente em quatro categorias, a saber: o financiamento bancário, o mercado de capitais para as sociedades anônimas, o financiamento externo e os recursos internos (próprios).

Sendo assim, para o mercado de crédito, Stiglitz conclui que pelos bancos não possuírem informações perfeitas sobre os tomadores de empréstimos, ao se depararem com um excesso de demanda por recursos, os mesmos não elevam as taxas de juros, preferindo reduzir a oferta de crédito ou alterando as condições de empréstimos, até mesmo por acreditarem que a elevação da taxa de juro fará piorar a composição dos seus tomadores de empréstimos, em termos de risco<sup>18</sup>. Em Stiglitz, deve-se perceber também a importância da aversão ao risco pelos agentes econômicos, para a elaboração de sua teoria.

Por último, e não menos importante, se dará atenção às investigações realizadas buscando compreender o possível impacto do investimento público sobre o investimento privado, que poderia assumir uma relação positiva (efeito *crowding-in*), negativa (efeito *crowding-out*) ou nula. Dois canais básicos poderiam ser descritos para explicar esse possível relacionamento, sendo eles o do tipo de investimento realizado e sua forma de financiamento.

Do tipo de investimento, pode-se considerar os efeitos sobre a produtividade geral da economia, como exemplo, os potencialmente realizados por despesas com infra-estrutura, que contribuiria ao setor privado com a redução de custos e a eliminação de pontos de estrangulamento da economia, fazendo crescer os investimentos privados.

Quanto à forma de financiamento, tem-se tanto a utilização de recursos obtidos pelo sistema tributário, que pode influenciar negativamente com o ônus recaindo sobre as empresas, fazendo crescer os custos, bem como que dada a restrição de recursos, a utilização pelo setor público de recursos que de outra maneira seria utilizado pelo setor privado restringiria o investimento privado. Como também, pelo mecanismo de transmissão monetária que poderia promover a elevação das taxas de juros reais.

A relação entre o investimento público e privado assumiu, assim, certa ambigüidade, recaindo, sobremaneira, as conclusões às investigações empíricas. Na literatura econômica brasileira, vários autores, como exemplo, Luporini e Alves (2008), Cruz e Teixeira (1999) e Melo e Rodrigues Júnior (1998), tem dado contribuições sobre essa questão.

Resulta dessa análise dos determinantes do investimento privado o seguinte modelo genérico:

$$IP = f (IP_{t-1}; Y; r; v\pi; ve; Cr; IG ) \quad (44)$$

---

<sup>18</sup> Essa consideração parte da noção que a relação entre risco e retorno é positiva, sendo assim, para que um dado empreendimento possa pagar maiores taxas de juros faz-se necessário, geralmente, que sejam mais arriscados.

Onde:

$IP$  = Investimento bruto do setor privado (excluindo as empresas estatais);

$IP_{t-1}$  = Investimento bruto setor privado (excluindo as empresas estatais) no período  $t - 1$ ;

$Y$  = Produto interno bruto;

$r$  = Taxa de juros real;

$v\pi$  = Variância da taxa de inflação (proxy para instabilidade econômica);

$ve$  = Variância da taxa de câmbio nominal – R\$/US\$ (proxy para instabilidade econômica);

$Cr$  = Crédito ao setor privado; e

$IG$  = Investimento bruto do setor público (administrações públicas e das empresas estatais).

### 6.2.2 Determinantes do Consumo das Famílias

Uma abordagem comumente apontada como uma boa aproximação para explicar o consumo agregado corresponde as conjecturas levantadas por Keynes em seu livro Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda, em que se estabelece, por exemplo, que a propensão marginal a consumir situa-se entre zero e um, bem como que a propensão média a consumir reduz a medida que a renda aumenta.

Com base nessas conjecturas pode-se chegar ao que se convencional chamar de função consumo keynesiana, que pode ser escrita da seguinte maneira:

$$C = \bar{C} + cY; \text{ com } \bar{C} > 0 \text{ e } 0 < c < 1 \quad (45)$$

Sendo:  $C$  o consumo agregado;  $\bar{C}$  o consumo agregado autônomo (que independe da renda);  $Y$  a renda nacional; e  $c$  é a propensão marginal a consumir.

Passando-se a considerar a possível influência da taxa de juros real sobre o consumo<sup>19</sup> pode-se utilizar as considerações de Irving Fisher sobre a análise da escolha intertemporal, a partir da restrição orçamentária intertemporal. A análise derivada da restrição orçamentária intertemporal se baseia na hipótese de que no processo de escolha do consumo, o consumidor avaliaria o seu consumo no presente com o seu consumo no futuro, que seria influenciado pela rentabilidade da poupança gerada pelo não-consumo, sendo esta atribuída pela taxa de juros real incidente sobre essa poupança.

---

<sup>19</sup> Para detalhes ver, por exemplo, Mankiw (2004).

Essa abordagem utiliza como arcabouço teórico a teoria do consumidor, com a utilização das conhecidas curvas de indiferença e da restrição orçamentária, sob a lógica de otimização inerente a teoria neoclássica. Sendo assim, partindo-se do equilíbrio do consumidor, ao se ter uma elevação da taxa de juros real a restrição orçamentária *giraria*, fazendo com que, dados os efeitos renda e substituição, o consumidor passasse a preferir o consumo futuro ao presente, reduzindo este para auferir o retorno dado pela taxa de juros real que o permitiria um consumo futuro maior, relativamente ao equilíbrio inicial, estando este novo equilíbrio numa curva de indiferença mais distante da origem. Resulta dessa abordagem que o efeito da taxa de juros real sobre o consumo presente seria negativo.

Essa mesma abordagem também é utilizada para demonstrar que a impossibilidade de realização de empréstimo, também, pode fazer com que o consumo no presente seja menor do que seria se o consumidor pudesse contrair empréstimos<sup>20</sup>. Tal restrição à tomada de empréstimo só representaria um consumo menor se e somente se o ponto ótimo do consumidor estivesse dependente da tomada de empréstimo para possibilitar um nível de consumo presente maior que o nível de renda presente.

Levando-se em consideração apenas essas três argumentações teóricas sobre o consumo, pode-se representá-lo pelo seguinte modelo genérico de consumo:

$$C = f(Y; r; Cr) \quad (46)$$

Onde:

$C$  = Consumo das famílias;

$Y$  = Produto interno bruto;

$r$  = Taxa de juros real;

$Cr$  = Crédito ao setor privado

### 6.3 Especificação do Modelo Econométrico

A construção do bloco econométrico, como mencionado, tem como objetivo prover a integração de um gerador de dados que permita alimentar o bloco de Insumo-Produto híbrido, com o intuito de realizar previsões do consumo de fontes energéticas descritos setorialmente. Sendo assim, passasse a descrever como se dará a especificação do bloco econométrico, a

---

<sup>20</sup> Para detalhes ver, por exemplo, Mankiw (2004).

partir das considerações teóricas descritas acima, sobre os determinantes do investimento privado e do consumo das famílias, bem como, tratar da ligação deste com a metodologia econométrica de auto-regressão vetorial (VAR).

Dos determinantes do investimento privado e do consumo das famílias, descritos acima, chega-se as seguintes funções:

$$IP = \beta_0 + \beta_1 IP_{t-1} + \beta_2 Y + \beta_3 r + \beta_4 Cr + \beta_5 IG + \beta_6 v\pi + \beta_7 ve + \varepsilon \quad (47)$$

$$C = \alpha_0 + \alpha_1 Y + \alpha_2 r + \alpha_3 Cr + \varepsilon \quad (48)$$

Ajustando-se estas equações a metodologia econométrica de auto-regressão vetorial (VAR)<sup>21</sup> deve-se passar da forma estrutural à forma reduzida, que em plena concordância com as considerações de Sims (1980), serão tratadas todas as variáveis como endógenas, ou seja, mesmo com a possibilidade de se especificar modelos com a junção de variáveis endógenas e predeterminadas, todas serão tratadas simultânea e simetricamente. Como resultado, tem-se o seguinte conjunto de equações:

$$\begin{aligned} IP &= \delta_0 + \delta_1 Y + \delta_2 C + \delta_3 r + \delta_4 Cr + \delta_5 IG + \delta_6 v\pi + \delta_7 ve + \varepsilon \\ C &= \delta_0 + \delta_1 Y + \delta_2 IP + \delta_3 r + \delta_4 Cr + \delta_5 IG + \delta_6 v\pi + \delta_7 ve + \varepsilon \\ Y &= \delta_0 + \delta_1 IP + \delta_2 C + \delta_3 r + \delta_4 Cr + \delta_5 IG + \delta_6 v\pi + \delta_7 ve + \varepsilon \\ r &= \delta_0 + \delta_1 Y + \delta_2 C + \delta_3 IP + \delta_4 Cr + \delta_5 IG + \delta_6 v\pi + \delta_7 ve + \varepsilon \\ Cr &= \delta_0 + \delta_1 Y + \delta_2 C + \delta_3 r + \delta_4 IP + \delta_5 IG + \delta_6 v\pi + \delta_7 ve + \varepsilon \\ IG &= \delta_0 + \delta_1 Y + \delta_2 C + \delta_3 r + \delta_4 Cr + \delta_5 IP + \delta_6 v\pi + \delta_7 ve + \varepsilon \\ v\pi &= \delta_0 + \delta_1 Y + \delta_2 C + \delta_3 r + \delta_4 Cr + \delta_5 IG + \delta_6 IP + \delta_7 ve + \varepsilon \\ ve &= \delta_0 + \delta_1 Y + \delta_2 C + \delta_3 r + \delta_4 Cr + \delta_5 IG + \delta_6 v\pi + \delta_7 IP + \varepsilon \end{aligned} \quad (49)$$

Desta especificação básica serão realizados os procedimentos de identificação da ordem da VAR.

---

<sup>21</sup> Vale ressaltar também a indicação por Chirinko (1993) da utilização de VAR para a estimação da função investimento, como sendo adequado para solucionar problemas de especificação, dentre elas a de simultaneidade.

## 6.4 Base de dados

Para a construção do bloco econométrico dessa proposta de integração, foram utilizados dados em séries trimestrais, compreendendo o intervalo do primeiro trimestre de 1995 ao terceiro trimestre de 2006. As séries de consumo das famílias, produto interno bruto, crédito ao setor privado, taxa de juros nominal (SELIC), índice geral de preço – disponibilidade interna (IGPDI), índice de preço ao consumidor amplo (IPCA) e a taxa de câmbio nominal (R\$/US\$) foram coletados da base de dados disponibilizada pelo IPEADATA, expressas a preços correntes em reais (R\$).

Para a série de investimento do setor privado e público, separadamente, foi utilizado a base de dados disponibilizada em Dos Santos e Pires (2007). Para o investimento do setor privado foi utilizado a série sem os investimentos das estatais, e para o investimento do setor público se coletou a que leva em consideração os investimentos realizados pela administração pública juntamente aos das estatais.

Para as séries de consumo das famílias, produto interno bruto e crédito ao setor privado foram utilizados um número índice gerado a partir da série do índice de preço ao consumidor amplo (IPCA) para convertê-los de séries nominais em séries reais.

Em se tratando da taxa de juros (SELIC) a coleta foi feita com os dados ao nível mensal, que para converter numa série trimestral foi acumulada por juros compostos para os respectivos meses de cada trimestre. Dessa série resultante foi aplicada a fórmula matemática indicada para a transformação de juros nominal em real, sendo ela a seguinte:

$$r = \left( \frac{(1 + i)}{(1 + \pi)} \right) - 1 \quad (50)$$

Em que  $r$  é a taxa de juros real;  $i$  corresponde a taxa de juros nominal; e  $\pi$  é a taxa de inflação, que para o caso foi utilizado o índice de preço ao consumidor amplo (IPCA).

Para a taxa de inflação (índice geral de preço – disponibilidade interna (IGPDI)) e a taxa de câmbio nominal (R\$/US\$), haja vista a intenção de utilizá-los como proxies da instabilidade econômica, foram calculadas as variâncias para cada trimestre a partir dos respectivos dados mensais. Ou seja, a partir das variâncias desses dois indicadores econômicos busca-se representar, adequadamente, as instabilidades econômicas, relacionando-se respectivamente com os ambientes interno e externo à economia brasileira.

O investimento do setor privado e o do setor público, coletados de Dos Santos e Pires (2007), já haviam sido submetidos a procedimentos matemáticos que os tornaram adequados a presente investigação, bem como, foi dada atenção aos procedimentos nelas empregados com o intuito de avaliar e proceder com a compatibilidade entre as séries de dados utilizados.

As estimações econométricas foram empreendidas para prover as respectivas elasticidades, que dada à padronização facilita-se a interpretação dos coeficientes resultantes. Sendo assim, foram utilizados os logaritmos neperianos de todas as séries de dados.

Para possibilitar uma visualização do comportamento das respectivas séries de dados utilizadas, apresentam-se gráficos, individualmente, para cada uma das séries, para o período do primeiro trimestre de 1995 ao terceiro trimestre de 2006, após a realização dos procedimentos matemáticos indicados acima, estando os mesmos disponíveis no apêndice 5.

## **6.5 Resultados para o Bloco Econométrico**

Inicia-se esta seção com a apresentação dos resultados dos testes de Dickey Fuller Aumentado (ADF), Phillips Perron (PP) e Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS) para raízes unitárias, empregados sobre todas as séries temporais do bloco econométrico. Ressalta-se que cada variável foi submetida aos testes em três situações, sendo elas:

- Série em nível com intercepto;
- Série em nível com intercepto e tendência; e
- Série em primeiras diferenças (com intercepto).

Pela utilização dos testes de raiz unitária, ADF, PP e KPSS, foi adotado como procedimento a prudência na análise dos resultados, pois, ao considerar que por se ter com a presença de raiz unitária problemas econométricos sérios, se convencionou aceitar a ordem de integração pela unanimidade dos resultados dos testes. Os respectivos resultados para os testes de raiz unitária estão presentes na tabela 7.

Como resultante desse procedimento, foi identificado que nenhuma das séries temporais seria estacionária em nível, ou seja, seriam integradas de ordem 0,  $I(0)$ . Com a utilização da primeira diferença sobre todas as séries temporais, os resultados dos testes indicaram a estacionariedade, sendo desta maneira todas as séries temporais integradas de ordem 1 ou  $I(1)$ .

Tabela 7 – Resultados dos testes de raízes unitárias (ADF, PP e KPSS).

Variável	Característica	ADF				PP				KPSS			
		razão t	Valores críticos			razão t	Valores críticos			razão t	Valores críticos		
			1%	5%	10%		1%	5%	10%		1%	5%	10%
<i>IP</i>	Intercepto	<b>-1,429</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>-1,542</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>0,513</b>	0,739	0,463	0,347
<i>IP</i>	Int. e tendência	<b>-2,743</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>-3,007</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>0,102</b>	0,216	0,146	0,119
$\Delta IP$	Intercepto	<b>-6,585</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>-6,643</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>0,094</b>	0,739	0,463	0,347
<i>IG</i>	Intercepto	<b>-2,562</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>-2,745</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>0,181</b>	0,739	0,463	0,347
<i>IG</i>	Int. e tendência	<b>-2,606</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>-2,806</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>0,072</b>	0,216	0,146	0,119
$\Delta IG$	Intercepto	<b>-7,261</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>-7,261</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>0,049</b>	0,739	0,463	0,347
<i>Y</i>	Intercepto	<b>-1,768</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>-1,211</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>0,462</b>	0,739	0,463	0,347
<i>Y</i>	Int. e tendência	<b>-2,037</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>-1,578</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>0,169</b>	0,216	0,146	0,119
$\Delta Y$	Intercepto	<b>-5,266</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>-5,145</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>0,107</b>	0,739	0,463	0,347
<i>C</i>	Intercepto	<b>-1,326</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>-1,579</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>0,180</b>	0,739	0,463	0,347
<i>C</i>	Int. e tendência	<b>-1,327</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>-1,596</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>0,149</b>	0,216	0,146	0,119
$\Delta C$	Intercepto	<b>-5,846</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>-5,885</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>0,146</b>	0,739	0,463	0,347
<i>Cr</i>	Intercepto	<b>1,596</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>1,979</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>0,463</b>	0,739	0,463	0,347
<i>Cr</i>	Int. e tendência	<b>0,611</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>1,050</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>0,193</b>	0,216	0,146	0,119
$\Delta Cr$	Intercepto	<b>-3,232</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>-3,089</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>0,318</b>	0,739	0,463	0,347
<i>r</i>	Intercepto	<b>-3,807</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>-3,714</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>0,703</b>	0,739	0,463	0,347
<i>r</i>	Int. e tendência	<b>-4,528</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>-4,394</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>0,103</b>	0,216	0,146	0,119
$\Delta r$	Intercepto	<b>-7,910</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>-14,688</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>0,323</b>	0,739	0,463	0,347
<i>v<math>\pi</math></i>	Intercepto	<b>-6,274</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>-6,274</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>0,389</b>	0,739	0,463	0,347
<i>v<math>\pi</math></i>	Int. e tendência	<b>-6,633</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>-6,610</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>0,064</b>	0,216	0,146	0,119
$\Delta v\pi$	Intercepto	<b>-7,182</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>-28,481</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>0,269</b>	0,739	0,463	0,347
<i>ve</i>	Intercepto	<b>-2,683</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>-2,500</b>	-3,581	-2,927	-2,601	<b>0,509</b>	0,739	0,463	0,347
<i>ve</i>	Int. e tendência	<b>-3,417</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>-3,334</b>	-4,171	-3,511	-3,185	<b>0,191</b>	0,216	0,146	0,119
$\Delta ve$	Intercepto	<b>-10,171</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>-12,196</b>	-2,617	-1,948	-1,612	<b>0,185</b>	0,739	0,463	0,347

Fonte: Elaboração do autor.

Desta constatação, de que todas as variáveis são integradas de mesma ordem, pode-se proceder aos testes para tentar identificar se as variáveis possuem vetores cointegrantes, ou seja, investigar se é possível que a combinação linear entre duas ou mais variáveis é estacionária, o que validaria os resultados obtidos para a regressão em nível, com a manutenção das informações de longo prazo. Pelos motivos descritos acima, essa investigação será realizada com a utilização os testes propostos por Johansen (1991).

No entanto, para que se possa realizar os testes de co-integração propostos por Johansen, deve-se partir dos resultados do VAR. Sendo assim, inicia-se essa investigação pela identificação e descrição da especificação e ordem do VAR para as variáveis em nível. Salientasse que, pelo objetivo proposto, serão utilizadas as variáveis em logaritmos neperianos, sendo destes que se procedeu aos testes de raiz unitária.

A especificação empregada será a apresentada acima, com todas as variáveis tidas como endógenas, com um conjunto de equações de número igual ao número de variáveis, ou seja, um conjunto de oito equações de regressão. Para a identificação da ordem do VAR foi utilizado o critério de informação de SBC (*Bayesian Information Criterion*), que o identificou como sendo de ordem 1, ou seja, devesse utilizar a primeira defasagem para obtenção das respectivas elasticidades das variáveis explicativas de cada equação.

Tabela 8 – Identificação da ordem do VAR por SBC.

<b>Defasagem</b>	<b>SBC</b>
0	-5,710925
1	-10,013740*
2	-7,436174
3	-6,932304

Fonte: Elaboração própria.

\* Indica a ordem de defasagem selecionada pelo critério SBC.

A partir da identificação do VAR como sendo de ordem 1, se estimou o modelo para que se pudesse proceder aos testes propostos por Johansen, sendo eles a estatística de traço e estatística do máximo auto-valor, que apresentaram os seguintes resultados<sup>22</sup>.

Ambas estatísticas permitiram constatar a presença de, pelo menos, uma equação co-integradora para os respectivos modelos. Sendo assim, os resultados gerados pelo modelo econométrico com as variáveis em níveis são válidos como parâmetros de longo prazo.

<sup>22</sup> Apresenta-se um quadro síntese dos testes de co-integração, estando presente 5 conjuntos de hipóteses sobre os mesmos.

Tabela 9 – Testes de Co-integração – Número de equações de co-integração

Tendência nos dados	Nenhuma	Nenhuma	Linear	Linear	Quadrática
Hipótese do teste	Sem constante Sem tendência	Com constante Sem tendência	Com constante Sem tendência	Com constante Com tendência	Com constante Com tendência
Traço	2	2	2	3	3
Máximo auto-valor	1	1	1	1	1

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os Testes foram realizados ao nível de 5%.

Pela presente dissertação ter como objetivo a obtenção de previsões de consumo de fontes energéticas para o Brasil a partir dos dados utilizados na construção do VAR/VEC que compreendem um intervalo de tempo relativamente curto, seja ele do primeiro trimestre de 1995 ao terceiro trimestre de 2006, acredita-se ser uma opção mais acertada a utilização das informações obtidas pelo VAR, ou seja, os parâmetros (as elasticidades) de longo prazo.

Recordando-se que a proposta de integração econometria + insumo-produto aqui adotada corresponde a utilização da identidade macroeconômica básica, optou-se pelo uso dos resultados obtidos para as funções consumo das famílias e investimento privado como processo gerador de dados, e para as demais variáveis necessárias para a realização das previsões utilizar-se-ia a construção de cenários<sup>23</sup>.

Do modelo VAR de ordem 1 obteve-se os seguintes resultados (elasticidades) para a função investimento privado e a função consumo das famílias, para o Brasil<sup>24</sup>.

$$\begin{aligned}
 IP_t = & -10,137 + 0,503IP_{t-1} + 1,387Y_{t-1} - 0,382C_{t-1} - 0,035r_{t-1} - 0,106IG_{t-1} & (51) \\
 t & - 4,819 \quad 4,746 \quad 4,340 \quad - 1,903 \quad - 3,114 \quad - 2,476 \\
 R^2 = & 0,857 \quad R^2 - \text{ajustado} = 0,826 \quad AIC = -3,801 \quad SBC = -3,443
 \end{aligned}$$

<sup>23</sup> Fora aplicado adicionalmente ao modelo o teste de Causalidade de Granger, com o intuito de validar ou não o sentido econômico atribuído pelas teorias econômicas descritas. Dada a hipótese nula de que uma variável hipotética  $z$  não Granger-cause uma  $y$ , testou-se a VAR, que para as funções investimento privado e consumo das famílias apresentou uma probabilidade global de aceitação dessa hipótese nula de respectivamente 0,0000 e 0,0059. Sendo assim, valida-se as aplicações empreendidas e permiti-se avançar no desenvolvimento dessa dissertação. Quanto as demais funções, os resultados foram superiores a probabilidade de 0,1000 para: investimento público, com 0,9050; produto interno bruto, 0,5750; taxa de juros real, 0,3363; e variância da taxa de câmbio, 0,3833.

<sup>24</sup> Foram apresentados apenas os parâmetros (elasticidades) estatisticamente significantes. Esse modelo VAR de ordem 1 foi submetido a testes de especificação, sendo eles: o teste de normalidade de Jarque-Bera por Cholesky, que apresentou uma probabilidade de 21,82% de que os resíduos sejam multivariáveis normais; o teste LM de correlação serial residual com a utilização de 12 defasagens, que por sua vez aceitaram a hipótese nula de não correlação serial; e quanto a heterocedasticidade residual foram realizados os testes de White, com e sem termos cruzados, que respectivamente apresentaram as seguintes probabilidades de rejeição da hipótese de heterocedasticidade residual, 23,38% e 38,40%.

$$C_t = 0,616C_{t-1} + 0,382Y_{t-1} - 0,045IG_{t-1} + 0,004v\pi_{t-1} - 0,007ve_{t-1} \quad (52)$$

$t$	4,920	1,918	- 1,698	1,812	- 3,471
$R^2 = 0,897$	$R^2 - ajustado = 0,875$	$AIC = -4,746$	$SBC = -4,388$		

As elasticidades para a função investimento privado apresentaram os sinais esperados pelas teorias econômicas descritas, e para a relação entre o investimento privado e o público o sinal indica o efeito *crowding-out*<sup>25</sup>. A variável que se mostrou com maior capacidade de impactar o investimento privado no Brasil foi o produto interno bruto defasado em um período, dada uma elasticidade de 1,387. Com isso, o efeito acelerador do produto interno bruto sobre o investimento privado estaria descrito por uma relação elástica entre as variáveis.

A elasticidade de 0,503 da variável explicativa investimento privado defasado em um período, corrobora a indicação de que para o processo de decisão do investimento privado, como apontado por Melo e Rodrigues Júnior (1998), há defasagem, e com isso há correlação serial na realização do investimento privado. Essa indicação de relevância do fenômeno de irreversibilidade do investimento privado também foi encontrada por Luporini e Alves (2008), a partir de uma elasticidade em torno de 0,250.

Em termos de resultados empíricos, uma novidade corresponde a significância estatística da taxa de juros real na função investimento privado, bem como o seu sinal, haja vista a observação na literatura pesquisada que essa variável não apresentou significância estatística para um conjunto relativamente grande de especificações e proxies<sup>26</sup>, sendo a qualidade deste último uma das principais justificativas dos resultados encontrados pelos autores, dentre eles Rocha e Teixeira (1996), Cruz e Teixeira (1999), Melo e Rodrigues Júnior (1998), Luporini e Alves (2008) e Conte Filho (2008).

A relação entre consumo das famílias e o investimento privado apresentou uma elasticidade de -0,382, indicando que para cada aumento de 1% no consumo das famílias do período imediatamente anterior ( $t - 1$ ), *ceteris paribus*, o investimento privado do período presente ( $t$ ) se reduz em 0,382%<sup>27</sup>.

<sup>25</sup> Esse resultado também foi encontrado por outros estudos, como por exemplo, Melo e Rodrigues Júnior (1998), Cruz e Teixeira (1999) e Dos Santos e Pires (2009).

<sup>26</sup> Nas estimações das funções investimento foram utilizadas principalmente as taxas dos Certificados de Depósito Bancário (CDB) como proxy da taxa de juros que influenciaria as decisões de investimento, bem como pela inexistência de dados, a utilização de várias variáveis diferentes para construir uma série temporal em conformidade com os objetivos da pesquisa, como o fez Conte Filho (2008).

<sup>27</sup> Pelas especificações das funções investimento privado encontradas na literatura não incluírem o consumo das famílias como uma variável explicativa do investimento privado, não se permite comparação com resultados empíricos em termos de função investimento privado.

Para a função consumo das famílias temos resultados que corroboram as argumentações keynesianas, em que para cada aumento da renda ocorreria uma elevação do consumo, mas, sendo esta em menor magnitude. Isso ficou constatado a partir de uma elasticidade de 0,382.

O consumo das famílias também se mostrou ser serialmente correlacionado, dada uma elasticidade de 0,616 da variável consumo das famílias com uma defasagem ( $t - 1$ ) relativamente ao consumo das famílias sem defasagens ( $t$ ).

O investimento realizado pelo setor público apresentou uma elasticidade, estatisticamente significativa, de -0,045 em relação ao consumo das famílias. Apesar dessa inelasticidade, esse resultado indicaria, por exemplo, que para que o investimento do setor público ocorra, há a necessidade de elevação da carga tributária<sup>28</sup>, que ao reduzir a renda disponível reduziria o consumo das famílias, analise essa condizente com a elasticidade de 0,382 do produto interno bruto em relação ao consumo das famílias.

Por fim, as variáveis utilizadas como proxy da instabilidade econômica, variância da taxa de inflação e variância da taxa de câmbio nominal, que foram incorporadas na função consumo das famílias dada a abordagem do VAR utilizada, apresentaram elasticidades estatisticamente significantes, com os respectivos valores de 0,004 e -0,007.

---

<sup>28</sup> Segundo Dos Santos e Pires (2009) houve no período de 1997 a 2008 “uma elevação da carga tributária bruta brasileira da ordem de nove pontos percentuais do PIB”.

## 7 Previsões pela proposta de Integração Econometria + Insumo-Produto

### 7.1 Cenários considerados

Para permitir a realização das previsões de consumo setorial das fontes energéticas, há a necessidade da formulação de cenários que complementem o conjunto de informações para a proposta de integração econometria + insumo-produto adotada.

Como destacado por Caio e Bermann (1998) a elaboração de cenários não possui como propósito prever o futuro, mas sim “organizar, sistematizar e delimitar as incertezas, explorando sistematicamente, os pontos de mudança ou manutenção dos rumos de uma dada evolução de situações”. Dessa forma, para a construção de cenários deve-se buscar a coerência e plausibilidade, bem como uma adequada ordem cronológica.

Sendo assim, se fará opção pela construção de três cenários alternativos, sendo eles o de Referência, o de Alta e o de Baixa. Essa classificação adotará como unidade de medida as respectivas taxas de crescimento das variáveis adotadas, justificando-se, principalmente, essa escolha, pela obtenção das elasticidades pelo bloco econométrico.

Para a construção dos cenários será dividido o período de 2006 a 2015, em dois intervalos, sendo eles o de 2006 a 2008, subsidiado por dados disponibilizados pelos centros de pesquisas, mas precisamente os apresentados no sítio do IPEADATA, e de 2009 a 2015.

Porém, vale ressaltar que por se estar utilizando as funções consumo das famílias e investimento privado pela metodologia econométrica de VAR, ter-se-ia que as previsões para o ano de 2006 são dependentes das taxas de crescimento do ano de 2005, dessa maneira, os dados foram coletados a partir do ano de 2004<sup>29</sup>.

Considerando-se a variável produto interno bruto foi utilizada, inicialmente, a taxa de crescimento observada para o ano de 2005, de 4,37%, para que se pudesse realizar as previsões para o primeiro período (cenário de referência). Daí em diante, as demais informações serão as taxas de crescimento identificadas pelo bloco de insumo-produto híbrido. De igual maneira será utilizada a taxa de 5,18% para o consumo das famílias do ano de 2005, sendo as demais informações geradas pela função consumo das famílias.

---

<sup>29</sup> Os dados das variáveis gastos do governo, exportações, investimento público, consumo das famílias e produto interno bruto foram coletados junto ao *sítio* do IPEADATA com periodicidade anual, tendo como intuito obter apenas as taxas de crescimento, que para tanto, sobre as respectivas séries de dados foi aplicado um número-índice gerado pelo IGP-DI centrado (fim do período). Para as demais variáveis foram utilizados os dados da pesquisa. Para a taxa de juros real (SELIC) utilizou-se como informação anual a taxa acumulada dos quatro trimestres para os respectivos anos, e para as variâncias da inflação (IGP-DI) e da taxa de câmbio nominal (R\$/US\$) foram utilizadas as variâncias médias para cada ano.

Para o investimento privado do período  $t - 1$ , será aplicado como primeira observação a taxa de crescimento de 3%, sendo esta arbitrada, principalmente, por não se ter obtido junto ao sítio do IPEADATA informações para este período.

Buscando contornar tal ausência de informação, realizou-se uma avaliação das taxas de crescimento média para alguns períodos em que se tinham dados disponíveis. No entanto, o que se percebeu é que as taxas médias de crescimento se distanciaram bastante para períodos distintos, como por exemplo, de 0,8%, para o intervalo de 1995 a 2006, para 4,4%, de 1970 a 2006. Sendo assim, por uma questão de prudência estabeleceu-se a taxa de 3%.

Corroborando com essa indicação, também se procedeu a observação do impacto de taxas de crescimento alternativas sobre as previsões realizadas pelo modelo integrado, justificando-se tal avaliação, principalmente, pela identificação de correlação serial para o investimento privado no período. Como resultante dessa análise foi possível constatar que a influência seria elevada tanto por taxas de crescimento pequenas como grandes, validando a utilização de uma taxa de crescimento moderada para a construção dos cenários.

Retornando-se a construção dos cenários como um todo, tem-se que para o período de 2006 a 2008 os dados observados<sup>30</sup> corresponderão ao cenário de Referência, e para os demais cenários serão aplicados múltiplos sobre as respectivas taxas de crescimento observadas. O cenário de Baixa corresponderá à aplicação do múltiplo 0,7 sobre as taxas de crescimento (em termos absolutos) dos gastos do governo, exportações, investimento público, taxa de juros real (SELIC), variância da taxa de câmbio nominal (R\$/US\$) e variância da inflação (IGP-DI)<sup>31</sup>. Já para o cenário de Alta, do primeiro período, será aplicado o múltiplo de 1,5 sobre as taxas de crescimento (em termos absolutos) das mesmas variáveis<sup>32</sup>. Resultam dessas considerações os cenários alternativos para o período de 2005/06 a 2008, apresentados na tabela 10.

Para o período de 2009 a 2015 os três cenários foram desenvolvidos para permitir uma observação de caminhos distintos da economia brasileira, relativamente às hipóteses de

---

<sup>30</sup> As taxas de crescimento dos gastos do governo, exportações e investimento público foram extraídas diretamente dos dados do IPEADATA, deflacionados pelo número-índice gerado a partir do IGP-DI. Salienta-se que para o investimento público foi utilizado a taxa média de crescimento observada entre 1996 e 2008. Para a taxa de juros real (SELIC), variância da inflação (IGP-DI) e variância da taxa de câmbio nominal (R\$/US\$) foram utilizadas as informações geradas a partir dos procedimentos adotados sobre os dados na dissertação, ou seja, os dados como foram utilizados nas estimativas do VAR.

<sup>31</sup> Essa hipótese é levantada a partir da observação de taxas de crescimento negativas para as variáveis que, pela proposta da construção dos cenários, deveriam apresentar o comportamento oposto. Como exceção a esta regra, foi aplicado o múltiplo 1,3 sobre as taxas de crescimento das exportações do ano de 2007, da variância da inflação (IGP-DI) para os anos de 2006 e 2007, e da variância da taxa de câmbio nominal (R\$/US\$), pelos valores observados serem negativos.

<sup>32</sup> Pelos mesmos motivos, foi aplicado, sobre as mesmas observações, o múltiplo 0,7 para o cenário de Alta.

Referência, de Alta e de Baixa, com certa continuidade aos cenários construídos acima, representando poucas modificações de tendência.

As modificações realizadas estão razoavelmente respaldadas na observação do comportamento das variáveis e acontecimentos econômicos, como por exemplo, o comportamento da taxa de crescimento da taxa de juros real (SELIC), que apresentou uma tendência de queda significativa entre 2006 e 2008, que se acredita não seja uma tendência a manter continuidade, dado o histórico de elevadas taxas de juros na economia brasileira.

Tabela 10 – Cenários para o período de 2005/06 a 2008.

(Taxas de Crescimento)

Variável	Ano	Baixa	Referência	Alta
Gastos do Governo	2006	5,00%	7,14%	10,71%
	2007	3,46%	4,94%	7,41%
	2008	0,36%	0,52%	0,78%
Exportações	2006	0,78%	1,12%	1,68%
	2007	-4,47%	-3,44%	-2,41%
	2008	5,10%	7,28%	10,92%
Investimento Público	2005	1,27%	1,81%	2,72%
	2006	1,27%	1,81%	2,72%
	2007	1,27%	1,81%	2,72%
	2008	1,27%	1,81%	2,72%
Taxa de Juros Real (SELIC)	2005	73,80%	56,77%	39,74%
	2006	-5,99%	-8,56%	-12,84%
	2007	-26,98%	-38,54%	-57,81%
	2008	-8,61%	-12,30%	-18,45%
Variância da Inflação (IGP-DI)	2005	82,31%	117,58%	176,39%
	2006	-5,50%	-4,23%	-2,96%
	2007	-27,09%	-20,84%	-14,59%
	2008	233,44%	333,48%	500,22%
Variância da Taxa de Câmbio Nominal (R\$/US\$)	2005	-32,88%	-46,97%	-70,46%
	2006	-28,22%	-40,31%	-60,46%
	2007	-25,24%	-36,06%	-54,09%
	2008	541,87%	416,82%	291,77%

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, chegou-se ao seguinte conjunto de cenários<sup>33</sup>:

Tabela 11 – Cenários para o período de 2009 a 2015.  
(Taxas de Crescimento)

Variável	Baixa	Referência	Alta
Gastos do Governo	1,50%	3,00%	4,50%
Exportações	0,00%	2,00%	3,00%
Investimento Público	0,50%	2,00%	3,00%
Taxa de Juros Real (SELIC)	5,00%	0,00%	-5,00%
Variância da Inflação (IGP-DI)	-20,00%	0,00%	20,00%
Variância da Taxa de Câmbio Nominal (R\$/US\$)	20,00%	0,00%	-20,00%

Fonte: Elaboração própria.

## 7.2 Previsões do consumo de fontes energéticas

Essa proposta de integração, tendo como estratégia a de ligação, requer do bloco econométrico um gerador de dados que alimentará o bloco de insumo-produto híbrido, para que se possa proceder à realização das previsões. No entanto, por não se ter utilizado o bloco econométrico para identificar todas as informações das variáveis relacionadas acima, inicia-se essa seção com a descrição dos ajustes realizados sobre o bloco de insumo-produto híbrido, para receber as informações do bloco econométrico.

Como foi identificado que o principal canal de integração corresponde a utilização dos componentes da demanda final, tem-se que esse conjunto de informações deve estar completo. Porém, para o bloco de insumo-produto híbrido, dado a compatibilização das informações entre os dados trazidos pela tabela de Oferta e Demanda da produção a preço básico com os dados disponibilizados pelo Balanço Energético Nacional (BEN), foi constatado que os dados do BEN não apresentavam informações quanto aos componentes da demanda final.

Sendo assim, dado que a equação 2 apresenta que a soma dos elementos de cada linha da Tabela de Insumo-Produto corresponde ao produto total de um setor individualmente, e que os elementos das respectivas linhas representam o consumo intermediário e os componentes da demanda final, utilizou-se dessa constatação para encontrar a demanda final

<sup>33</sup> A escolha de cenários com taxas constantes de crescimento foi utilizada por uma questão de conveniência.

dos setores, a partir dos valores do consumo intermediário e do produto total. Ou seja, a identificação da demanda final dos setores foi feita pela subtração do consumo intermediário do produto total, por setor.

Porém, isso não solucionou o problema como um todo, dada a obtenção apenas da demanda final total, sendo necessárias as informações por componente da demanda final. Como solução, procedeu-se de igual maneira ao realizado para a obtenção dos elementos da sub-matriz de transação quadrada dos setores energéticos (consumo intermediário), ou seja, obteve-se dos dados em valores monetários trazidos pela tabela de Oferta e Demanda da produção a preço básico, uma matriz de proporção em relação aos componentes da demanda final, para os setores energéticos considerados, que foi aplicada sobre os valores da demanda final total, obtendo-se os seguintes resultados:

Tabela 12 – Componentes da Demanda Final e Demanda Total dos setores energéticos.

Unidade de medida: 1.000 tep.

	Exportações	Consumo da Adm Pública e ISFLSF <sup>34</sup>	Consumo das Famílias	Formação Bruta de Capital Fixo	Variação de Estoques	Demanda Final	Demanda Total
Petróleo e gás natural	797,252	0,000	0,000	0,000	140,583	937,835	13.410,321
Refino de petróleo e coque	4.006,663	0,000	8.417,509	0,000	761,939	13.186,111	80.511,621
Álcool	123,686	0,000	263,946	0,000	-29,627	358,006	7.321,240
Eletricidade	0,000	0,000	7.154,598	0,000	0,000	7.154,598	32.266,606

Fonte: Elaboração própria.

Dessa forma foi possível completar o conjunto de dados da abordagem de insumo-produto híbrido, necessários para a realização das previsões a partir da proposta de integração econométrica + insumo-produto adotada.

Sumarizando os procedimentos utilizados para a junção das informações do bloco de insumo-produto híbrido, do bloco econométrico e dos cenários, para se obter às previsões das fontes energéticas consideradas, têm-se os seguintes passos:

- Aplicação das taxas de crescimento indicadas nos cenários sobre as funções do investimento privado e do consumo das famílias, geradas pelo bloco econométrico,

<sup>34</sup> Componente resultante da agregação do Consumo da Administração Pública com o Consumo das ISFLSF. A sigla ISFLSF corresponde as Instituições sem fins de lucro a serviço das famílias.

para obter as respectivas taxas de crescimento do investimento privado e do consumo das famílias para o período de 2005 a 2015;

- Alimentação do bloco de insumo-produto híbrido pelo conjunto de taxas de crescimento das seguintes variáveis (componentes da demanda final): exportações; consumo da administração pública e ISFLSF<sup>35</sup>; consumo das famílias; investimento público e investimento privado<sup>36</sup>; variação de estoques<sup>37</sup>;
- Aos componentes da demanda final resultantes aplicou-se o somatório aos vetores linhas (referente a cada setor), obtendo-se dessa forma o vetor coluna da demanda final, que ao ser pré-multiplicado pela matriz inversa de Leontief (híbrida) resultou no vetor coluna da demanda total para os respectivos setores; e
- Dada a significância estatística da variável produto interno bruto defasado, para as funções consumo das famílias e investimento privado, optou-se por utilizar o somatório do vetor coluna da demanda total para indicar o seu comportamento, e deste, obter as respectivas taxas de crescimento a serem utilizadas nas ditas funções.

Sendo assim, identificou-se o consumo das famílias e o investimento privado como sendo endógenos com relação ao bloco econométrico, e o produto interno bruto quanto ao bloco de insumo-produto híbrido.

Neste momento, vale observar a utilização do bloco de insumo-produto híbrido em sua versão fechada, ou seja, todos os componentes da demanda final foram tratados como variáveis exógenas, sendo suas respectivas variações utilizadas para indicar modificações na demanda final para que se pudesse aplicar o modelo de insumo-produto híbrido como de previsão.

O modelo integrado econometria + insumo-produto (híbrido) desenvolvido, dados os cenários e hipóteses considerados, foi utilizado para realizar previsões para o consumo dos seguintes setores energéticos: petróleo e gás natural, refino de petróleo e coque, álcool e eletricidade.

---

<sup>35</sup> Para ambas as variáveis foram consideradas as taxas de crescimento dos gastos do governo apresentadas acima.

<sup>36</sup> Para a obtenção das variáveis investimento público e investimento privado, foi realizada uma avaliação da participação dessas variáveis na formação bruta de capital fixo total, no decorrer do período de 1995 a 2006, que correspondeu a identificar como percentual médio para o investimento público o valor de 11,45%, e para o investimento privado o de 88,45%. Dessas participações, encontra-se facilmente a divisão da formação bruta de capital fixo, apresentada na abordagem de insumo-produto, nas variáveis desejadas. Aplica-se sobre essas, as taxas de crescimento identificadas pelo tópico de construção de cenários.

<sup>37</sup> Em se tratando da variação de estoques optou-se pela consideração de taxa de crescimento nula, haja vista a pequena participação dessa variável na composição da demanda final.

Dada a divisão em cenários, preferiu-se, inicialmente, apresentar os resultados por cenário. Bem como, haja vista a realização de uma breve análise, presente no capítulo 5, a partir das matrizes de coeficientes técnicos e a inversa de Leontief, obtidas para o desenvolvimento dessa dissertação, apresentar-se-á apenas o consumo agregado das respectivas fontes energéticas em comento.

Para o cenário de Referência obteve-se os seguintes resultados:

Tabela 13 – Previsões para os anos de 2006 a 2015 – Cenário de Referência.

(Em mil tep)

<b>Ano\ Setor</b>	<b>Petróleo e gás natural</b>	<b>Refino de petróleo e coque</b>	<b>Álcool</b>	<b>Eletricidade</b>
2006	13943,816	84021,778	7659,700	33787,350
2007	14315,855	86851,010	7954,660	35048,456
2008	15128,506	91624,245	8391,515	36834,779
2009	15644,380	94753,157	8690,043	38106,600
2010	16176,682	97996,898	8999,635	39424,882
2011	16726,814	101356,973	9320,477	40790,292
2012	17296,590	104840,017	9653,252	42205,478
2013	17888,142	108456,290	9998,994	43674,491
2014	18503,903	112218,883	10359,009	45202,478
2015	19146,608	116143,368	10734,848	46795,546

Fonte: Elaboração própria.

Neste cenário de Referência, pode-se perceber que as quatro fontes energéticas apresentaram um razoável crescimento, sendo este de aproximadamente 45% para todo o intervalo de tempo em estudo. Dentre as fontes energéticas, a que apresentou um crescimento mais significativo foi o setor Álcool, com uma variação de 46,63%, o que equivale a uma taxa de crescimento anual de aproximadamente 3,90%. Para o setor Eletricidade a variação foi de 45,03%, correspondendo a aproximadamente 3,79% anualmente. Em seguida temos o setor Refino de Petróleo e Coque com 44,26%, e anualmente por volta de 3,73% . Por fim, com a menor taxa de crescimento, o setor Petróleo e Gás Natural com 42,77%, equivalendo a 3,63% ao ano, aproximadamente.

Em termos das taxas de crescimento observadas ano a ano, pode-se constatar que o ano de maior taxa de crescimento, para todas as fontes energéticas, foi o de 2008, estando esta entre 5,68%, para o setor Petróleo e Gás Natural, e 5,10%, do setor Eletricidade. No entanto, uma explicação plausível para esta informação corresponde a construção do cenário utilizar,

até o ano de 2008, informações coletadas representando o que realmente foi observado, para subsidiar a geração desses cenários. De 2009 em diante temos uma taxa média em torno de 3,5%.

Passando-se a considerar o cenário de Baixa têm-se os seguintes resultados:

Tabela 14 – Previsões para os anos de 2006 a 2015 – Cenário de Baixa.

(Em mil tep)

<b>Ano\ Setor</b>	<b>Petróleo e gás natural</b>	<b>Refino de petróleo e coque</b>	<b>Álcool</b>	<b>Eletricidade</b>
2006	13771,996	82916,845	7552,892	33311,072
2007	13926,840	84399,858	7720,373	34021,508
2008	14433,365	87368,648	7989,412	35127,921
2009	14541,952	87956,260	8047,653	35395,564
2010	14638,396	88495,701	8100,925	35645,081
2011	14722,753	88974,333	8148,049	35871,619
2012	14795,655	89388,189	8188,681	36073,671
2013	14857,995	89738,177	8222,940	36251,611
2014	14910,773	90027,902	8251,201	36406,849
2015	14955,018	90262,373	8273,969	36541,339

Fonte: Elaboração própria.

Como era de se esperar, observa-se que as taxas de crescimento dos setores energéticos foram bem mais modestas para este cenário relativamente ao de Referência, estando às taxas de crescimento em torno de 12,5% para todo o período. Para este cenário, o setor energético que apresentou a taxa de crescimento maior foi Eletricidade, com uma variação de 13,25%, seguido pelos setores energéticos Álcool, Refino de Petróleo e Coque e Petróleo e Gás Natural, que apresentaram, respectivamente, as seguintes taxas de crescimento: 13,01%, 12,11% e 11,52%.

Novamente, têm-se o ano de 2008 como o de ocorrência das maiores taxas de crescimento, ao se observar que em média o consumo total das respectivas fontes energéticas cresceu 3,5%, relativamente ao ano de 2007.

Por fim, para ao cenário de Alta obteve-se os seguintes resultados:

Tabela 15 – Previsões para os anos de 2006 a 2015 – Cenário de Alta.

(Em mil tep)

<b>Ano\ Setor</b>	<b>Petróleo e gás natural</b>	<b>Refino de petróleo e coque</b>	<b>Álcool</b>	<b>Eletricidade</b>
2006	14229,772	85872,305	7838,570	34584,747
2007	14947,076	90902,292	8345,050	36757,783
2008	16223,619	98469,346	9039,535	39594,188
2009	17285,213	105170,165	9684,567	42284,534
2010	18420,015	112324,442	10374,043	45155,333
2011	19640,334	120006,355	11115,333	48235,550
2012	20960,895	128305,101	11917,299	51559,981
2013	22399,545	137328,834	12790,689	55170,771
2014	23978,251	147210,293	13748,704	59119,605
2015	25724,489	158114,811	14807,791	63470,805

Fonte: Elaboração própria.

Neste cenário, o consumo das fontes energéticas praticamente dobraria no decorrer dos 10 anos em estudo, dado uma taxa de crescimento de aproximadamente 97% para os quatro setores energéticos em comento. O setor de Álcool mais que dobraria, com uma variação de 102,26% no seu consumo total. Por outro lado, o setor que apresentaria o menor crescimento seria o de Petróleo e Gás Natural, sendo este de 91,83%.

Considerado as taxas de crescimento ano a ano, o ano de 2008, identificado como o de maiores taxas de crescimento, indicaria um crescimento acima dos 7,5%, e que para o setor de Petróleo e Gás Natural chegaria a 8,54%, que por sua vez corresponde a maior taxa de crescimento para todas as observações e todos os cenários construídos.

Outra estratégia de análise para os resultados obtidos corresponde a observar as taxas de crescimento previstas para os setores não-energéticos e compará-las a identificação dos principais demandantes de energia realizada pela matriz inversa de Leontief.

Levando-se em consideração os requerimentos totais foram identificados, acima, como os principais demandantes de energia, os setores de Transporte e Metais não-ferrosos. O setor de Transporte apresentou para os cenários de Baixa, Referência e Alta as taxas de crescimento de respectivamente, 13,16%, 46,85% e 102,76%, para o intervalo de tempo em estudo. Já o setor de Metais não-ferrosos apresentou previsões mais modestas, sendo elas de respectivamente, 8,68%, 36,30% e 75,16%.

Comparando tais taxas de crescimento com as observadas para os demais setores não-energéticos, percebe-se, para o cenário de Referência, que o setor de Transporte foi o quarto

em taxa de crescimento, e o setor de Metais não-ferrosos ficou na penúltima colocação, a frente apenas do setor Extrativa Mineral, que apresentou uma taxa de crescimento de apenas 31,69%. O setor com a maior taxa de crescimento foi Outros setores, com 51,90%.

Essa análise ajuda a ressaltar que da aceitação da hipótese de que as taxas de crescimento dos componentes da demanda final sejam iguais para todos os setores, conduz a uma análise restrita do comportamento dos setores, e que as possibilidades de análise em termos de comportamentos distintos dos setores são vastas.

Com isso, considera-se que como os setores mais demandantes de fontes energéticas não apresentaram as maiores taxas de crescimento dentre os setores considerados, o impacto sobre os setores energéticos poderia ser superior ou inferior, a depender das combinações de taxas de crescimento dos componentes da demanda final dos setores não energéticos.

Passando-se a considerar possibilidades de avaliação do nível de precisão para as previsões realizadas, far-se-á uso, inicialmente, da comparação entre os valores observados e previstos, relativamente aos anos de 2006 a 2008, sendo estes os anos a que se têm informações para o período em que se realizaram as previsões.

Sendo assim, apresentam-se, na tabela 16 abaixo, os valores observados para os anos de 2006 a 2008, relativamente aos quatro setores energéticos considerados, sendo estas informações trazidas no BEN de 2009.

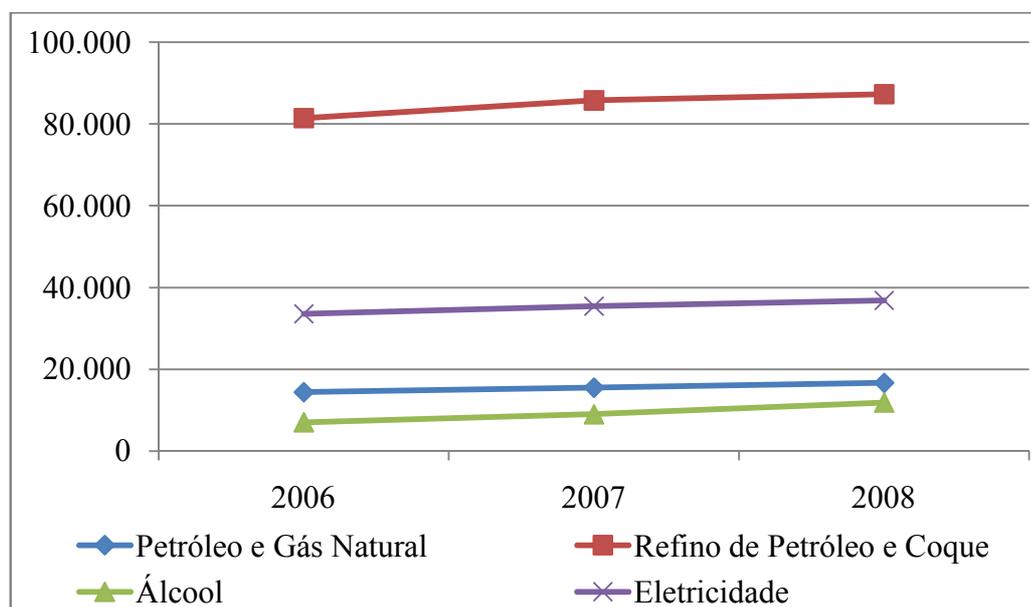
Tabela 16 – Consumo Final observado dos setores energéticos (2006 a 2008).

(Em mil tep)

<b>Setor\Ano</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
Petróleo e Gás Natural	14.385	15.502	16.652
Refino de Petróleo e Coque	81.442	85.770	87.286
Álcool	6.981	8.967	11.803
Eletricidade	33.536	35.443	36.830

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do BEN 2009.

Gráfico 5 – Consumo Final observado dos setores energéticos (2006 a 2008).  
(Em mil tep)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do BEN 2009.

A partir desses valores pode-se perceber que para os setores de Refino de Petróleo e Coque e o de Eletricidade, os valores previstos apresentaram valores bastante próximos aos observados, relativamente ao nível de precisão para os demais setores energéticos em comento.

Para o setor de Refino de Petróleo e Coque os valores observados oscilaram entre os valores previstos pelos cenários de Baixa e de Referência. Já para o setor de Eletricidade o nível de precisão foi bastante elevado para o cenário de Referência. A taxa média de crescimento anual observada para o setor de Refino de Petróleo e Coque, para os anos de 2006 a 2008, foi de 2,7%, e do setor de Eletricidade, para o mesmo período, foi de 4,5%.

O setor de Petróleo e Gás Natural apresentou valores observados acima de todas as previsões realizadas, indicando que deste o ano de 2006 o setor vêm apresentando taxas de crescimento significativas, sendo elas em média de 7,5%, para o período de 2006 a 2008. Comparativamente, tem-se para o cenário de Alta a identificação de uma taxa de crescimento em torno de 5,6%, para o mesmo período.

Levando-se em consideração o setor Álcool, percebe-se que para o ano de 2006 os valores previstos estiveram acima, para todos os três cenários, do valor observado, mas, no entanto, para os anos de 2007 e, principalmente, 2008, os valores observados ultrapassam bastante os valores previstos.

Isso aconteceu, principalmente, por causa das elevadas taxas de crescimento observadas para os anos de 2007 e 2008, que foram respectivamente de 28,45% e 31,63%, tendo, em contrapartida, para o ano de 2006, apresentado uma taxa de crescimento negativa de -4,64%. Exemplificando, tem-se que para o ano de 2008 a diferença entre o valor previsto, para o cenário de Alta, e o valor observado foi de 2,763 milhões de tep. O valor do consumo total de Álcool observado para o ano de 2008 só foi previsto pelo cenário de Alta, e este apenas no ano de 2012, em que alcançou o valor de 11,917 milhões de tep.

Sendo assim, o que se identificou, pelo cenário de Alta, como um consumo que dobraria em 10 anos, pode, se prosseguir essas taxas de crescimento, ser obtido em um intervalo de apenas 4 anos, dada uma taxa média de crescimento de 18,48%. Ou seja, se a taxa de crescimento observada em 2009 for próxima a este percentual, o consumo de Álcool praticamente dobrará em relação ao do ano de 2005 no Brasil.

Retornando-se as possibilidades de avaliação do nível de precisão das previsões, pode-se também, dentre outras, fazer uso de medidas estatísticas, sendo uma comumente utilizada a do Desvio Absoluto Médio Percentual (*DAMP*)<sup>38</sup>, tendo como critério de seleção do melhor previsor o que apresentar o menor valor, ou seja, avaliação pelo critério de minimização. A fórmula utilizada para obter o Desvio Absoluto Médio Percentual pode ser escrita da seguinte maneira:

$$DAMP(j) = 100 \times \frac{\sum_{t=2006}^{2008} \left| \frac{p_{j,t} - o_{j,t}}{o_{j,t}} \right|}{n} \quad (53)$$

Sendo  $p_{j,t}$  o valor previsto para o consumo do setor energético  $j$  no período  $t$ ,  $o_{j,t}$  o valor observado para o consumo do setor energético  $j$  no período  $t$ , e  $n$  corresponde ao número de períodos em avaliação, que para o caso é igual a 3.

Os resultados da aplicação dessa fórmula sobre os valores descritos acima estão apresentados na tabela 17 abaixo:

---

<sup>38</sup> Em ESAF (2001) observa-se a consideração de que os três métodos mais populares de medição de acurácia, são: o Desvio Absoluto Médio, o Desvio Quadrático Médio e o Desvio Absoluto Médio Percentual. Por não haver consenso entre os estatísticos sobre qual método é preferível, adotou-se na presente dissertação, por conveniência, o Desvio Absoluto Médio Percentual, dada a facilidade de interpretação, bem como, por facilitar a outros autores a comparação com os resultados aqui encontrados.

Tabela 17 – Desvio Absoluto Médio Percentual como medida do nível de precisão das previsões por cenário, relativamente aos anos de 2006 a 2008.

<b>Cenários</b>	<b>Petróleo e Gás Natural</b>	<b>Refino de Petróleo e Coque</b>	<b>Álcool</b>	<b>Eletricidade</b>
Referência	6,621%	3,133%	16,637%	0,625%
Baixa	9,249%	1,168%	18,138%	3,100%
Alta	2,409%	8,078%	14,212%	4,781%

Fonte: Elaboração própria.

Esses resultados corroboram as afirmações feitas acima, sobre o nível de precisão das previsões, tendo para o setor Álcool, que foi o setor em que as previsões mais se distam, o valor do DAMP ultrapassado os 14%. Contrariamente, para o setor Eletricidade essa medida estatística apresentou, para o cenário de Referência, um valor de apenas 0,62%. A distância entre o valor máximo de 18,14% e o mínimo de 0,62%, corresponde a um índice da qualidade das previsões realizadas.

Porém, acredita-se que tal avaliação, apesar de trazer informações válidas, não pode ser adotada como um critério razoável de avaliação da proposta de integração econometria + insumo-produto, desenvolvida no decorrer dessa dissertação.

Justifica-se essa consideração por dois motivos básicos. Primeiro, o período de comparação é muito curto para se perceber um nível satisfatório de ajustamento entre os dados observados e previstos. E segundo, é que o objetivo primordial dessa dissertação não é acertar, precisamente, o que está por vir, principalmente em termos de cenários, mas sim, o de desenvolver um modelo de previsão que comporte um conjunto razoável de possibilidades de compatibilizar comportamentos diversos para as variáveis em comento, como por exemplo, avaliar o efeito final da combinação de uma taxa elevada de crescimento do investimento público, com uma taxa negativa de crescimento do consumo das famílias, bem como, expandir essa análise para diferenciações entre os setores, o que corresponde a uma ferramenta mais adequada para o planejamento econômico, mas precisamente o planejamento energético.

## 8 Conclusão

A adequada disponibilidade de recursos energéticos é um aspecto a ser considerado no processo de recuperação do crescimento econômico brasileiro, fato este realçado pela utilização generalizada desse recurso na economia, bem como, pelas crises de energia elétrica de 2001 e do gás natural nos anos de 2004 e 2005.

As principais fontes na matriz energética nacional, segundo dados do BEN (2008), são: petróleo, gás natural, energia elétrica, carvão mineral, lenha e produtos da cana. Porém, está em andamento a implementação de uma maior participação da energia nuclear na matriz energética nacional, fato este que estaria sendo, principalmente, possibilitado pelas projeções de funcionamento do projeto de Angra 3 a partir do ano de 2013. Vale também ressaltar a atuação com fontes de energia alternativas, como as realizadas na área da biomassa.

Dada a importância do setor energético no desenvolvimento de uma nação, há a necessidade de racionalização da tomada de decisão, ou mais precisamente da gestão estratégica no suprimento de fontes energéticas, que tem como principais atores os órgãos governamentais de planejamento energético, como exemplo o Ministério de Minas e Energia, as agências regulatórias, e as empresas fornecedoras.

Um elemento de grande importância nesse processo corresponde a caracterização desse setor. Dentre as características desse setor, uma marcante corresponde ao elevado período de maturação dos investimentos, que como contrapartida reduz a possibilidade de resposta à conjuntura (econômica) por esse setor. Neste ponto, mas enfaticamente, surge a importância de modelos de previsão que permitam direcionar a tomada de decisões pelos agentes envolvidos, e é neste contexto que a presente dissertação busca contribuir.

As previsões foram realizadas utilizando-se da proposta de integração econometria + insumo-produto, sendo esta última híbrida, que foi construída a partir da compatibilização de dados da matriz insumo-produto com as do BEN, ambos para o ano de 2005. Deste processo resultou o bloco de insumo-produto com uma Matriz de Coeficientes Técnicos de dimensão  $17 \times 17$ , sendo destes, quatro setores energéticos e treze não-energéticos.

Para o bloco econométrico, iniciou-se pela identificação de não-estacionariedade das séries temporais utilizadas, e daí se testou a existência de relação de equilíbrio de longo prazo, o que validou os resultados obtidos pelo modelo VAR de ordem 1. Essa abordagem foi empregada para endogeneizar o consumo das famílias e o investimento privado.

Para a função investimento privado os resultados identificaram um efeito acelerador do produto interno bruto, dada uma elasticidade de 1,387. Haveria uma correlação serial no investimento privado indicado pela elasticidade de 0,503 para o investimento privado defasado em um período. Já o consumo das famílias seria capaz de reduzir o nível de investimento privado da economia. Os investimentos realizados pelo setor público apresentaram um efeito *crowding-out* sobre o investimento privado. E por fim, uma novidade em termos de resultados empíricos para o Brasil, que foi a significância estatística da taxa de juros real, que estaria mitigando o investimento privado dada uma elasticidade de -0,035. Esses resultados se mostraram de acordo com a teoria econômica adotada.

A função consumo das famílias indicou significância estatística para a variável dependente defasada em um período, assumida como explicativa, o que corresponde a existência de correlação serial para o consumo das famílias. Concordando até mesmo com o senso comum, tem-se a significância estatística do produto interno bruto, que ao ter seu valor elevado faria crescer também o consumo das famílias. Esse consumo das famílias também se mostrou sensível as instabilidades econômicas captadas pelas proxies adotadas, sendo, no entanto, a um nível extremamente baixo.

Complementando as informações necessárias para a realização das previsões se fez uso da construção de cenários, indicando três que permitiram além de realizar previsões, a comparação entre previsões distintas, a partir de supostos comportamentos para as variáveis econômicas selecionadas.

A integração dos dois blocos pela estratégia de ligação, juntamente aos cenários, permitiu construir previsões que indicaram que os setores petróleo e gás natural, refino de petróleo e coque, álcool e eletricidade, para o cenário de Alta, praticamente dobraram os seus níveis de consumo na economia brasileira no intervalo de 2006 a 2015, dado um crescimento médio de 96%. Para os cenários de Referência e de Baixa, os resultados indicam um crescimento de respectivamente 45% e 13%.

Confrontando os resultados das previsões para os anos de 2006 a 2008 aos dados a que já se tem disponibilidade pôde-se perceber um nível razoável de acurácia das previsões, fato este principalmente verdadeiro para o setor Eletricidade.

O setor a que mais se distanciaram os resultados previstos dos observados foi o Álcool, tendo esse setor crescido efetivamente a taxas muito significativas, comportamento não previsto pelo modelo, acredita-se que principalmente pela atipicidade desse comportamento em termos do período a que se foi construído o modelo. Exemplificando,

tem-se que para o intervalo de 1995 a 2005 a taxa média de crescimento do setor Álcool foi de 3,58%, estando esta bem distante dos 14,48% de taxa média de crescimento observada de 2006 a 2008.

Esses resultados corroboram as preocupações quanto a identificação do setor energético ser um potencial ponto de estrangulamento da economia brasileira. Isso tem conduzido a intensificação das propostas de melhoria deste setor, tanto em termos de elevação da oferta como a busca por um maior nível de eficiência no uso das fontes energéticas.

Por fim, há de se ressaltar diversas possibilidades de melhoria dos componentes dessa dissertação, como exemplo, têm-se a utilização de matriz insumo-produto dinâmica e/ou inter-regional, a inclusão de outras variáveis ao bloco econométrico, uso das estratégias de integração por determinação mútua ou acoplagem, maior detalhamento e aprofundamento na construção dos cenários, dentre outras. Outro caminho de melhoria seria a utilização e comparação de modelos de previsão distintos, como, por exemplo, as realizadas por redes neurais artificiais, as propostas de Box & Jenkins, alisamento exponencial, modelo Message e modelo Markal.

## Bibliografia

ARAÚJO JÚNIOR, Ignácio Tavares de. Investimentos em Infra-Estrutura e efeitos sobre a pobreza e distribuição de renda: Uma análise de equilíbrio geral da economia brasileira. Recife: Tese (Doutorado em Economia), PIMES-UFPE, 2006.

AZZONI, C. R.; KADOTA, D. K. An econometric input-output model for the state of São Paulo. Brasil, 1997. (Texto para Discussão Nemesys). Disponível em: <<http://www.nemesys.org.br/>>. Acesso em: 7 novem. 2008.

BAJAY, Sérgio Valdir; BADANHAM, Luís Fernando. Energia no Brasil: Os próximos dez anos. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2002.

BICUDO, Ricardo. Um estudo da influência do investimento público e da incerteza macroeconômica no investimento privado no Brasil. São Paulo: Dissertação (Mestrado em Economia), IBMEC, 2007.

BRAGA, Márcio Bobik; KANNEBLEY JÚNIOR, Sérgio; ORELLANO, Veronica Ines Fernandez. Matemática para Economistas. São Paulo: Atlas, 2003.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia (MME). Balanço Energético Nacional 2008. Brasília, 2008.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia (MME). Balanço Energético Nacional 2009. Brasília, 2009.

BRIASSOULIS, H. Integrated economic-environmental policy modelling at the regional and multiregional level. Growth and Change, n. 17, p. 22–34, 1986.

CAIO, Leonardo Santos; BERMAN, Célio. Análise das metodologias de previsão de mercado de energia elétrica face ao novo perfil de planejamento no ambiente pós-privatização. São Paulo, 1998.

CANUTO, Otaviano; FERREIRA JÚNIOR, Reynaldo Rubem: Assimetrias de informação e ciclos econômicos: Stiglitz é Keynesiano?. In LIMA, Gilberto Tadeu; SICSÚ, João (Org): Macroeconomia do Emprego e da Renda – Keynes e o Keynesianismo. Barueri: Manole, 2003.

CHIRINKO, Robert S. Business fixed investment spending: Modeling strategies, empirical results, and policy implications. Journal of Economic Literature, v. 31, p. 1875-1911, 1993.

CONTE FILHO, Carlos Gilbert. Os determinantes do investimento privado na economia brasileira: 1955 – 2003. Dissertação (Mestrado em Economia) Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2008.

CRUZ, Bruno de Oliveira; TEIXEIRA, Joanílio R. The impacto of public investment on private investment in Brazil, 1947-1990. CEPAL REVIEW 67, 1999.

DICKEY, D; FULLER W. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. Journal of the American Statistical Association, n. 74, p. 427–431, 1979.

\_\_\_\_\_. Likelihood Ratio Tests for Autoregressive Time Series with a Unit Root. Econometrica, n. 49, p. 1057–1072, 1981.

DORNBUSCH, Rudiger; FISCHER, Stanley; STARTZ, Richard. Macroeconomia. 10 ed. Tradução técnica de Eliezer Martins Diniz. São Paulo: McGraw-Hill, 2009.

DOS SANTOS, Cláudio H.; PIRES, Manoel Carlos de Castro. Reestimativas do investimento privado brasileiro D: Qual a sensibilidade do investimento privado “referência 1985” a aumentos na carga tributária?. Brasília: Texto para discussão n. 1297 IPEA, 2007.

DOS SANTOS, Cláudio H.; PIRES, Manoel Carlos de Castro. Qual a sensibilidade dos investimentos privados a aumentos na carga tributária brasileira? Uma investigação econométrica. Revista de Economia Política, v. 29, n. 3. p. 213-231, 2009.

ENDERS, W. Applied econometric time series. Nova York: Wiley, 2003.

ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO FAZENDÁRIA. Modelo de previsão para arrecadação tributária. VI Prêmio Tesouro Nacional, 2001.

FEIJÓ, C. A. *et al.* Contabilidade Social: O novo sistema de contas nacionais do Brasil. 2ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

GIAMBIAGI, Fabio. *et al.* Economia Brasileira Contemporânea. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

GLENNON, D; LANE, J; JOHNSON, S. Regional econometric models that reflect labor market relations. International Journal of Forecasting, n. 3, p. 299–312, 1987.

GRANGER, C; NEWBOLD, P. Spurious regressions in econometrics. Journal of Econometrics, n. 2, p. 111–120, 1974.

GREENE, William H. Econometric Analysis. 5. ed. New York: Prentice Hall, 2003.

GUILHOTO, Joaquim José Martins. Análise de insumo-produto: Teoria e Fundamentos. São Paulo, 2004.

GUJARATI, Damodar. Basics Econometrics. 4. ed. McGraw–Hill, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Matriz insumo-produto Brasil: 2000/2005. Contas Nacionais, n. 23: Rio de Janeiro, 2008.

IPLANCE. Impactos da restrição de consumo de energia elétrica sobre a economia cearense. Governo do Estado do Ceará, Secretaria de Planejamento e Coordenação. Fundação Instituto de Pesquisa e Informação do Ceará – IPLANCE. Fortaleza, 2001.

IRFFI, Guilherme; *et al.* Previsão da demanda por energia elétrica para classes de consumo na região Nordeste, usando OLS dinâmico e mudança de regime. *Economia Aplicada*, v. 13, n. 1, p. 69-98, 2009.

ISRAILEVICH, P. R. *et al.* Forecasting structural change with a regional econometric input-output model. *Journal of Regional Science*, n. 37, p. 565-590, 1997.

JIN, Y; WILSON, A. Generation of integrated multispatial input-output models of cities. *Papers in Regional Science*. n. 72, p. 351-368, 1993.

JOHANSEN, Soren. Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models. *Econometrica*, v. 59, n. 6, p. 1551-1580, 1991.

KEYNES, John Maynard. A teoria geral do emprego, do juro e da moeda. 2. ed. São Paulo: Nova Cultura, 1985.

KWIATKOWSKI, D; PHILLIPS, P; SCHMIDT, P; SHIN, Y. Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root. *Journal of Econometrics*, n. 54, p. 159-178, 1992.

LEONTIEF, Wassily. A economia do insumo-produto. 3. ed. São Paulo: Nova Cultura, 1988.

LOPES, Luiz Martins; VASCONCELLOS, Marco Antonio Sandoval de. (Org.). Manual de Macroeconomia: Nível básico e intermediário. São Paulo: Atlas, 2007.

LUPORINI, Viviane; ALVES, Joana Duarte Ouro. Evolução da teoria do investimento e análise empírica para o Brasil. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

MAIA, Sinézio Fernandes. Modelos de vetores autoregressivos: Uma nota introdutória. Maringá: Texto para discussão nº 60 UEM, 2001.

MANKIW, N. Gregory. Macroeconomia. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MARJOTTA-MAISTRO, Marta Cristina. Biocombustíveis: novos desafios por soluções do setor sucroalcooleiro nacional. São Paulo: CEPEA, 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. UFJF: Texto para Discussão Nº 24. Juiz de Fora: 2008.

MELO, Giovani Monteiro; RODRIGUES JÚNIOR, Waldery. Determinantes do investimento privado no Brasil: 1970-1995. Brasília: Texto para discussão n. 605 IPEA, 1998.

MILLS, J. A.; PRASAD, K. A comparison of model selection criteria. *Econometrica*, n. 11, p. 201-233, 1992.

MINSKY, Hyman P. John Maynard Keynes. New York: Mc Graw Hill, 1976.

\_\_\_\_\_. Stabilizing an Unstable Economy. New Haven: Yale University Press, 1986.

MORETTIN, Pedro A. Econometria Financeira: um curso em séries temporais financeiras. São Paulo: USP, 2006.

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

PASCHOALINO, Fernanda Fidelis; *et al.* Previsão de demanda de energia elétrica no Brasil utilizando redes neurais de Elman. Rio de Janeiro: SPOLM, 2007.

PHILLIPS, P; PERRON, P. Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, n.75, p. 335–346, 1988.

PINDYCK, Robert S.; SOLIMANO, Andrés. Economic instability and aggregate investment. NBER Macroeconomics Annual, 1993.

PINHEIRO, Armando Castelar; GIAMBIAGI, Fabio. Rompendo o Marasmo: A Retomada do Desenvolvimento no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

PINTO JÚNIOR, Helder Queiroz. *et al.* Economia da Energia: Fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PIRES, José Claudio Linhares; GOSTKORZEWICZ, Joana; GIAMBIAGI, Fabio. O cenário macroeconômico e as condições de oferta de energia elétrica no Brasil. Rio de Janeiro: Texto para discussão n. 85, 2001.

RAA, Thijs ten. The Economics of Input-Output Analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

RESK, Sucena Shkrada. A opção atômica. Desafios do desenvolvimento, Brasília, DF, ano 4, n. 30, p. 16-23, jan. 2007.

REY, S. J. The performance of alternative integration strategies for combining regional econometric and input-output models. *International Regional Science Review*, n. 21, p. 1–35, 1998.

\_\_\_\_\_. Integrated regional econometric+input-output modeling: issues and opportunities. *Papers in Regional Science*, v. 79, p. 271-292, 2000.

\_\_\_\_\_; WEST, G. R.; JANIKAS, M. V. Uncertainty in integrated regional models. *Economic Systems Research*, v. 16, n. 3, p. 259-277, 2004.

ROCHA, Carlos Henrique; TEIXEIRA, Joanílio Rodolpho. Complementariedade versus substituição entre investimento público e privado na economia brasileiro: 1965-90. Rio de Janeiro: RBE, 1996.

SANTIAGO, Flaviane Souza. Um modelo econométrico + insumo-produto para a previsão de longo prazo da demanda de combustíveis no Brasil. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) Faculdade de Economia, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009.

SIMS, Christopher A. Macroeconomics and Reality. *Econometrica*, v. 48, n. 1, p. 1-48, 1980.

SOUZA, Rafael Moraes de. Exportações e consumo de energia elétrica: uma análise baseada na integração de modelos econométrico e de insumo produto inter-regional para minas gerais e o estante do Brasil. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) Faculdade de Economia, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.

## **Apêndices**

## Apêndice 1

Tabela 18 - Setores para compatibilidade dos dados da Tabela de oferta e demanda da produção a preço básico com os do Balanço Energético Nacional e vice-versa.

Setores de destino	Setores de origem
Agropecuária	Agricultura, silvicultura, exploração florestal
	Pecuária e pesca
Extrativa mineral	Minério de ferro
	Outros da indústria extrativa
Alimentos e bebidas	Alimentos e bebidas
Têxtil	Têxtil
Papel e celulose	Celulose e produtos de papel
Química	Produtos químicos
Minerais não metálicos	Cimento
	Outros produtos de minerais não-metálicos
Siderurgia	Fabricação de aço e derivados
Metais não ferrosos	Metalurgia de metais não-ferrosos
Comércio	Comércio
Transporte	Transporte, armazenagem e correio
Público	Educação pública
	Saúde pública
	Administração pública e seguridade social
Outros serviços	Produtos do fumo
	Artigos do vestuário e acessórios
	Artefatos de couro e calçados
	Produtos de madeira - exclusive móveis
	Jornais, revistas, discos
	Fabricação de resina e elastômeros
	Produtos farmacêuticos
	Defensivos agrícolas
	Perfumaria, higiene e limpeza
	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas
Produtos e preparados químicos diversos	

Setores não-energéticos

Artigos de borracha e plástico  
 Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos  
 Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos  
 Eletrodomésticos  
 Máquinas para escritório e equipamentos de informática  
 Máquinas, aparelhos e materiais elétricos  
 Material eletrônico e equipamentos de comunicações  
 Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico  
 Automóveis, camionetas e utilitários  
 Caminhões e ônibus  
 Peças e acessórios para veículos automotores  
 Outros equipamentos de transporte  
 Móveis e produtos das indústrias diversa  
 Construção  
 Serviços de informação  
 Intermediação financeira e seguros  
 Serviços imobiliários e aluguel  
 Serviços de manutenção e reparação  
 Serviços de alojamento e alimentação  
 Serviços prestados às empresas  
 Educação mercantil  
 Saúde mercantil  
 Outros serviços

Setores energéticos	Eletricidade	Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana
	Petróleo e gás natural	Petróleo e gás natural
	Refino de petróleo e coque	Refino de petróleo e coque
	Álcool	Álcool

## Apêndice 2.

Tabela 19 – Matriz de Transação brasileira do ano 2005. (continua)  
Valores correntes em 1.000.000 R\$.

Setor / Setor	Petróleo e gás natural	Refino de petróleo e coque	Álcool	Eletricidade	Agropecuária	Extrativa mineral	Alimentos e bebidas	Têxtil	Papel e celulose
Petróleo e gás natural	2826,00	51429,00	0,00	4220,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Refino petróleo e coque	1155,00	15331,00	138,00	2675,60	5205,00	1867,60	2094,00	407,00	530,00
Álcool	0,00	4506,00	0,00	0,00	130,00	27,00	18,00	20,00	9,00
Eletricidade	3022,00	1369,00	171,00	29842,00	999,00	1246,00	5233,00	1606,00	2172,00
Agropecuária	0,00	0,00	4507,00	0,00	16588,00	0,00	86434,21	2499,00	3262,00
Extrativa Mineral	0,00	41,00	0,00	0,00	1144,00	3463,00	65,00	0,00	140,00
Alimentos e bebidas	0,00	0,00	368,00	282,00	14073,00	13,00	45138,00	0,00	174,00
Têxtil	0,00	0,00	29,00	0,00	392,00	311,00	101,00	6408,00	352,00
Papel e celulose	4,00	7,00	29,00	67,00	22,00	216,00	1885,00	134,00	6236,00
Química	643,00	462,00	19,00	646,00	15298,00	248,00	1037,00	523,00	929,00
Minerais não-metálicos	666,00	0,00	23,00	27,00	127,00	29,00	638,00	0,00	42,00
Siderurgia	140,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,00	141,00	0,00	10,00
Metais não ferrosos	231,00	0,00	0,00	127,00	0,00	71,00	102,00	0,00	161,00
Comércio	967,00	515,00	105,00	1291,40	7419,00	1075,40	14809,79	1761,00	1285,00
Transporte	7630,00	2199,00	226,00	2263,00	4101,00	3332,00	12304,00	812,00	1435,00
Público	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outros setores	16439,00	5406,00	930,00	13302,00	14522,00	6641,00	21288,00	3387,00	6238,00

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 19 – Matriz de Transação brasileira do ano 2005.  
Valores correntes em 1.000.000 R\$.

Setor / Setor	Química	Minerais não metálicos	Siderurgia	Metais não ferrosos	Comércio	Transporte	Público	Outros setores
Petróleo e gás natural	38,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Refino petróleo e coque	7872,60	1413,00	429,00	644,00	3912,00	24678,00	3873,00	13380,00
Álcool	226,00	0,00	0,00	0,00	2166,00	269,00	674,00	2527,00
Eletricidade	3317,00	2631,00	4187,00	2519,00	4902,00	2578,00	6574,00	27795,00
Agropecuária	20,00	99,00	0,00	0,00	0,00	0,00	281,00	9019,00
Extrativa Mineral	2504,00	1699,00	6937,00	1250,00	0,00	0,00	29,00	2953,00
Alimentos e bebidas	9,00	3,00	0,00	0,00	240,00	132,00	3707,00	29272,00
Têxtil	60,00	244,00	0,00	0,00	554,00	285,00	26,00	14486,00
Papel e celulose	242,00	473,00	8,00	28,00	1122,00	158,00	729,00	12554,00
Química	5872,00	782,00	2459,00	1069,00	0,00	0,00	643,00	23772,00
Minerais não-metálicos	241,00	2693,00	565,00	134,00	136,00	0,00	328,00	21592,00
Siderurgia	12,00	345,00	8428,00	763,00	0,00	0,00	0,00	40352,00
Metais não ferrosos	21,00	147,00	2160,00	958,00	0,00	18,00	10,00	9416,00
Comércio	3541,40	1955,00	1924,00	803,00	6571,00	6067,00	4599,00	61496,00
Transporte	2369,00	1444,00	4276,00	1084,00	13218,00	15486,00	3556,00	37101,00
Público	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outros setores	8646,00	4250,00	11210,00	3469,00	41331,00	30640,00	108895,00	421088,00

Fonte: Elaboração própria.

### Apêndice 3.

Tabela 20 – Matriz de Transação Híbrida brasileira do ano 2005. (continua)  
Valores correntes em 1.000.000 R\$ e 1.000 tep.

Setor / Setor	Petróleo e gás natural	Refino de petróleo e coque	Álcool	Eletricidade	Agropecuária	Extrativa mineral	Alimentos e bebidas	Têxtil	Papel e celulose
Petróleo e gás natural	157,16	2860,07	0,00	234,68	3,69	269,51	510,87	327,24	519,36
Refino petróleo e coque	309,01	4101,69	36,92	715,84	4821,11	1116,49	714,51	122,25	749,07
Álcool	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eletricidade	102,24	46,32	5,79	1009,59	1348,93	828,56	1776,55	659,61	1270,48
Agropecuária	0,00	0,00	4507,00	0,00	16588,00	0,00	86434,21	2499,00	3262,00
Extrativa Mineral	0,00	41,00	0,00	0,00	1144,00	3463,00	65,00	0,00	140,00
Alimentos e bebidas	0,00	0,00	368,00	282,00	14073,00	13,00	45138,00	0,00	174,00
Têxtil	0,00	0,00	29,00	0,00	392,00	311,00	101,00	6408,00	352,00
Papel e celulose	4,00	7,00	29,00	67,00	22,00	216,00	1885,00	134,00	6236,00
Química	643,00	462,00	19,00	646,00	15298,00	248,00	1037,00	523,00	929,00
Minerais não-metálicos	666,00	0,00	23,00	27,00	127,00	29,00	638,00	0,00	42,00
Siderurgia	140,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,00	141,00	0,00	10,00
Metais não ferrosos	231,00	0,00	0,00	127,00	0,00	71,00	102,00	0,00	161,00
Comércio	967,00	515,00	105,00	1291,40	7419,00	1075,40	14809,79	1761,00	1285,00
Transporte	7630,00	2199,00	226,00	2263,00	4101,00	3332,00	12304,00	812,00	1435,00
Público	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outros setores	16439,00	5406,00	930,00	13302,00	14522,00	6641,00	21288,00	3387,00	6238,00

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 20 – Matriz de Transação Híbrida brasileira do ano 2005.  
Valores correntes em 1.000.000 R\$ e 1.000 tep.

Setor / Setor	Química	Minerais não metálicos	Siderurgia	Metais não ferrosos	Comércio	Transporte	Público	Outros setores
Petróleo e gás natural	2159,21	847,34	1115,25	490,28	233,30	1711,28	48,79	984,46
Refino petróleo e coque	2915,69	2435,26	1859,91	1677,71	477,61	43682,41	587,49	1002,53
Álcool	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6963,23	0,00	0,00
Eletricidade	1814,07	614,43	2062,52	2999,16	4600,29	102,17	2814,85	3056,46
Agropecuária	20,00	99,00	0,00	0,00	0,00	0,00	281,00	9019,00
Extrativa Mineral	2504,00	1699,00	6937,00	1250,00	0,00	0,00	29,00	2953,00
Alimentos e bebidas	9,00	3,00	0,00	0,00	240,00	132,00	3707,00	29272,00
Têxtil	60,00	244,00	0,00	0,00	554,00	285,00	26,00	14486,00
Papel e celulose	242,00	473,00	8,00	28,00	1122,00	158,00	729,00	12554,00
Química	5872,00	782,00	2459,00	1069,00	0,00	0,00	643,00	23772,00
Minerais não-metálicos	241,00	2693,00	565,00	134,00	136,00	0,00	328,00	21592,00
Siderurgia	12,00	345,00	8428,00	763,00	0,00	0,00	0,00	40352,00
Metais não ferrosos	21,00	147,00	2160,00	958,00	0,00	18,00	10,00	9416,00
Comércio	3541,40	1955,00	1924,00	803,00	6571,00	6067,00	4599,00	61496,00
Transporte	2369,00	1444,00	4276,00	1084,00	13218,00	15486,00	3556,00	37101,00
Público	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outros setores	8646,00	4250,00	11210,00	3469,00	41331,00	30640,00	108895,00	421088,00

Fonte: Elaboração própria.

#### Apêndice 4.

Tabela 21 – Requerimentos indiretos por energia. (continua)  
Valores em tep/tep e tep/R\$.

Setor / Setor	Petróleo e gás natural	Refino de petróleo e coque	Álcool	Eletricidade	Agropecuária	Extrativa mineral	Alimentos e bebidas	Têxtil	Papel e celulose
Petróleo e gás natural	1,02502	0,00457	0,00707	0,00638	0,00768	0,00641	0,00616	0,00633	0,00979
Refino petróleo e coque	0,20627	1,02167	0,04923	0,03667	0,02832	0,04153	0,04377	0,02439	0,04024
Álcool	0,02770	0,00244	1,00319	0,00436	0,00220	0,00497	0,00374	0,00238	0,00360
Eletricidade	0,02108	0,00222	0,01275	1,00757	0,00850	0,00713	0,01106	0,01062	0,01596

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 21 – Requerimentos indiretos por energia.  
Valores em tep/R\$.

Setor / Setor	Química	Minerais não metálicos	Siderurgia	Metais não ferrosos	Comércio	Transporte	Público	Outros serviços
Petróleo e gás natural	0,01083	0,01208	0,01158	0,01287	0,00216	0,01298	0,00180	0,00404
Refino petróleo e coque	0,04133	0,04826	0,05157	0,05168	0,01755	0,04975	0,00887	0,01801
Álcool	0,00397	0,00417	0,00489	0,00456	0,00234	0,00497	0,00094	0,00175
Eletricidade	0,01036	0,01137	0,01815	0,01954	0,00266	0,00393	0,00299	0,00643

Fonte: Elaboração própria.

## Apêndice 5

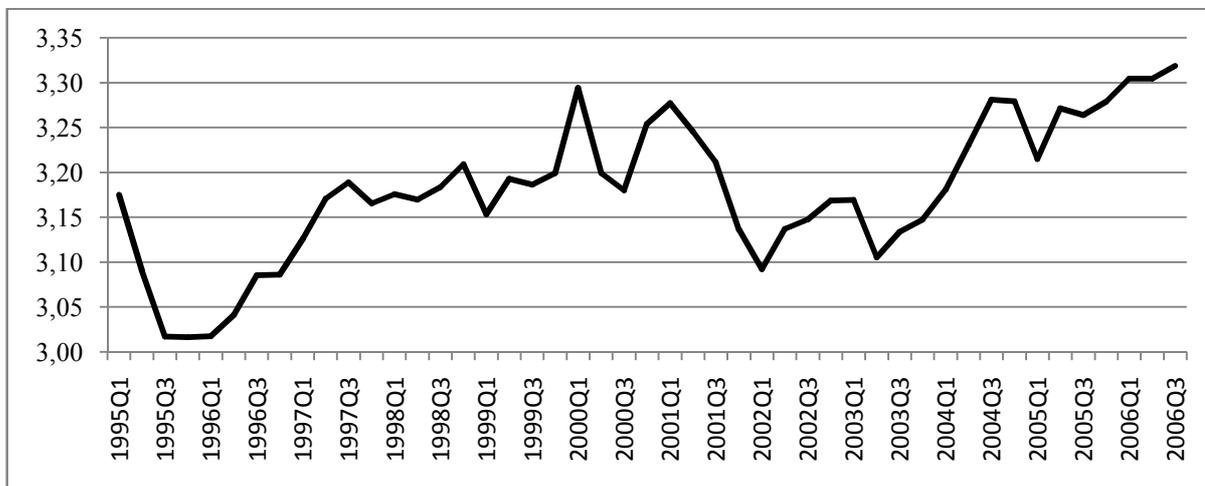


Gráfico 6 - Investimento bruto do setor privado (excluindo as empresas estatais) – Brasil.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados disponível em Dos Santos e Pires (2007).

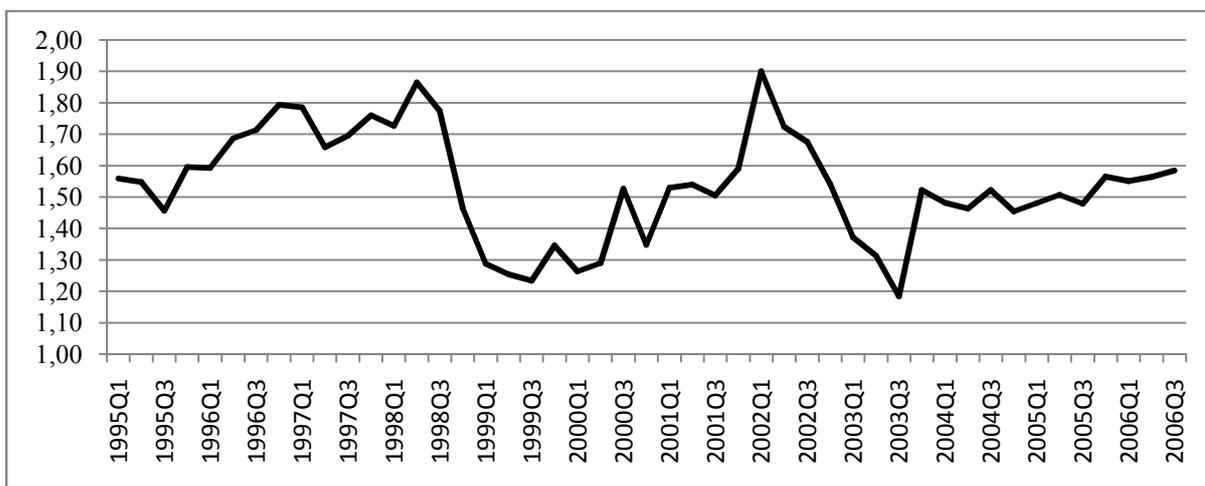


Gráfico 7 - Investimento bruto do setor público (das administrações públicas e das empresas estatais) - Brasil.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados disponível em Dos Santos e Pires (2007).

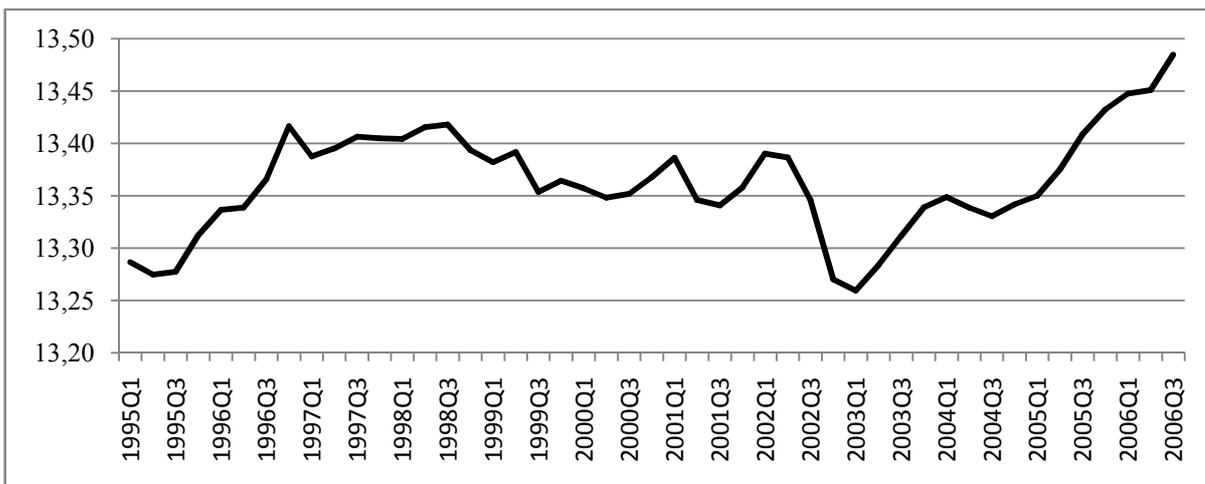


Gráfico 8 - Produto Interno Bruto - Brasil

Fonte: Elaboração própria a partir de dados disponível no *Sítio* do IPEADATA.

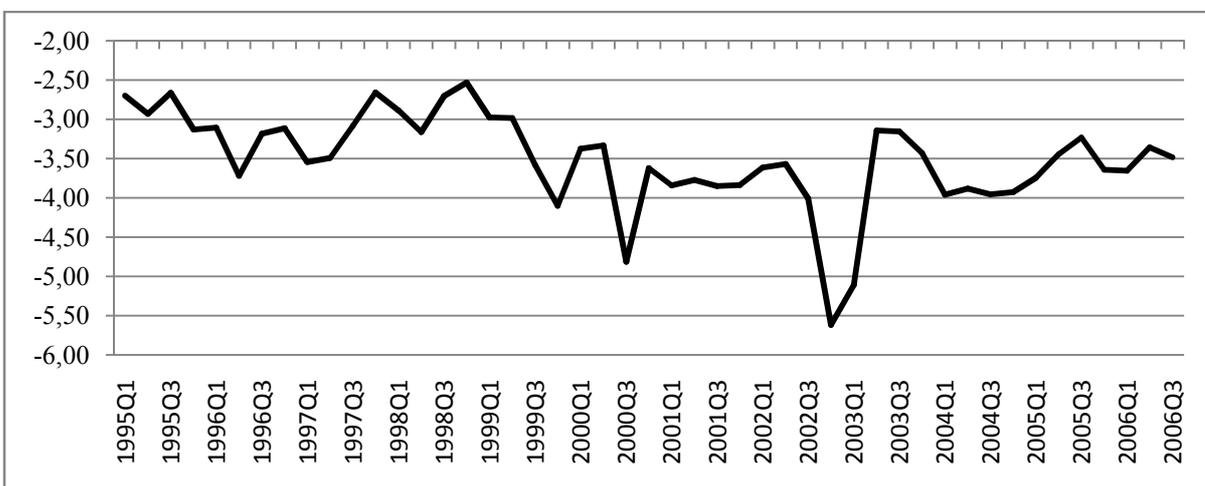


Gráfico 9 - Taxa de juros real (SELIC) - Brasil.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados disponível no *Sítio* do IPEADATA.



Gráfico 10 - Consumo das famílias - Brasil.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados disponível no *Sítio* do IPEADATA.

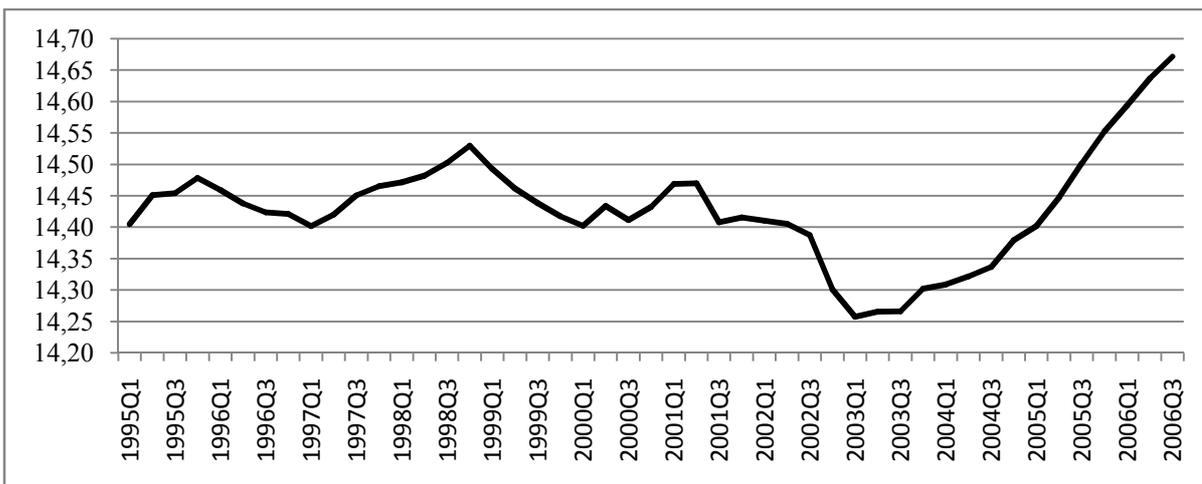


Gráfico 11 - Crédito ao setor privado – Brasil.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados disponível no *Sítio* do IPEADATA.

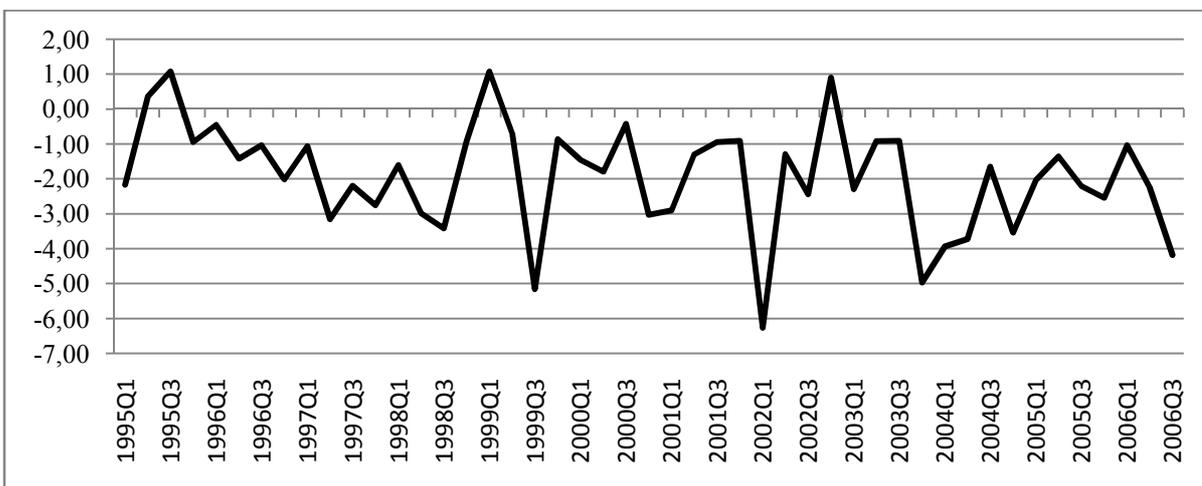


Gráfico 12 - Variância da taxa de inflação (IGP-DI) – Brasil.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados disponível no *Sítio* do IPEADATA.

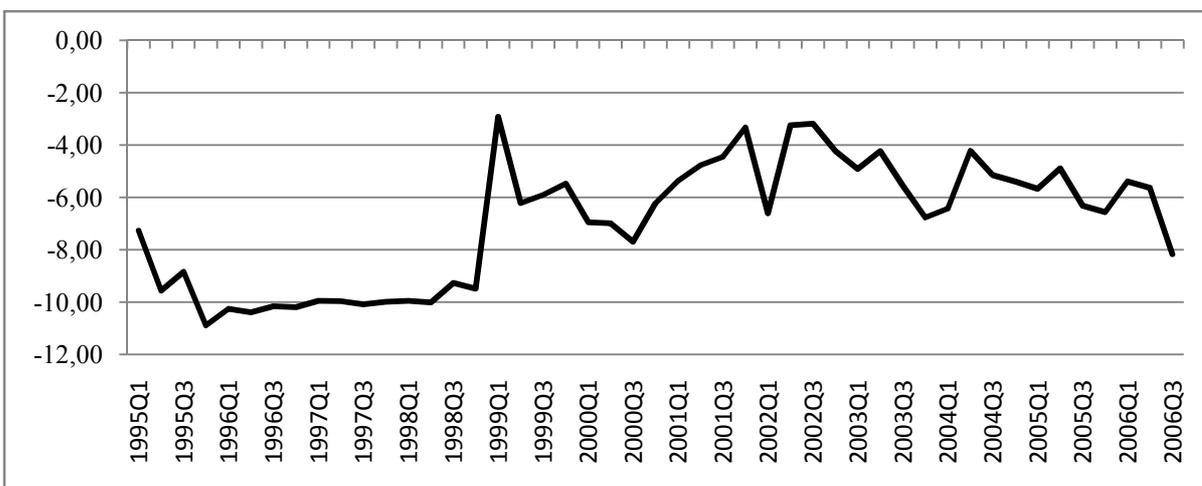


Gráfico 13 - Variância da taxa de câmbio nominal (R\$/US\$) – Brasil.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados disponível no *Sítio* do IPEADATA.