

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

LUDMILLA RODRIGUES COSTA

**Impacto das Exportações Brasileiras sobre o Setor de
Energia: uma Análise de Equilíbrio Geral**

**JUIZ DE FORA
ABRIL, 2009**

Prof. Dr. Henrique Duque de Miranda Chaves Filho
Reitor da Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Alexandre Zanini
Diretor da Faculdade de Economia e Administração

Prof. Lourival Batista de Oliveira Júnior
Chefe de Departamento de Economia e Finanças

Prof. Dr. Fernando Salgueiro Perobelli
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Economia Aplicada

LUDMILLA RODRIGUES COSTA

**IMPACTO DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS SOBRE O SETOR DE ENERGIA:
UMA ANÁLISE DE EQUILÍBRIO GERAL**

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

Orientador: Prof. Dr. Fernando Salgueiro Perobelli

A Faculdade de Economia e Administração da UFJF não se responsabiliza pelas opiniões emitidas neste trabalho que são exclusivas do autor.

JUIZ DE FORA
ABRIL, 2009

LUDMILLA RODRIGUES COSTA

**IMPACTO DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS SOBRE O SETOR DE ENERGIA:
UMA ANÁLISE DE EQUILÍBRIO GERAL**

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

APROVADA EM ___/___/___

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

Profa. Dra. Silvinha Pinto Vasconcelos
FEA – Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Alexandre Alves Porsse
FEE – Fundação de Economia e Estatística

Dedico:

À DEUS e a tudo o que ele representa.

Aos MEUS PAIS, Adão e Iracema, pela dedicação, amor e atenção que sempre direcionaram a mim.

Aos meus IRMÃOS, Jerryson e Fabrizzio, pelo companheirismo e amizade.

Ao meu eterno AMOR, Eduardo, pelo apoio incondicional em todos os momentos de minha vida.

AGRACEDIMENTOS

Esse trabalho não teria sido concluído sem a participação direta e indireta de muitas pessoas, às quais procurarei expressar minha gratidão.

Em primeiro lugar, agradeço à Deus, fonte de toda a vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Salgueiro Perobelli, pela sua disponibilidade irrestrita, sua forma exigente, crítica e criativa de argüir as idéias apresentadas, que deram norte a este trabalho, facilitando o alcance dos objetivos.

Aos ilustres professores da banca de qualificação, especificamente, Dr. Alexandre Zanini e Dra. Silvinha Pinto Vasconcelos, pelas idéias, direcionamentos, conselhos, sugestões, questionamentos e correções a este trabalho.

Aos professores, Dr. Eduardo Amaral Haddad e Dr. Edson Paulo Domingues por disponibilizarem o modelo EFES para o desenvolvimento desse trabalho.

Aos demais professores do programa de mestrado que disponibilizaram seu tempo e dedicação para o ensino das disciplinas.

Aos meus colegas Flaviane, Pedro, Rosa, Terciane, Vinícius e Wander pelas importantes interações de estudos realizadas e com os quais estabeleci boa e proveitosa convivência no mestrado.

Ao Prof. Lourival Batista de Oliveira Júnior e aos meus colegas da residência, Daniel, Gabriel e Lílian pelo apoio.

Também sou grata à Universidade Federal de Juiz de Fora pelo auxílio financeiro concedido.

À minha família pelo apoio psicológico e por criarem um ambiente favorável, calmo e feliz de estudos para o trabalho intelectual.

Ao meu noivo querido, Eduardo Gonçalves, pelo apoio, estímulo, força para realizar este trabalho e o grande amor dado a mim em todos os momentos bons e ruins de minha vida.

Enfim, a todos, que de certa forma, contribuíram para a realização desta dissertação.

RESUMO

O objetivo principal do trabalho é investigar a influência que as variações nas quantidades e nos preços dos principais produtos da pauta de exportação brasileira exercem sobre os setores de petróleo e gás natural, energia elétrica, biomassa e no setor de energia como um todo. Além disso, é possível visualizar os impactos causados nas variáveis macroeconômicas de emprego, saldo da balança comercial e PIB. O comportamento do setor de energia, comparativamente aos demais setores da economia, em termos de valor adicionado e investimento desse setor, demanda das famílias, demanda por exportações e oferta de bens domésticos são analisados a partir das simulações implementadas. O ano de calibragem do modelo EFES-ENERGY é 2002 e a base de dados identifica 43 setores, dos quais um representa o setor de energia, e 77 *commodities* das quais três representam os bens energéticos da economia. Os resultados revelaram que houve, a curto prazo, um impacto positivo no PIB do setor de energia influenciado principalmente pelo setor de petróleo e gás natural. E, a longo prazo, ocorreram impactos positivos nos investimentos do setor de energia, com destaque para o setor de biomassa.

Palavras-chave: Setor de energia, exportações, equilíbrio geral computável

ABSTRACT

The aim of the present work is to analyze the impact of quantity and price changes of the main goods in the Brazilian export list on sectors such as oil and natural gas, electrical energy, biomass and the energy sector as a whole. Additionally, the influence of these changes on the macroeconomic variables, like employment, trade balance and Gross Domestic Product (GDP), is examined. The performance of the energy sector, in terms of its value added and investment, household consumption, export demand, supply of domestic goods, is analyzed by means of micro-simulations of the Computable General Equilibrium model. Based on the EFES-ENERGY model, gauged for 2002, the Brazilian economy is divided into 43 sectors and 77 commodities. One out of 43 sectors and three out of 77 commodities are referred to the energy sector. The main results show that the shift of price and demand curves of the main Brazilian export commodities has a positive impact upon GDP in the short run, mainly because of oil and natural gas sectors. On the other hand, positive impacts have occurred in the energy sector investments, especially if the biomass sector is considered.

Key-words: Energy sector, exportation, computable general equilibrium

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Desenvolvimento histórico do modelo EFES-ENERGY	51
Figura 2 - Estrutura aninhada de produção.....	58
Figura 3 - Estrutura aninhada da demanda das famílias.....	59
Figura 4 - Estrutura aninhada de investimento.....	60
Figura 5 - Estrutura da base de dados.....	66
Figura 6 - Mecanismo de ajuste para as simulações do modelo EFES-ENERGY	82

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1 - Evolução da matriz energética mundial entre 1900 a 2004	6
Gráfico 2 - Origem da oferta interna de energia por fontes no Brasil em 2007	8
Gráfico 3 - Importação e produção de petróleo no Brasil entre 1970 a 2006 (em mil m ³)	12
Gráfico 4 - Preço médio do barril de petróleo entre 1987 a 2008 (em US\$).....	13
Gráfico 5 - Produção e consumo de gás natural no Brasil entre 1970 a 2006 (em mil m ³).....	14
Gráfico 6 - Preço médio internacional do gás natural entre 1992 a 2006 (em R\$)	15
Gráfico 7 - Origem da oferta interna de energia elétrica no Brasil em 2007	18
Gráfico 8 – Economia e consumo de energia no Brasil (1970-2005)	20
Gráfico 9 - Evolução da produção de álcool no Brasil entre 1970 a 2006 (em mil m ³).....	24
Gráfico 10 - Produção de biodiesel no Brasil no período de 2006 a 2008 (em mil m ³).....	26
Gráfico 11 - Variação no <i>quantum</i> exportado: impacto de curto e longo prazo sobre o valor adicionado do setor de energia - x1tot(i3)	87
Gráfico 12 - Variação no <i>quantum</i> exportado total: impactos de curto prazo.....	95
Gráfico 13 - Variação no <i>quantum</i> exportado total: impactos de longo prazo.....	96

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Origem da oferta interna de energia no Brasil e no mundo.....	9
Tabela 2 - Evolução do consumo final por setor (em %)	10
Tabela 3 - Evolução brasileira do consumo final de energia elétrica por setor entre 1970 a 2006 (em %)	19
Tabela 4 - Composição setorial brasileiro do consumo final de biomassa entre 1970-2006 (em %)	25
Tabela 5 - Crescimento das exportações brasileiras de bens agrícolas (2000-2007)	28
Tabela 6 - Composição das exportações brasileiras por categoria entre 2000-2007.....	29
Tabela 7 - Identificação dos blocos de variáveis e equações do modelo EFES-ENERGY.....	62
Tabela 8 - Participação setorial dos insumos energéticos (<i>ECOM</i>) em 2002	70
Tabela 9 - Participação setorial do petróleo e gás natural (<i>C14</i>) em 2002.....	71
Tabela 10 - Participação setorial do álcool de cana e cereais (<i>C31</i>) em 2002	72
Tabela 11 - Participação setorial da energia elétrica (<i>C58</i>) em 2002.....	72
Tabela 12 - Estrutura setorial da pauta de exportações brasileiras em 2002.....	73
Tabela 13 - Estrutura por produtos da pauta de exportações brasileiras em 2002	74
Tabela 14 - Taxa de crescimento do preço e da quantidade exportada entre 2000-2007.....	78
Tabela 15 - Variação nas exportações brasileiras: efeitos de curto e longo prazo em variáveis macroeconômicas selecionadas	83
Tabela 16 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de curto e longo prazo sobre o valor adicionado do setor de energia – $x1_{tot}(i3)$	86
Tabela 17 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de curto prazo sobre a demanda por investimento doméstico do setor de energia – $x2(c,i3,dom)$	87
Tabela 18 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de longo prazo sobre a demanda por investimento doméstico do setor de energia – $x2(c,i3,dom)$	88
Tabela 19 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de curto prazo sobre a demanda por bens domésticos das famílias $x3(c,dom)$	89

Tabela 20 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de longo prazo sobre a demanda por bens domésticos das famílias $x_3(c,dom)$	89
Tabela 21 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de curto prazo sobre as importações das famílias $x_3(c,imp)$	90
Tabela 22 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de longo prazo sobre as importações das famílias $x_3(c,imp)$	91
Tabela 23 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de curto prazo sobre a demanda por exportações $x_4(c,dom)$	91
Tabela 24 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de longo prazo sobre a demanda por exportações $x_4(c,dom)$	92
Tabela 25 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de curto prazo sobre a oferta de bens domésticos $x_0dom(c)$	93
Tabela 26 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de longo prazo sobre a oferta de bens domésticos $x_0dom(c)$	93

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1 - Comparação metodológica para a modelagem da energia.....	45
Quadro 2 - Setores do modelo EFES-ENERGY	55
Quadro 3 - <i>Commodities</i> do modelo EFES-ENERGY	56
Quadro 4 - Fechamento para o modelo EFES-ENERGY: variáveis exógenas	63
Quadro 5 – Principais elasticidades do modelo EFES-ENERGY.....	69

SUMÁRIO

	Página
INTRODUÇÃO.....	1
1 – A IMPORTÂNCIA DO SETOR DE ENERGIA E AS CARACTERÍSTICAS DO SETOR EXPORTADOR	5
1.1 – Caracterização do setor de energia brasileiro	5
1.1.1 – O setor de petróleo e de gás natural.....	11
1.1.1.1 – Características econômicas e conjunturais	11
1.1.1.2 – Evolução histórica	15
1.1.2 – O setor elétrico.....	17
1.1.2.1 – Características econômicas e conjunturais	17
1.1.2.2 – Evolução histórica	19
1.1.3 – O setor de biomassa.....	23
1.2 – O comércio externo brasileiro	27
2 – REVISÃO DA LITERATURA EMPÍRICA DO SETOR DE ENERGIA.....	30
2.1 – Modelos econométricos.....	30
2.2 – Modelos de insumo-produto.....	34
2.3 – Modelos econométricos de insumo-produto.....	37
2.4 – Modelos macroeconômicos.....	38
2.5 – Modelos de equilíbrio geral computável	39
2.5.1 – Aplicações internacionais ao setor de energia.....	40
2.5.2 – Aplicações nacionais ao setor de energia	43
3 - MODELO EFES-ENERGY E BASE DE DADOS	48
3.1 - Aspectos teóricos	48
3.2 – Desenvolvimento histórico do modelo EFES-ENERGY	50
3.3 – Especificações do modelo EFES-ENERGY.....	57
3.3.1 – Tecnologia de produção	57
3.3.2 – Demanda das famílias.....	58
3.3.3 – Demanda por bens de investimento.....	59
3.3.4 – Outras especificações do modelo	60
3.4 – Fechamento e testes	61
3.5 – Calibragem do modelo e construção do banco de dados.....	64
3.6 – Análise descritiva da base de dados	69
3.6.1 – Participação setorial das <i>commodities</i> energéticas	70
3.6.2 – Estrutura da pauta de exportações brasileiras.....	73
4 – SIMULAÇÕES COM O MODELO EFES-ENERGY	77
4.1 – Aspectos comportamentais das exportações brasileiras	78
4.2 – Estratégias de simulação.....	80
4.3 – Análise dos resultados	82
4.3.1 – Resultados macroeconômicos	82
4.3.2 – Impactos setoriais	84
5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

Página

7 – ANEXOS	111
Anexo 1 - Conjuntos e Subconjuntos	111
Anexo 2 - Coeficientes e Parâmetros	112
Anexo 3 - Variáveis	114
Anexo 4 - Equações	117

INTRODUÇÃO

A estratégia de diversificação de exportações, voltada para obter significativos ganhos de comércio por meio de produtos de maior valor agregado, depende substancialmente do setor de energia porque este permite que outros setores industriais explorem economias de escala. A presença de bens energo-intensivos na pauta exportadora, decorrente do aumento da disponibilidade de energia (renovável ou não-renovável), contribui não apenas para modificar o padrão de comércio, como também para reduzir os custos médios de produção dos demais setores da economia. A adequada provisão de energia *per se* viabiliza as condições de vantagens comparativas existentes, potencializando a capacidade produtiva, variabilidade de produtos, gerando, por conseguinte, economias de escopo à medida que se reduzem os custos médios indiretos.

O setor de energia é heterogêneo, sendo composto, no caso brasileiro, principalmente por petróleo e gás natural, energia elétrica e biomassa¹. No que tange à energia proveniente da biomassa, deve-se observar que se destina principalmente à fabricação de ferro-gusa e de ferro-ligas, que são importantes itens integrantes da pauta de exportações brasileira. Com relação à energia elétrica, que constitui outra fonte de energia demandada pelo setor exportador, deve-se observar que o parque hidrelétrico nacional responde por cerca de 90% da geração de eletricidade, destacando o Brasil pela baixa participação de fontes não-renováveis na produção de energia. Isso decorre do fato de que nossas bacias hidrográficas, as maiores do mundo, oferecem inúmeras oportunidades para geração hidrelétrica. Além disso, os insumos

¹ Biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. Essa fonte de energia é composta basicamente por derivados da cana-de-açúcar, cereais, lenha e carvão vegetal.

petróleo e gás natural ocuparam a primeira posição na pauta de exportações brasileiras em 2002, com participação de 8,31%.

A estrutura da pauta de exportações brasileiras em 2002 mostra a importância do setor de energia quanto ao conteúdo energético-intensivo de seus produtos. Os insumos petróleo e gás natural ocuparam a primeira posição dentre os produtos exportados, com 8,31% de participação. Em segundo lugar na pauta de exportações, os bens outros veículos e peças obtiveram participação de 7,97%, sendo grandes demandantes de energia elétrica. O terceiro e o quarto colocado com participação de 4,70% e 4,52%, respectivamente, foram o produto óleo vegetal em bruto e soja em grão. Esses produtos mostraram-se intensivos em biomassa.

O dinamismo dos setores petrolíferos e de gás natural, elétrico e de biomassa é essencial para a retomada do crescimento sustentado do Brasil. Um suprimento adequado desses insumos energéticos é uma pré-condição para os investimentos estrangeiros no país e, em contrapartida, um suprimento inadequado dos mesmos pode resultar até em uma interrupção das atividades econômicas, o que causaria danos irreparáveis ao sistema econômico (PEROBELLI *et alli*, 2007).

A importância de políticas apropriadas para o mercado de energia tem sido reconhecida principalmente a partir da recente crise do setor de energia elétrica, em 2001. Esta crise culminou na implementação de um esquema de racionamento, deixando claro que o país enfrenta grandes desafios nessa área, visto que o crescimento sustentável depende, crucialmente, da confiabilidade e qualidade do suprimento de energia. O incremento da oferta de energia viabiliza a implantação e consolidação dos principais setores industriais brasileiros, compostos por grandes demandantes de energia e exportadores de bens eletrointensivos que respondem por mais de 50% do consumo industrial de energia ou 24% do consumo total de energia no país.

Neste contexto, a maioria dos esforços de pesquisa destina-se a estimular melhorias da tecnologia de produção e distribuição de energia. Além disso, o setor de energia é analisado isoladamente sem as inter-relações com os demais setores da economia, com o comércio internacional e variáveis macroeconômicas. Sem questionar a importância desses estudos, que são vitais para o desenvolvimento do setor, faz-se necessário aprofundar o conhecimento das inter-relações entre o setor de energia e o setor exportador, a fim de entender o papel e o impacto das exportações dos produtos energético-intensivos sobre a economia brasileira. Tudo isso pode permitir melhor planejamento de investimentos para garantir o suprimento energético adequado diante de variações do comércio externo.

Tendo em vista essa lacuna na literatura nacional e internacional, o objetivo geral dessa dissertação será verificar qual o impacto do aumento das transações internacionais das principais *commodities* da economia sobre os componentes da absorção interna, vinculados ao setor de energia. Com isso, será possível mensurar as inter-relações entre o setor de energia e o exportador, além de identificar os principais produtos energo-intensivos da pauta de exportações brasileira no ano de 2002.

Além do objetivo geral acima exposto, o trabalho buscará especificamente:

- Avaliar a heterogeneidade do setor de energia com destaque principal aos seguintes subsetores: petróleo e gás natural, energia elétrica, biomassa;
- Avaliar o comportamento e as características das exportações brasileiras, com destaque principal para os produtos intensivos em energia;
- Resenhar a literatura sobre as principais técnicas de modelagem utilizadas na economia, a saber: modelos econométricos, insumo-produto, econométricos de insumo-produto, macroeconômicos e modelos de Equilíbrio Geral Computável (EGC);
- Contribuir metodologicamente estendendo o modelo de EGC pré-existente, denominado EFES (Haddad e Domingues, 2001), por meio da incorporação do setor de energia. Esse último será extraído dos fluxos básicos da economia a fim de tornar possível sua inter-relação com o setor exportador.

Para atingir tais objetivos, o método escolhido (EGC) incorpora uma vasta gama de efeitos diretos e indiretos. A estrutura desse modelo especifica os agentes representativos da economia, determina o comportamento dos mesmos via estruturas de otimização e identifica as interações entre os agentes (setores). A abordagem de EGC é a mais apropriada para estimar as inter-relações do setor de energia do que métodos baseados no equilíbrio parcial, devido aos seguintes fatores:

- Modelar o comportamento otimizador dos agentes;
- Captar as relações existentes entre os agentes da economia por uma perspectiva macroeconômica, microeconômica e multissetorial;
- Evitar problemas de identificação associados a modelos econométricos;
- Possibilitar inúmeras agregações e desagregações setoriais, regionais e de bens;
- Possibilitar variações nos preços relativos.

Portanto, o fenômeno a ser estudado envolve a interação de diversos mercados, bem como mecanismos complexos de realimentação, que são melhor investigados num contexto de equilíbrio geral do que parcial. Além disso, o modelo de EGC é bem fundamentado microeconomicamente e pode endogeneizar o comportamento dos agentes.

No exercício de simulação que será implementado, a magnitude da variação do termo de deslocamento da quantidade exportada e do preço de exportação dos bens industriais e agrícolas será estabelecida de acordo com o panorama da conjuntura das exportações entre 2000-2007. Portanto, para a simulação dos choques das principais *commodities* industriais, adotar-se-á uma variação de 9% no termo de deslocamento da quantidade exportada e 6% no termo de deslocamento do valor exportado. Para as *commodities* agrícolas, a magnitude dos choques da quantidade e preço serão, respectivamente, 20 e 3%.

A partir dos deslocamentos da demanda por exportações, a equação de equilíbrio entre a oferta e demanda no mercado de “bens não margem”² reajusta o modelo de maneira diferenciada para os fechamentos de curto e longo prazo. Os efeitos das simulações serão analisados para as variáveis macroeconômicas de emprego, saldo da balança comercial e PIB. As variáveis setoriais serão avaliadas com relação ao valor adicionado do setor de energia, ao investimento doméstico do setor de energia, à demanda por bens domésticos e importados das famílias, às exportações e à oferta doméstica de bens.

Esta dissertação está estruturada em quatro capítulos. O primeiro capítulo discute o panorama geral do setor de energia, focando três principais setores da matriz energética brasileira: petróleo e gás natural, energia elétrica e biomassa. O segundo capítulo apresenta trabalhos que utilizam diferentes abordagens metodológicas para caracterizar o setor de energia, enfatizando a lacuna de estudos sobre o setor de energia com base na abordagem de EGC. O terceiro capítulo descreve a metodologia usada nesse estudo, como aspectos vinculados ao modelo EFES-ENERGY. O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos a partir das mudanças simuladas no comportamento das exportações sobre o setor de energia.

² Os bens não margem são representados pelas 75 *commodities* do modelo EFES-ENERGY, excluindo-se os bens que representam a margem de comércio e de transporte.

1 – A IMPORTÂNCIA DO SETOR DE ENERGIA E AS CARACTERÍSTICAS DO SETOR EXPORTADOR

O presente capítulo aprofundará na abordagem dos aspectos históricos, na importância e na caracterização do setor de energia. Além disso, o comportamento e as características das exportações brasileiras serão mostrados a fim de trazer subsídios para o entendimento da influência que esta exerce sobre o setor energético. Esta interação será mensurada nos capítulos subseqüentes após exposição detalhada da metodologia empregada. Esta discussão fornecerá elementos para o entendimento das inter-relações do setor de energia com o restante da economia e com a demanda externa, visando fornecer ao formulador de políticas públicas um diagnóstico sobre a atual situação da infra-estrutura energética da economia brasileira. O setor de energia é, assim, um conjunto heterogêneo que reúne várias cadeias energéticas, em que os produtos, os mercados e as bases técnicas são distintos. Para o estudo do encadeamento do setor energético brasileiro, mostrar-se-á as fontes de energia advindas do petróleo e gás natural, eletricidade e biomassa por serem as principais fontes que compõem a matriz energética brasileira.

1.1 – Caracterização do setor de energia brasileiro

Uma das principais dificuldades inerentes à análise do comportamento e das tendências de longo prazo da oferta e da demanda de energia diz respeito às mudanças estruturais da economia. Ao longo do século XX, importantes transformações ocorreram na estrutura da matriz energética mundial, o carvão perde o *status* de fonte de energia primária³ dominante para outra fonte, o petróleo (Gráfico 1). Entre 1950-1973, os preços baixos e a

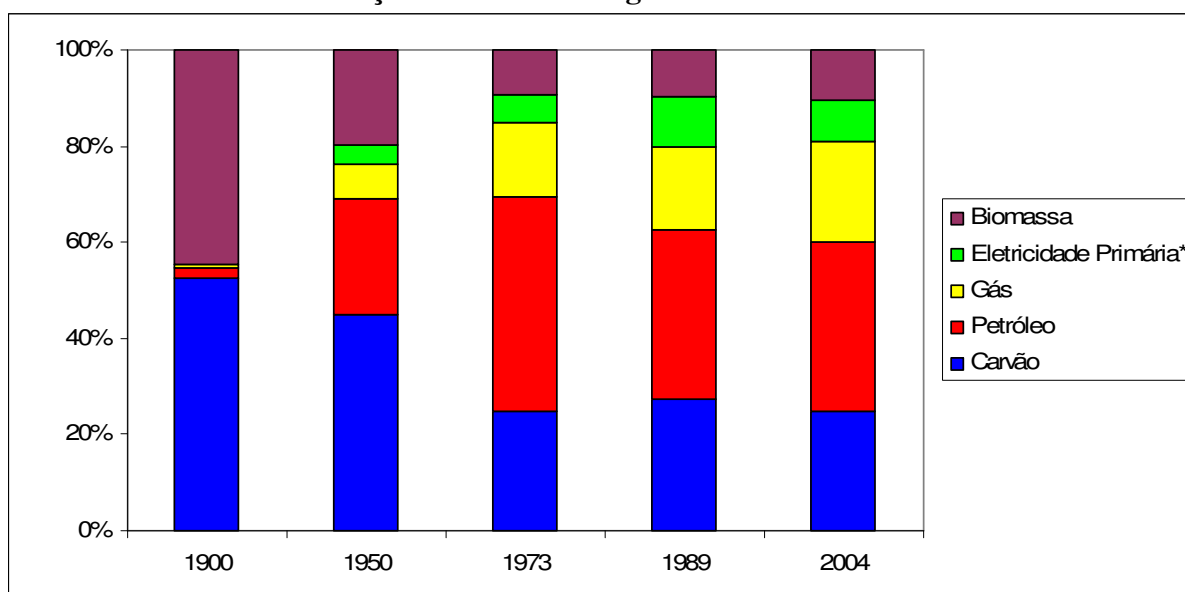
³ São os produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta como, por exemplo, petróleo, gás natural, carvão mineral, resíduos vegetais e animais, energia solar, eólica, etc. (MME, 2008).

oferta abundante permitiram a forte expansão da demanda de petróleo e de seus derivados. Este período coincide com a intensa recuperação da economia mundial após o fim da II Guerra Mundial. Neste período, a taxa de crescimento da demanda total de energia foi de 4,8% ao ano, enquanto a demanda específica do setor de petróleo crescia num ritmo mais acelerado, de 7,7% ao ano (PINTO JÚNIOR *et alli*, 2007).

O perfil do consumo e da oferta de energia vem se modificando desde o fim da década de 1970, quando as duas crises do petróleo – em 1973 e 1979 – provocaram a reestruturação do planejamento energético em praticamente todos os países do mundo. A alta de preços desse combustível influenciou na reorientação de políticas energéticas, as quais passaram a privilegiar as questões de garantia da segurança do suprimento e tentativa de redução da dependência energética.

Cabe notar que, após os choques de petróleo dos anos 70, o ritmo de crescimento da demanda total de energia primária experimentou uma desaceleração. De acordo com dados da Agência Internacional de Energia – AIE, a análise da oferta mundial de energia por fonte mostra que a participação do petróleo sofreu uma redução em torno de 22% entre 1973 e 2004. O petróleo que respondia em 1973 por 45% da oferta interna de energia, chega em 2004 com uma participação equivalente a 34,9% do total. Em contrapartida, aumenta a participação do gás natural e da geração nuclear na matriz energética mundial. Enquanto o gás natural passa de 16,2% em 1973 para 21,2% em 2004, a geração nuclear evolui de 0,9% para 6,8% (AIE, 2005).

Gráfico 1 - Evolução da matriz energética mundial entre 1900 a 2004



* A eletricidade primária é o somatório da energia nuclear com a hidroeletricidade
 Fonte: elaboração própria com base nos dados do sítio da AIE (2005)

Ainda segundo AIE (2005), os Estados Unidos, China, Rússia, Arábia Saudita e Canadá foram os cinco maiores produtores de energia em 2005, ofertando 50% do total da energia mundial. Os maiores consumidores de energia primária neste mesmo ano foram os Estados Unidos, China, Rússia, Japão e Índia, os quais consumiram 51,2% de toda a energia. Estes países foram seguidos pela Alemanha, Canadá, França, Reino Unido e Brasil que, juntos, consumiram 12,9% de energia mundial.

Com relação à produção mundial de energia primária por fontes, entre 1995 a 2005 houve um crescimento da taxa média anual na ordem de 2,4%. O petróleo continua a ser a fonte primária de energia mais importante no mundo, responsável por 36,8% da produção total. Arábia Saudita, Rússia e Estados Unidos foram os três principais produtores de petróleo em 2005, produzindo 33,6% do total de petróleo. O Brasil se situa na 16ª posição com participação de 2,2%. Com relação ao consumo desta fonte de energia, os Estados Unidos absorveram 25% de toda a produção, seguido por China (8,0%) e Japão (6,5%). O Brasil consumiu 2,6% da produção mundial, ocupando a nona posição.

O carvão foi a segunda fonte primária de energia mais importante, sendo responsável pela parcela de 26,6% da produção mundial, em 2005. Os maiores produtores foram: China, Estados Unidos, Índia, Austrália e Rússia, perfazendo 73% da oferta mundial de carvão. Setenta e nove por cento desta produção é consumida pela China, Estados Unidos, Índia, Alemanha e Rússia. O Brasil ocupou, em termos de produção, a 32ª posição (0,1%), e quanto ao consumo, alcançou a 27ª posição (0,4%).

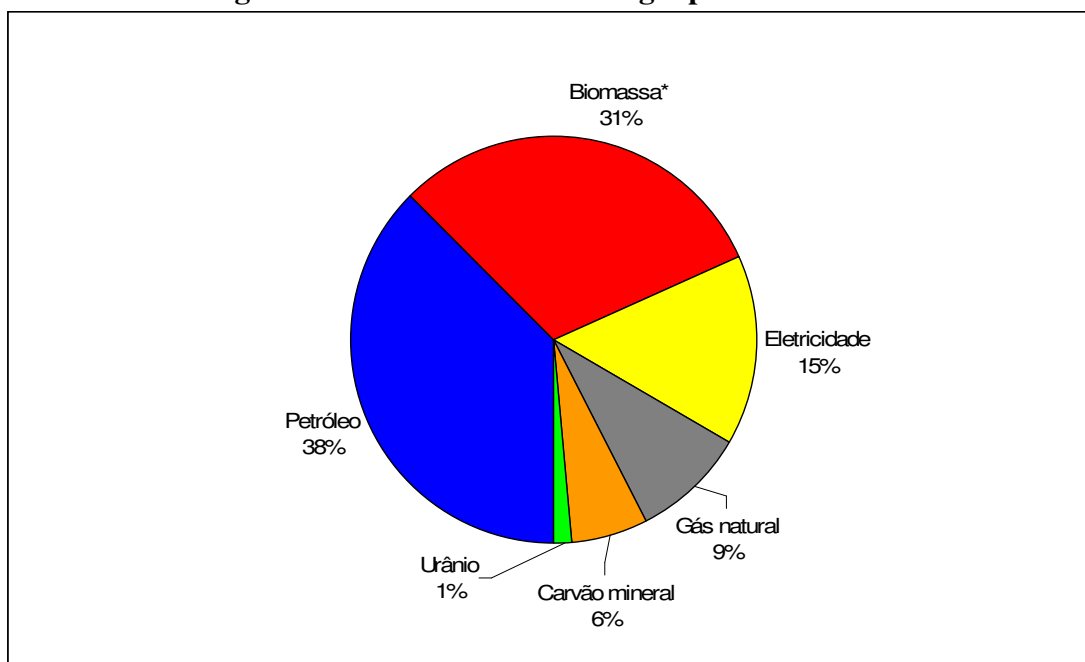
Em terceiro lugar, com participação de 22,9%, está o gás natural. A Rússia e os Estados Unidos foram os maiores líderes de produção, com 40% do total em 2005. O Brasil se situa na 41ª posição com 0,3% de participação. Com relação ao consumo desta fonte de energia, Estados Unidos, Rússia, Irã, Alemanha e Canadá absorveram 47% da produção mundial. O Brasil consumiu 0,6% da produção total de gás natural, ocupando a 33ª posição.

A energia elétrica foi a quarta fonte primária em termos de importância na produção mundial em 2005, representando 6,3% do total. A geração desta energia representou um crescimento médio anual de 1,7% entre 1995 e 2005, os Estados Unidos, China e Japão foram os três maiores produtores de energia elétrica em 2005, gerando 42% de toda a produção mundial. O Brasil produziu 2,3% em relação ao total, ocupando a nona posição. Considerando especificamente a produção de energia hidroelétrica, China, Canadá e Brasil ofertam 38% da produção mundial. Com relação ao consumo de energia elétrica, Estados Unidos, China e Japão absorvem 44% da produção mundial. O Brasil, por sua vez, é apenas o nono colocado (2,5%).

De acordo com os dados do Balanço Energético Nacional (BEN), a demanda brasileira por energia total em 2006 foi de 226,1 milhões de tonelada equivalente de petróleo (TEP), montante 3,4% superior à demanda verificada em 2005 e equivalente a cerca de 2,9% da energia mundial (MME, 2007a). A oferta interna de energia quase acompanhou o ritmo de crescimento do PIB. Enquanto este atingiu uma taxa acumulada de 3,7% ao longo dos quatro trimestres do ano de 2006, aquela apresentou um crescimento de 3,4% (IBGE, 2007).

O Gráfico 2 mostra a participação de cada fonte de energia que alimentou a estrutura produtiva e residencial brasileira em 2007. A energia derivada do petróleo teve maior participação (38%), seguida da energia advinda da biomassa (31%) e eletricidade com 15% de participação.

Gráfico 2 - Origem da oferta interna de energia por fontes no Brasil em 2007



* A biomassa é composta basicamente por 25,7% de derivados da cana-de-açúcar, 17% de cereais e 12% de lenha e carvão vegetal.

Fonte: elaboração própria com base nos dados do sítio do MME (2007b)

Ao classificar a origem da oferta interna de energia (OIE) em fontes renováveis (hidráulica e biomassa) e não renováveis (carvão, petróleo, gás natural e urânio) para 2007, observa-se que 45,8% da OIE advêm de fontes renováveis, enquanto que a média mundial para 2005 foi de 12,7%. Na Tabela 1 há uma comparação da participação das fontes de energia do Brasil com o restante do mundo. Segundo AIE (2005), a geração de fontes renováveis de energia aumentou a uma taxa anual de 7,9% no mundo para o período entre

1995-2005. Estados Unidos, Alemanha, Japão, Espanha e Brasil são os cinco maiores geradores de energia renovável, sendo responsáveis por 51% da oferta mundial.

Tabela 1 - Origem da oferta interna de energia no Brasil e no mundo

Energia primária			Brasil		Mundo	
			Ordem	2007	Ordem	2005
Participação das fontes	Não-renováveis	Petróleo	1°	37,4%	1°	35,0%
		Gás natural	4°	9,3%	3°	20,7%
		Carvão mineral	5°	6,0%	2°	25,3%
		Urânio	6°	1,4%	5°	6,3%
	Subtotal			54,2%		87,3%
	Renováveis	Eletricidade	3°	14,9%	6°	2,2%
Biomassa		2°	30,9%	4°	10,5%	
Subtotal			45,8%		12,7%	

Fonte: elaboração própria com base nos dados dos sítios da AIE (2005) e do MME(2007b)

As características da demanda também influenciam fortemente a estrutura da matriz energética de um país. Em relação ao tipo de consumidor, nota-se por meio da Tabela 2, que a distribuição por setor do consumo final de energia em 2006 ocorre da seguinte forma: 37,8% para indústria, 26,3% para transportes e 28,9% para outros setores – residencial, comercial, público e agropecuário (MME, 2007a).

A participação da indústria no consumo total aumentou de 27,7% para 37,8% entre 1970-2006. Isto é devido à maturação dos investimentos industriais realizados na época do II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND). Dentre os setores industriais que mais consomem energia pode-se citar o de alimentos e bebidas e o de ferro-gusa e aço. No setor de transporte, a energia consumida deve-se, quase que exclusivamente, ao transporte rodoviário, reflexo da política de desenvolvimento prioritário do transporte rodoviário em relação ao ferroviário e à navegação.

Nota-se, também, que houve uma grande redução na participação do grupo de outros setores de 48,7% para 28,9% no período em questão, devido principalmente ao declínio da participação residencial. Segundo Achão (2003), o setor residencial experimentou alterações na composição do consumo, onde se verificou a redução do uso da lenha associada à penetração da eletricidade e do GLP⁴, além do aumento da participação de usos mais eficientes da energia elétrica, como é o caso dos eletrodomésticos em geral, aparelhos eletrônicos e lâmpadas.

⁴ O gás liquefeito de petróleo (GLP) é uma mistura de gases de hidrocarbonetos utilizados como combustível em aplicações de aquecimento (como em fogões) e veículos (MME, 2007a).

Tabela 2 - Evolução do consumo final por setor (em %)

Identificação	1970	1980	1990	2000	2006
Consumo Final Energético	97,6	94,6	92,2	91,7	92,9
Outros Setores - Total	48,7	34,0	32,0	28,5	28,9
Residencial	35,5	20,1	14,1	12,0	10,9
Comercial	1,4	1,7	2,3	2,9	2,8
Público	0,7	1,1	1,4	1,9	1,7
Agropecuário	8,6	5,5	4,7	4,3	4,2
Outros	2,5	5,6	9,4	7,5	9,3
Transportes - Total	21,2	24,6	25,8	27,6	26,3
Rodoviário	18,3	20,7	22,9	24,9	24,2
Ferrovário	0,9	0,7	0,5	0,3	0,3
Aéreo	1,1	1,7	1,5	1,9	1,2
Hidroviário	0,9	1,6	0,9	0,5	0,5
Industrial - Total	27,7	35,9	34,1	35,6	37,8
Cimento	2,1	2,6	1,8	2,0	1,5
Ferro-gusa e Aço	5,3	8,3	9,6	8,9	8,4
Ferro-ligas	0,2	0,5	0,7	0,7	0,8
Mineração e Pelotização	0,4	1,2	1,0	1,3	1,5
Não-Ferrosos e Outros Metálicos	0,7	1,6	2,6	2,5	2,8
Química	1,9	3,6	3,3	3,7	3,6
Alimentos e Bebidas	9,2	7,8	6,5	7,3	9,9
Têxtil	1,3	1,1	0,9	0,7	0,6
Papel e Celulose	1,5	2,6	2,8	3,6	4,0
Cerâmica	2,5	2,4	1,8	1,8	1,7
Outros	2,7	4,2	2,9	3,1	3,0

Fonte: MME (2007a)

A questão da demanda de energia também pode ser discutida no âmbito do desenvolvimento econômico. Na maioria dos países, nos quais o consumo de energia comercial per capita está abaixo de 1 TEP por ano, as taxas de analfabetismo, mortalidade infantil e fertilidade total são altas, enquanto a expectativa de vida é baixa. À medida que o país se desenvolve, há o aumento do consumo de energia comercial per capita a níveis acima de 2 TEP (ou mais). O consumo médio per capita nos países industrializados da União Européia é de 3,22 TEP per capita; a média mundial é de 1,66 TEP per capita (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

No Brasil, o consumo médio de energia é de 1,3 TEP per capita, o que o coloca numa posição intermediária no cenário mundial. Nos últimos trinta anos, o aumento da produção de energia primária no país tem acompanhado de perto o crescimento do PIB, mas o consumo de

eletricidade tem aumentado mais rapidamente, em razão da eletrificação crescente do país e da instalação de indústrias intensivas em energia, como as de alumínio, ferro-gusa e aço.

Devido à grande importância do setor de energia para o desenvolvimento econômico, em 2007 o governo federal lançou o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), com o objetivo de criar condições macrossetoriais para o crescimento do país no período 2007-2010. O programa visa promover a aceleração do crescimento econômico, o aumento do emprego e a melhoria das condições de vida da população brasileira, baseando-se em três medidas: i) incentivar o investimento privado; ii) aumentar o investimento público em infra-estrutura; iii) e remover obstáculos burocráticos, administrativos, normativos, jurídicos e legislativos ao crescimento (PÊGO e NETO, 2008).

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), apesar da relevância dos investimentos previstos no PAC, estes não são suficientes para eliminar um possível risco de insuficiência da oferta de energia no Brasil. A garantia de abastecimento do mercado até 2013 está correndo sério risco, com previsão de déficit de 4,5% em 2010, e de 10% em 2011 (EPE, 2006).

Após este panorama geral do setor de energia brasileiro serão apresentados, na subseção a seguir, os principais ofertantes de energia por fontes de origem da matriz energética brasileira, a saber: o setor de petróleo e de gás natural, de biomassa e de energia elétrica.

1.1.1 – O setor de petróleo e de gás natural

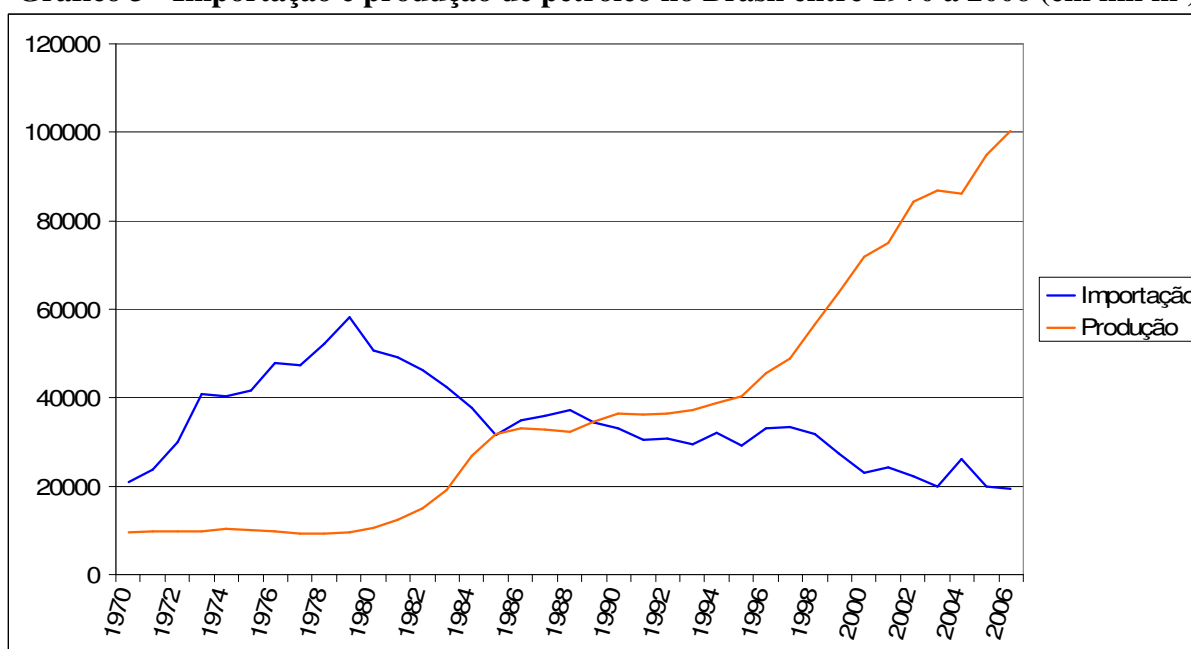
1.1.1.1 – Características econômicas e conjunturais

Devido à distribuição geográfica desigual das reservas, o petróleo é uma das principais *commodities* negociadas no comércio internacional. Pelo Gráfico 3, nota-se que o segundo choque de petróleo contribuiu incisivamente para a crise externa que pôs fim à dominância do padrão de política de desenvolvimento “em marcha forçada” representado pelo II PND. Nos anos 80, houve uma substancial contração do volume de importações, o que coincide com o ajuste de demanda pós segundo choque. A partir de 1985, o volume de compras externas passa a delinear um comportamento relativamente estável, com pequenas oscilações que se prolonga até 1997. Finalmente, a partir deste ano, estabelece-se uma nova trajetória de queda das importações.

A principal explicação para a redução gradativa do volume de importações líquidas de petróleo e derivados está ligada ao aumento da oferta doméstica de petróleo bruto, que passou de cerca de 200 mil barris/dia no início dos anos 80 para mais de 1.500 mil barris/dia na

média de 2003. Ainda com base no Gráfico 3, esse movimento foi particularmente acentuado na primeira metade dos anos 80, quando a produção de petróleo cresceu a taxas médias anuais superiores a 20%, no período pós-1997. Esses dois momentos correspondem exatamente aos períodos de queda acentuada do volume de importações.

Gráfico 3 - Importação e produção de petróleo no Brasil entre 1970 a 2006 (em mil m³)



Fonte: elaboração própria com base nos dados do sítio do IPEA (2008c)

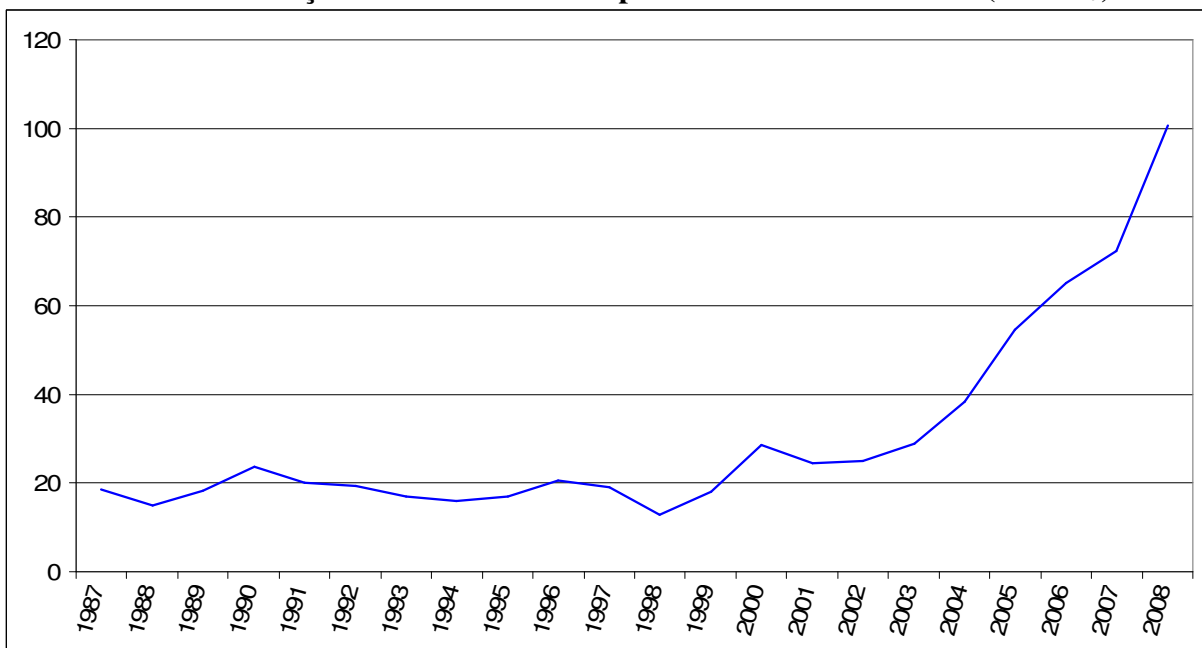
A década de 1990 marcou o início de um ambiente de muitas oscilações no preço internacional do petróleo. De acordo com o Gráfico 4, apesar da elevada volatilidade dos preços, a tendência observada era de queda entre 1990-1995. A instabilidade nos preços gerou redução na rentabilidade do setor petrolífero, o que resultou na alteração das estratégias de desenvolvimento das empresas e marcou o início de mudanças no mercado. Segundo Simão (2001), neste período, as grandes multinacionais voltaram-se para as atividades relacionadas com o petróleo e gás natural e concentraram-se por meio de megafusões bilionárias que ocorreram entre algumas das maiores empresas (Exxon e Mobil). As duas ações tiveram por finalidades principais o aumento das reservas de óleo, a redução dos custos, a conquista dos mercados emergentes e a maior capitalização sobre os negócios.

Entre os anos de 2000 e 2005, a taxa de crescimento médio anual da produção de petróleo foi de 1,7% a.a, enquanto que o crescimento das importações mundiais de petróleo foi de 3,2% a.a, alavancada principalmente pela China e Índia (AIE, 2005). Este fato aliado à guerra do Iraque em 2003 e à política agressiva de defesa de picos de preços cada vez mais

elevados com reduções de produção por parte da OPEP fizeram com que os preços do petróleo seguissem uma trajetória crescente a partir de 2003 (PINTO JÚNIOR *et alli*, 2007).

Segundo Souza (2006), os aumentos dos preços do petróleo afetam diretamente os preços ao consumidor, dado que os seus derivados fazem parte da cesta de consumo das famílias, podendo ter um efeito indireto sobre os preços no consumidor através do aumento dos preços ao produtor. Adicionalmente, podem existir outras repercussões nos preços para o consumidor se os aumentos dos preços se refletirem em salários mais elevados ou, de um modo mais geral, nas expectativas de inflação.

Gráfico 4 - Preço médio* do barril de petróleo entre 1987 a 2008 (em US\$)



* Preço por barril do petróleo bruto do tipo Brent (FOB)

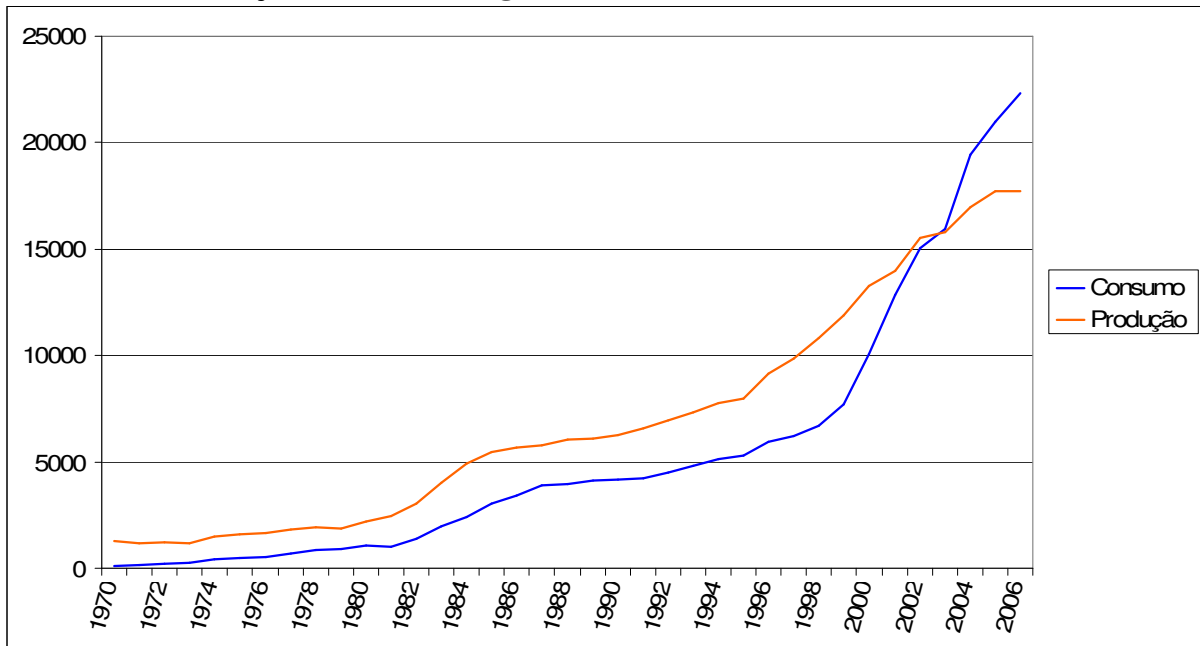
Fonte: elaboração própria com base nos dados do sítio do IPEA (2008e)

Diferentemente do setor petrolífero, a indústria de gás natural é classificada como uma indústria de rede, desenvolvendo-se prioritariamente nos mercados nacionais, em função da rigidez associada às formas de transporte. Do lado da oferta, a produção nacional líquida apresentou um aumento de 7,4% a.a. nos anos entre 2000-2006 e a entrada em operação do Gasoduto Bolívia-Brasil (GASBOL) em 1999 tornou possível o início das importações, cujo crescimento foi de 28,2% a.a. no mesmo período (ANP, 2006). De acordo com o Gráfico 5, observa-se que a partir de 2003 o déficit entre o consumo interno e a produção passou a ser suprido pela importação do produto.

Todavia, a infra-estrutura de transporte ainda é incipiente e encontra, muitas vezes, dificuldade de se viabilizar economicamente, o que prejudica o adequado escoamento do gás.

Soma-se a isso, o retorno às políticas nacionalistas nos países sul-americanos, gerando perda de atuação dos órgãos reguladores e instabilidade político-institucional na região, em especial na Bolívia, principal fornecedor de gás natural para o Brasil. O episódio de expropriação das refinarias pertencentes a empresas internacionais na Bolívia colocou em dúvida a segurança do abastecimento para os próximos anos (PETROBRAS, 2008).

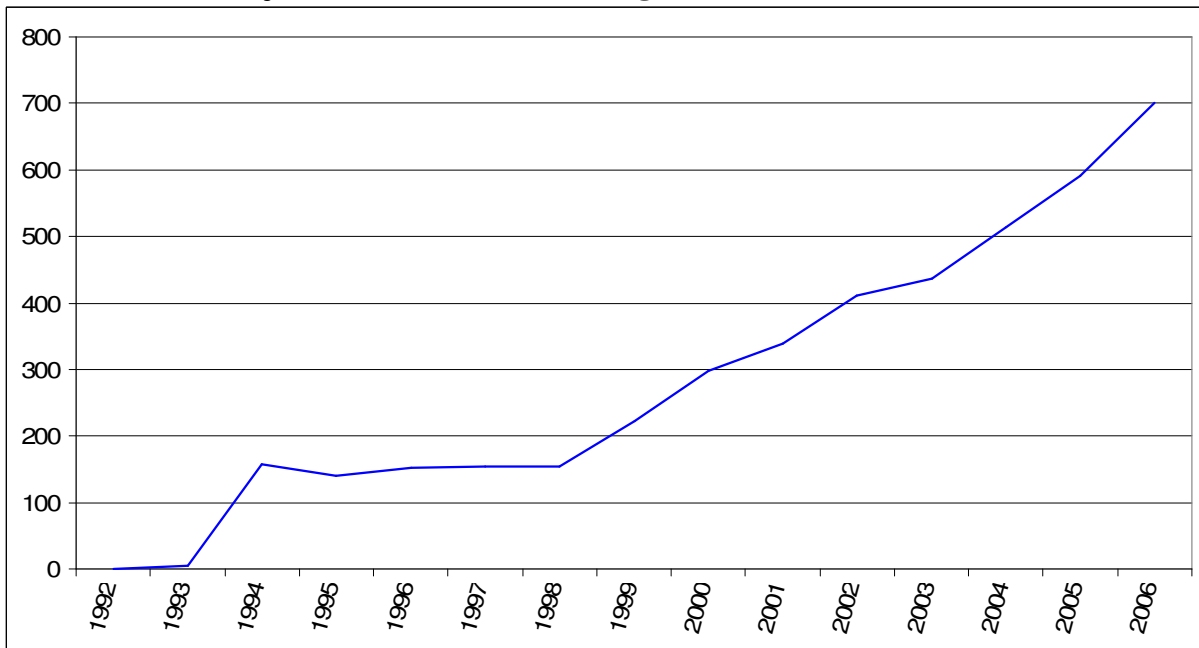
Gráfico 5 - Produção e consumo de gás natural no Brasil entre 1970 a 2006 (em mil m³)



Fonte: elaboração própria com base nos dados do sítio do IPEA (2008f)

Na mesma tendência do petróleo e seus derivados, o preço do gás natural tem percorrido uma trajetória ascendente a partir de 1998, conforme Gráfico 6. Segundo Pires (2006), os aumentos recentes no preço do gás natural não tem relação com o processo de nacionalização da indústria de gás e petróleo na Bolívia. O preço do gás boliviano permaneceu congelado de janeiro de 2003 até setembro de 2005 e, mesmo assim, o preço do gás natural continuou o mesmo ritmo de crescimento, seguindo a tendência dos seus principais competidores que acumulam no mesmo período (setembro/05 a julho/06) os seguintes aumentos: gasolina 22%, óleo diesel 20%, GLP 10% e óleo combustível 8%.

Outro fator que tem contribuído para a elevação dos preços é o aumento na utilização do gás natural para a geração elétrica, impulsionando a demanda do setor. As estatísticas do período de 2000 a 2006 revelam uma evolução no consumo de 16,2% a.a.. Além disso, a Petrobrás prevê para os próximos 5 anos um crescimento do mercado de gás da ordem de 17,7% a.a. até 2011 (PETROBRAS, 2008).

Gráfico 6 - Preço médio* internacional do gás natural entre 1992 a 2006 (em R\$)

* Preço por metro cúbico

Fonte: elaboração própria com base nos dados do sítio do IPEA (2008d)

1.1.1.2 – Evolução histórica

A indústria mundial do petróleo é especial, tanto do ponto de vista da organização industrial quanto da relevância dos fatores geopolíticos. Desde o fim da II Guerra Mundial, o petróleo é a principal fonte de energia primária da matriz energética mundial.

Inicialmente, vislumbra-se que a indústria nacional do petróleo passou por quatro fases distintas, a primeira caracterizada pela livre iniciativa privada, na qual o Estado delegava a particulares a atividade petrolífera, a segunda pela nacionalização das riquezas do subsolo pelo Governo, seguida pelo estabelecimento do monopólio nas mãos do Estado (Petrobrás) e, por último, a recente flexibilização do monopólio e o surgimento da livre concorrência no setor (CANELAS, 2007).

A moderna indústria de petróleo no Brasil foi construída no centro de um projeto de desenvolvimento industrial baseado em políticas setoriais de substituição de importações. Dada a incapacidade do empresariado nacional em promover acumulação do montante de capital necessário para um empreendimento de grande porte, o presidente Getúlio Vargas, instituiu em 1953 o monopólio da União na pesquisa, lavra, refino e transporte do petróleo e seus derivados, além de criar a Petróleo Brasileiro S.A, a Petrobras, companhia estatal, monopolista integrada verticalmente nos segmentos de exploração e pesquisa (E&P) e refino, que seria a responsável pelo desenvolvimento da indústria brasileira de petróleo. Até então, as atividades de E&P de petróleo no Brasil ocorriam apenas em pequena escala e eram

conduzidas pela iniciativa privada. A partir da criação da Petrobras, a indústria nacional petrolífera começava a se desenvolver, multiplicando-se, com isso, as pesquisas em diversas bacias brasileiras.

Impulsionado pelo crescimento médio anual do PIB a taxas superiores a 10% ao ano, em função do “Milagre Brasileiro” (1968-1973), o consumo de derivados de petróleo duplicou no início dos anos 70. As constantes decepções na exploração em terra incentivaram um avanço em direção à exploração *offshore*⁵. Todavia, em função dos riscos e incertezas inerentes a esta modalidade de E&P, tal direcionamento foi retardado, até o evento dos choques da OPEP.

A mudança na indústria de petróleo, determinada pelos choques da década de 1970, tornou o ambiente da indústria complexo para todos os agentes. Até o ano de 1973, dada a abundante oferta de petróleo barato, os investimentos da estatal eram centrados nas atividades *downstream*, ou seja, refino, distribuição (atacado) e revenda (varejo) de derivados de óleo, tendo a atividade exploratória papel secundário. Em tal ambiente, de preços muito baixos de petróleo, a grande dependência de petróleo importado não se constituía em um grande problema para o país, de modo que, no ano do primeiro choque da OPEP em 1973, cerca de 80% do petróleo consumido no Brasil era importado. Entretanto, o aumento dos preços do óleo e o impacto deste nas contas externas e na estabilidade econômica do país acabaram dando um grande impulso para a Petrobras aumentar seus esforços em E&P, sobretudo *offshore*, passando-se a idealizar o conceito de auto-suficiência. A partir do segundo choque da OPEP em 1979, a Petrobras se torna uma das líderes mundiais da atividade de E&P em águas profundas, tanto em termos de profundidade da fronteira exploratória e produtora quanto em volume de reservas em águas profundas, posição que mantém até hoje.

A década de 1980 foi marcada pela acentuada mobilização das estatais no apoio de diretrizes defensivas (e inócuas) para debelar a crise da dívida externa, a crise fiscal e o processo de inflação. O objetivo central a partir da segunda metade dessa década foi estimular a demanda e a substituição de derivados de petróleo (SOUZA, 2006).

Na década de 1990, o novo ambiente internacional de maior abertura econômica, sobretudo nos setores de infra-estrutura, incitou os Estados a agilizarem a legalização da maior participação do capital privado nas indústrias em que detinham a participação acionária. Isso se deu das mais variadas formas, como: privatizações, parcerias, contratos de risco, concessões, entre outras. Este movimento ocorreu, sobretudo, nos países emergentes onde os

⁵ Longe da costa, em alto-mar.

governos visavam a redução das dívidas públicas, o aumento dos investimentos nas indústrias de infra-estrutura locais e a geração de receitas para os cofres públicos.

A partir desse período, a indústria do gás natural adquire *status* na política energética nacional em função de dois fatores principais: (i) a descoberta de reservas importantes na Bacia de Campos; (ii) e o avanço das negociações de importação de gás da Bolívia a partir de 1994. Devido à crescente disponibilidade dos recursos de gás natural, tanto domésticos quanto importados, o Ministério de Minas e Energia (MME) passou a colocar a difusão do gás natural como uma das prioridades para o setor de energia. A Petrobrás, buscando preservar as vantagens econômicas da integração vertical das atividades ao longo da cadeia, adquiriu participações na maior parte das empresas estaduais e consolidou sua posição dominante na cadeia produtiva do gás, via a aquisição de ativos e a internacionalização de suas atividades até o segmento *upstream* boliviano (PINTO JÚNIOR *et alli*, 2007).

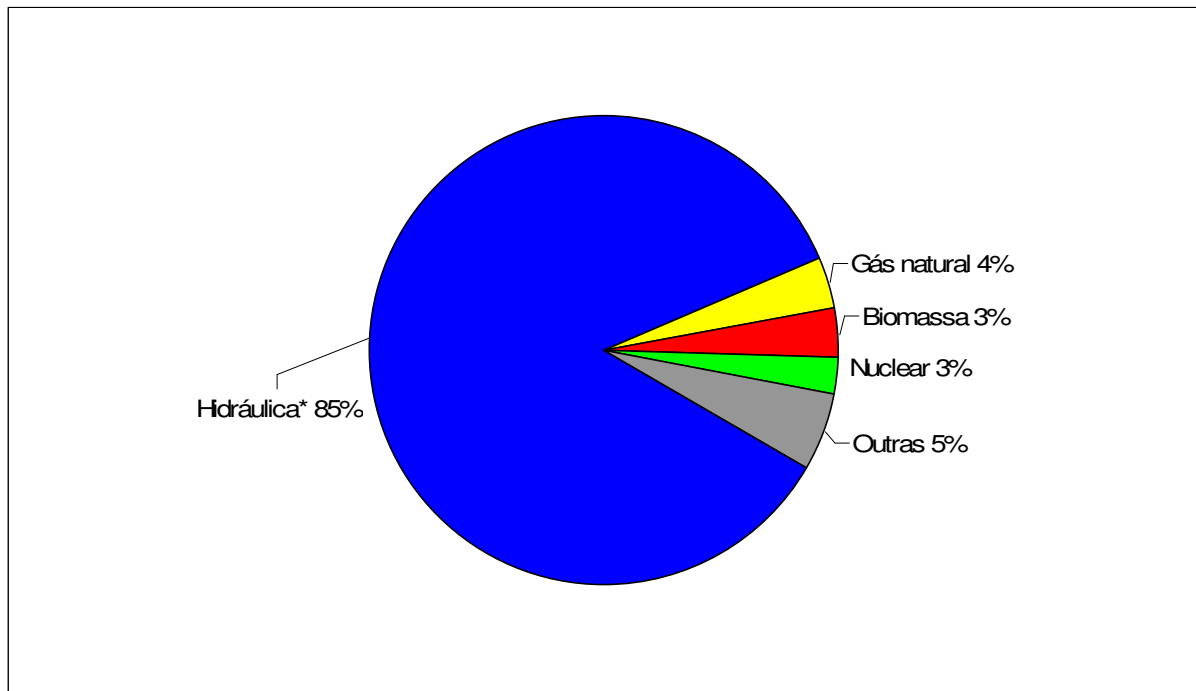
Porém, a falta de uma política estruturada de energia e o descompasso entre as ações empreendidas pelos diferentes agentes econômicos (Petrobrás, empresas de distribuição, consumidores industriais, centrais termoelétricas) culminaram por oferecer sinais equivocados que levaram a desequilíbrios nas condições de oferta de energia e de segurança no suprimento, tanto no setor elétrico como no setor de gás. Estes fatos levaram à construção de um novo modelo institucional que veio definir de forma mais clara os espaços institucionais relativos à interface entre as indústrias do setor de energia⁶.

1.1.2 – O setor elétrico

1.1.2.1 – Características econômicas e conjunturais

Por meio do Gráfico 7, que apresenta a estrutura da oferta interna de energia elétrica (OIEE) para o ano de 2007, observa-se que a gama de possibilidades de geração de eletricidade é ampla e não se esgota nessas fontes de energia e tecnologias convencionais. Nota-se que a maior parte (85%) advém das centrais hidroelétricas. O restante é distribuído da seguinte forma: 10% para centrais termoelétricas (gás natural, biomassa e fonte nuclear) e 5% para outras fontes. A hidroeletricidade no Brasil tem peso muito superior se comparada à média mundial, que apresentou uma participação de apenas 16% em 2006 (MME, 2007b).

⁶ O novo arcabouço institucional e regulatório para o setor de petróleo e de gás natural, determinou a flexibilização do monopólio estatal, e criou a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. A ANP foi criada como agência de regulação, nos moldes de autarquia especial vinculada ao MME e ao Conselho Nacional de Política Energética – CNPE. Para maiores informações consultar Mariano (2007).

Gráfico 7 - Origem da oferta interna de energia elétrica no Brasil em 2007

Fonte: elaboração própria com base nos dados do sítio do MME (2007b)

Considerando que a eletricidade é um fluxo, o tempo e o espaço são dimensões importantes não só na caracterização e diferenciação dos serviços elétricos, mas também na identificação da natureza das economias de escala e de escopo dos processos de geração, transmissão e distribuição dessa forma de energia (PINTO JÚNIOR, 2007).

A reunião de consumidores com padrões temporais de consumo diferenciados permite a exploração de economias de escopo, tanto na produção quanto no transporte da eletricidade. Pois, na medida em que os usuários demandam energia em diferentes momentos do tempo, a mesma capacidade instalada de produção e transporte pode ser usada por mais de um usuário ao longo de dado período. Por outro lado, para a obtenção de economias de escala, é necessário agregar consumidores que apresentem perfis temporais semelhantes, de modo que sobreponham às demandas no tempo e dessa maneira elevar a intensidade final do fluxo e, por conseguinte, a escala de produção e transporte. Assim, a busca de economias de escala e escopo no setor elétrico significa a reunião de consumidores no tempo e no espaço.

Considerando que as atividades de uso, transporte e geração devem ser simultâneas e que são os consumidores que definem a intensidade do fluxo a cada momento do tempo, cabe então ao sistema elétrico criar as condições para acompanhar as flutuações na demanda. Em relação ao tipo de consumidor final do setor elétrico, observa-se por meio da Tabela 3 que, entre 1970-2006 houve diminuição do consumo final de energia elétrica para os setores

industriais, público, transporte e outros. Este comportamento está relacionado à maior eficiência do setor a partir principalmente da década de 1990. Os setores residencial, comercial e agropecuário apresentaram uma trajetória crescente de consumo. O grande aumento no setor agropecuário se deve principalmente à eletrificação do meio rural (MME, 2007a).

Tabela 3 - Evolução brasileira do consumo final de energia elétrica por setor entre 1970 a 2006 (em %)

Identificação	1970	1980	1990	2000	2006
Industrial	49,2	55,6	51,6	44,2	47,0
Residencial	21,1	19,0	22,4	25,2	22,0
Comercial	13,0	11,2	10,9	14,3	14,2
Público	9,0	8,5	8,3	8,8	8,5
Agropecuário	0,8	1,7	3,1	3,9	4,2
Transportes	1,6	0,7	0,5	0,4	0,4
Outros	5,2	3,4	3,1	3,2	3,7
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

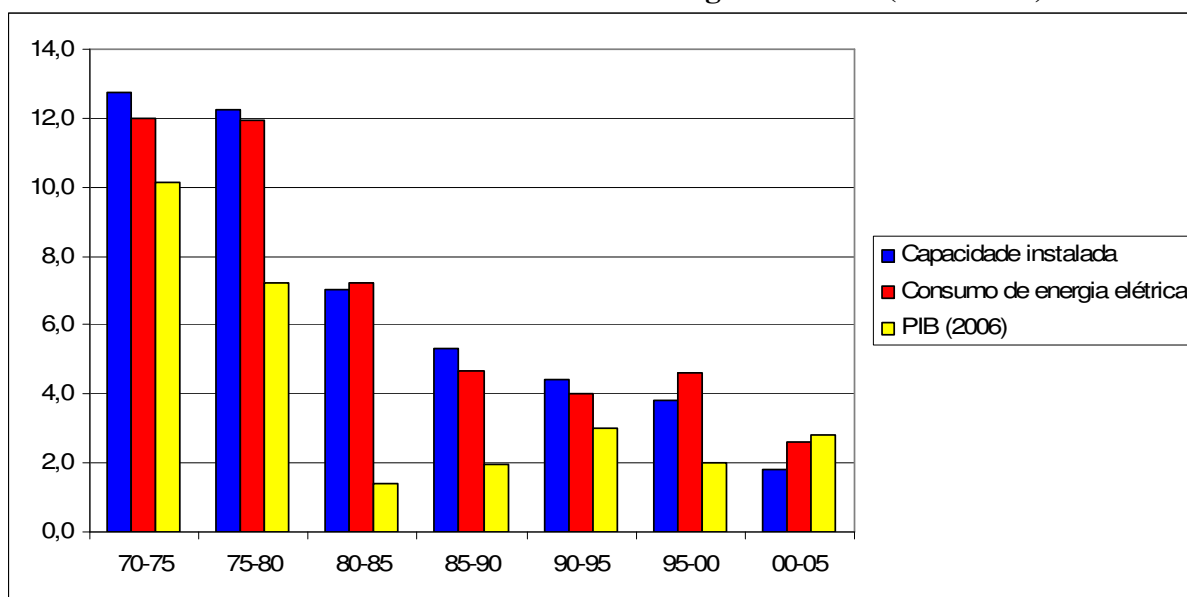
Fonte: MME (2007a)

Segundo os dados do balanço energético nacional de 2006, o consumo total de energia elétrica no Brasil evoluiu de 39,7 TWh⁷, em 1970, para 359,6 TWh em 2004, crescendo a uma taxa média de 6,7% ao ano neste período. Para o entendimento do comportamento do consumo de energia ao longo do tempo, deve-se levar em conta não só as características técnicas, mas também, a evolução histórica do setor.

1.1.2.2 – Evolução histórica

A análise da evolução do consumo de energia elétrica no Brasil relativamente à da economia deve ser feita levando em consideração o diferente desempenho da atividade produtiva ao longo dos anos. Por meio do Gráfico 8, pode-se notar que o ritmo de crescimento do consumo de energia elétrica, da capacidade instalada e do PIB comporta-se de maneira diferenciada ao longo do tempo devido, principalmente, aos inúmeros acontecimentos políticos e econômicos.

⁷ Para facilitar o registro e os cálculos das unidades de medidas de uma grandeza física de grandes valores, usam-se múltiplos do Watt (W) como o TWh que representa 1 trilhão de Watts por hora.

Gráfico 8 – Economia e consumo de energia no Brasil (1970-2005)*

* As séries estão explicitadas na forma de taxa de crescimento

Fonte: elaboração própria com base nos dados dos seguintes sítios: EPE (2007), IPEA (2008g) e MME (2007a)

Na década de 70, principalmente a partir do PND, houve crescimento intenso da economia brasileira (8,6% ao ano), o que se refletiu no consumo de eletricidade que, no mesmo período, expandiu 12% ao ano (EPE, 2007). Foi a época da reestruturação e expansão do parque industrial nacional, verificada no contexto do processo de substituição de importações de insumos básicos e bens de capital, tentando superar os problemas cambiais resultantes da primeira crise de preços do petróleo em 1973 (MARRECO, 2007).

O I PND (1972-1974) concedeu maior ênfase à indústria de bens de consumo duráveis, liderada pela indústria automobilística. Foi um período de grande avanço no processo de substituição de importações. O II PND (1975-1979) mudou a ênfase do desenvolvimento, alterando as prioridades de industrialização do setor de bens de consumo duráveis para o setor produtor de meios de produção, principalmente a indústria siderúrgica, máquinas, equipamentos e fertilizantes, buscando a autonomia em insumos básicos.

Apesar de se considerar que o alcance dos objetivos ficou muito aquém do que havia sido traçado, o II PND representou significativos avanços, especialmente na geração de bens de capital, de energia, prospecção de petróleo e produção de álcool. Projetos como Itaipú, Tucuruí, o Programa Nuclear, o Pólo Petroquímico da Bahia e o Projeto Carajás no Pará foram concebidos no escopo do plano.

Já nos anos 80, a economia apresentou comportamento instável, tendo expandido, em média, 1,6% ao ano. Contudo, o consumo de energia elétrica seguiu crescendo a taxas significativas, consolidando no período 5,9% ao ano, haja vista a maturação e/ou implantação

dos grandes projetos industriais previstos no II PND, como os de siderurgia e alumínio. A grande recessão econômica, combinada ao choque do petróleo, estimulou uma política de incentivos à indústria intensiva em energia, voltada para a exportação (aço, alumínio e ferroligas), como forma de aproveitar o excesso de capacidade instalada de geração elétrica e de amenizar o déficit comercial (MARRECO, 2007).

A partir de 1985, com a queda dos preços internacionais de petróleo, as vantagens comparativas das fontes nacionais de energia foram perdendo força, havendo o retorno parcial dos derivados de petróleo. Além disso, a política de tarifas artificialmente baixas, para conter a inflação, começava a reduzir a capacidade de investimento na expansão da oferta, o que, combinado com a alta das taxas de juros no mercado internacional, criava grandes dificuldades financeiras para o setor elétrico que teve sua expansão em parte financiada por empréstimos com taxas flutuantes (LORENZO, 2007).

Na década de 90, houve um crescimento médio de 2,7% da economia e de 4,3% do consumo de eletricidade. Tal fato refletia mudanças estruturais no perfil da expansão do mercado, principalmente no que se refere à indústria nacional, que se modernizava e fazia uso mais eficiente da eletricidade. Além disso, as indústrias eletrointensivas não apresentavam mais expansões significativas (EPE, 2007).

Três marcos importantes interferiram no desempenho da economia ao longo dos anos 90. O primeiro deles, o Plano Collor, congelou a base monetária do País, trazendo como reflexo imediato um período recessivo da economia. Entre 1990 e 1994, a economia cresceu 3,1% ao ano, enquanto o consumo de energia elétrica aumentou em 3,5% ao ano. Assim, inicia-se o processo de abertura econômica, lançando também, o Programa Nacional de Desestatização.

O segundo marco diz respeito ao Plano Real implantado no início de 1994. Na medida em que se promoveu o controle do processo inflacionário, criaram-se condições favoráveis ao crescimento econômico. Assim é que, entre 1994 e 1997, a economia cresceu, em média, 3,4% ao ano e o consumo de energia elétrica 5,7% (EPE, 2007). Com as privatizações, houve uma rápida recuperação dos níveis tarifários que estavam defasados até então, a fim de aumentar a atratividade das empresas a serem privatizadas. Para o setor residencial, o preço real das tarifas de energia elétrica sofreu acréscimo de 96,11% (D'AVILA, 2007).

O terceiro marco refere-se à crise financeira internacional, deflagrada a partir da Crise da Ásia, em 1997, e da moratória da Rússia declarada em 1998. Este novo contexto levou o governo brasileiro a adotar medidas de ajuste econômico, entre as quais a elevação da taxa básica de juros e a desvalorização do Real, cujos efeitos se refletiram imediata e intensamente

na atividade econômica do País e, conseqüentemente, no mercado de energia elétrica brasileiro (MARRECO, 2007).

Em 1998 e 1999, a economia praticamente não expandiu, registrando taxas de 0,2% e 0,8% respectivamente nos dois anos (EPE, 2007). Neste período, ao contrário do que era desejado, as empresas privatizadas não investiram no aumento da expansão do parque gerador, priorizaram principalmente o pagamento de dividendos para seus novos controladores (D'AVILA, 2007).

No período de 2000 a 2004, a economia brasileira também apresentou crescimento baixo, fechando o período com taxa média anual de 2,2% e crescimento do consumo de energia elétrica de 2,0% ao ano. O baixo desempenho econômico neste período está relacionado à falta de investimentos no setor de energia aliada à escassez de chuva, culminando no racionamento em 2001 que, durante nove meses, impôs restrições ao consumo de energia elétrica nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste (D'AVILA, 2007).

O racionamento de energia forçou uma redução média no consumo de 20%, tendo dois efeitos imediatos: deslocou parte do consumo de energia elétrica para outros energéticos e impôs um aumento da conservação de energia, seja via maior eficiência ou racionalização do uso. Essa contração da demanda, somada à desvalorização cambial em 1999 e em 2001, contribuiu para agravar a crise financeira nas concessionárias que distribuem a eletricidade, havendo repasse dos prejuízos para os consumidores (MARRECO, 2007).

Dada a carência de investimentos no setor hidroelétrico, o valor estimado dos investimentos na expansão da capacidade de geração de energia, que são necessários para atender às carências e necessidades do Brasil nos próximos anos, é de R\$ 27,37 bilhões no período 2007-2010, o que equivaleria ao crescimento de 1% ao ano por habitante. Esses valores podem ser divididos em investimentos em geração de nova energia e em investimentos em transmissão. Com relação ao primeiro, estima-se um montante igual a R\$ 17,11 bilhões e, com respeito à transmissão, estima-se um montante de R\$ 10,26 bilhões (MME, 2007a).

Nesta visão, o diagnóstico sobre a perda de performance das empresas estatais baseava-se na falta de condições de concorrência e da ineficiência do Estado na operação e gestão das empresas. A presença do Estado no setor é predominante uma vez que controla 78% da geração, 100% da transformação e, ainda, 30% da distribuição de energia (LANDI, 2006). O questionamento dos monopólios públicos e da eficiência econômica da estrutura verticalizada da cadeia produtiva (geração, transmissão e distribuição) tem suscitado o surgimento de novos modos de organização industrial.

Com a entrada de novos operadores, há o deslocamento do foco central da regulação, antes fundado na supervisão de empresas estatais. A nova forma de regulação setorial, calcada na desregulamentação⁸, implica maior complexidade institucional e uma nova forma de intervenção do Estado.

1.1.3 – O setor de biomassa

Do ponto de vista energético, a biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar. A energia solar é convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos. A lenha, carvão vegetal, etanol, metanol, o biogás e o biodiesel são subprodutos energéticos derivados de fontes de biomassa.

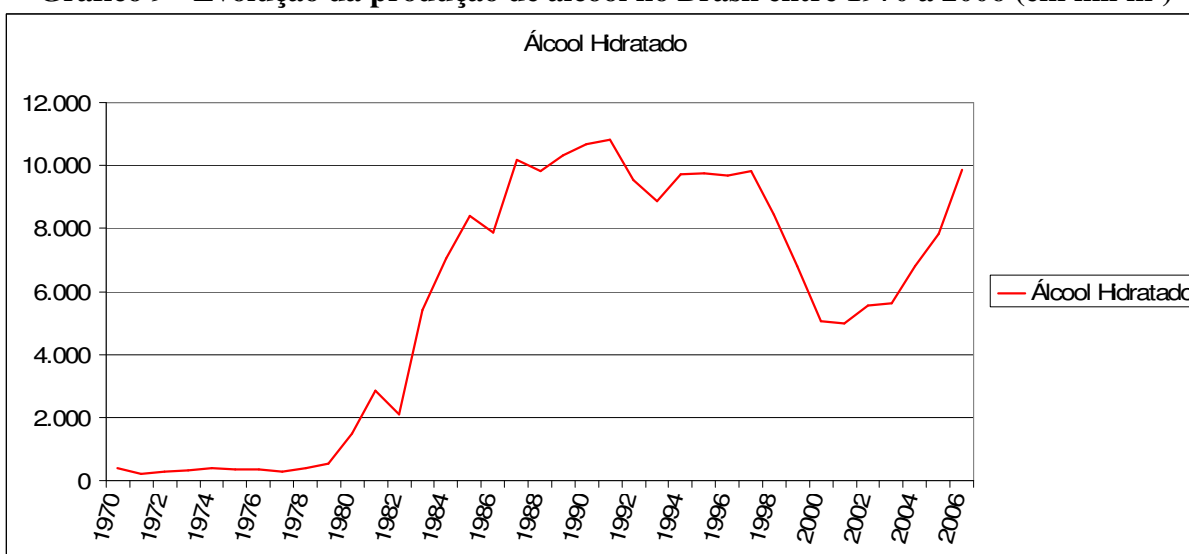
O interesse pela geração de energia a partir de fontes renováveis, principalmente as alternativas como a biomassa, vem experimentando uma nova fase de crescimento no Brasil. O apelo ambiental era o único argumento utilizado para incentivar tais fontes, não sendo, no entanto, suficiente para atingir seu objetivo. Com a crise de energia elétrica e o plano de racionamento vividos em 2001, chamou-se a atenção para a necessidade de diversificar as fontes de energia. Como resultado, vêm sendo criados mecanismos legais para regulamentar o uso destas fontes, tal como a lei que cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, mais conhecido como PROINFA. Este programa tem entre outros o objetivo de incentivar a geração de energia elétrica a partir da biomassa, da energia eólica e de pequenas centrais hidroelétricas. Também foi criado o programa para biocombustíveis enfatizando o uso de biodiesel no país (SCANDIFFIO e FURTADO, 2004).

A cana-de-açúcar é uma cultura secular no Brasil e hoje ocupa um lugar de destaque na produção de alimento e energia na forma de álcool. O etanol da cana de açúcar representa um caso de sucesso tecnológico para o país que foi lançado na década de 1970, no âmbito do conjunto de medidas de políticas energéticas, visando enfrentar os choques do petróleo. O país é pioneiro na produção de álcool combustível, utilizando tanto o álcool hidratado (como combustível nos motores automotivos) quanto o álcool anidro (uso comercial). De acordo com o Gráfico 9, observa-se que durante as décadas de 80 e 90 o consumo do álcool esteve

⁸ Ao contrário do que o termo sugere, a desregulamentação não é sinônimo de ausência de regulamentação. Indica, na verdade, a liberalização progressiva dos mercados, via a redução de barreiras institucionais à entrada de novos agentes (Pinto Júnior, 2007). O novo modelo do setor elétrico tem como objetivos principais garantir a oferta necessária de energia, promover a modicidade tarifária e a universalização do acesso à eletricidade. Para maiores informações, consultar Landi (2006).

em alta devido, principalmente às políticas de incentivos derivadas do Proálcool e do encarecimento dos derivados do petróleo. A partir do ano de 2000, houve uma acentuada queda da produção devido ao barateamento da gasolina e envelhecimento da frota de veículos movidos a álcool. Desde 2003, entretanto, o Brasil voltou a produzir álcool em volumes expressivos devido ao advento dos chamados carros *flex*, capazes de utilizar mais de um combustível. Esta é uma boa ilustração da articulação do binômio tecnologia-energia que vai além da simples penetração do álcool no mercado de combustíveis (JANNUZZI, 2003).

Gráfico 9 - Evolução da produção de álcool no Brasil entre 1970 a 2006 (em mil m³)



Fonte: elaboração própria com base nos dados do sítio do MME (2007a)

O período de colheita da cana-de-açúcar coincide com o de estiagem das principais bacias hidrográficas do parque hidrelétrico brasileiro, tornando a opção ainda mais vantajosa. Em média, cada tonelada de cana processada requer cerca de 12 kWh de energia elétrica, o que pode ser gerado pelos próprios resíduos da cana, possibilitando a auto-suficiência do setor em termos de suprimento energético, por meio da co-geração (ANEEL, 2005a).

A composição setorial do consumo final de biomassa indica que o setor de alimentos e bebidas, seguido pelo setor residencial e energético foram os que mais consumiram este tipo de energia em 2006, conforme a Tabela 4. Ao longo do período compreendido entre 1970-2006, observa-se o aumento do consumo do setor industrial e significativa diminuição da participação do setor residencial e agropecuário.

Tabela 4 - Composição setorial brasileiro do consumo final de biomassa* entre 1970-2006 (em %)

Identificação	1970	1980	1990	2000	2006
Outros Setores - Total	74,71	64,70	58,23	49,46	46,21
Setor Energético	0,27	5,73	16,61	13,59	15,61
Residencial	58,54	45,02	21,29	17,17	15,29
Comercial e Público	0,72	0,65	0,43	0,34	0,25
Agropecuário	14,76	9,24	5,40	4,04	3,92
Transportes	0,42	4,06	14,50	14,32	11,14
Industrial - Total	25,29	35,30	41,77	50,54	53,79
Cimento	0,00	0,30	0,98	0,90	0,48
Ferro-gusa e Aço	3,12	8,42	10,81	9,01	8,07
Ferro-ligas	0,15	0,51	0,90	1,21	1,16
Mineração e Pelotização	0,00	0,11	0,08	0,00	0,00
Não-Ferrosos e Outros Metálicos	0,03	0,18	0,72	0,01	0,01
Química	0,37	0,39	0,72	0,56	0,12
Alimentos e Bebidas	14,62	17,03	15,92	23,84	29,71
Têxtil	0,77	0,18	0,39	0,20	0,16
Papel e Celulose	1,08	3,05	5,44	9,27	9,66
Cerâmica	3,53	3,86	4,03	4,11	3,12
Outros	1,62	1,29	1,78	1,44	1,28
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

*Inclui bagaço de cana, lenha, outras fontes primárias renováveis, carvão vegetal e álcool.

Fonte: MME (2007a)

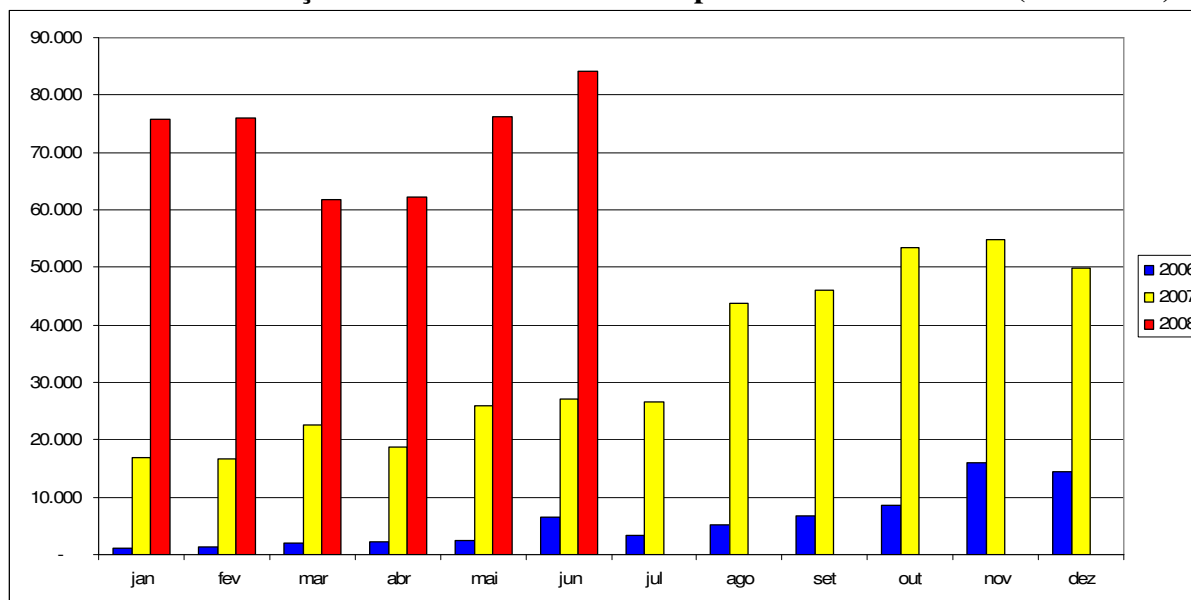
Além da produção de etanol e de eletricidade por meio da cana-de-açúcar, no Brasil, o setor de biomassa também produz o biodiesel⁹ que se apresenta como alternativa aos combustíveis derivados do petróleo. Por ser biodegradável, não-tóxico e praticamente livre de enxofre, trata-se de uma forma de energia limpa que resulta em importantes benefícios ambientais. A variedade de fontes de matérias-primas tem sido apontada como um dos pontos fortes da produção brasileira de biodiesel, as mais citadas são: soja, mamona, palma, babaçu, algodão e amendoim (PINTO JÚNIOR, 2007). Por meio do Gráfico 10, observa-se a crescente produção de biodiesel entre os anos de 2006 a 2008 devido principalmente à introdução de novas tecnologias no setor.

Segundo Scandiffio *et alli* (2004), as novas fontes renováveis de energia oferecem vantagens pelo fato de aumentar a diversidade da oferta de energia; assegurar a sustentabilidade da geração de energia a longo prazo; reduzir as emissões atmosféricas de poluentes; e criar novas oportunidades de empregos. O custo da biomassa no país é alta

⁹ O biodiesel é produzido pela transesterificação de óleos vegetais, em meio alcalino, utilizando álcool. Gorduras de origem animal também podem ser utilizadas.

eficiência de sistemas modernos de geração de eletricidade, especialmente através da gaseificação de biomassa e uso do gás em ciclos combinados justificam maior atenção para o desenvolvimento dessas tecnologias no Brasil.

Gráfico 10 - Produção de biodiesel no Brasil no período de 2006 a 2008 (em mil m³)



Fonte: elaboração própria com base nos dados do sítio da ANP (2008)

Dois grupos de fatores contribuem para a mudança do norte da política energética de quase todos os países do mundo a partir de 2005. Por um lado, destaca-se a percepção crescente dos impactos perversos da queima de combustíveis fósseis sobre o meio ambiente, gerando o efeito estufa e as mudanças climáticas. Por outro, os preços elevados do petróleo a partir de 2003, bem como a concentração estrutural das reservas de petróleo nos países da OPEP, voltaram a colocar em primeiro plano o tema da segurança do abastecimento energético. Consequentemente, é possível identificar uma série de ações em diferentes países buscando a consecução de dois objetivos principais, a saber: a diversificação das fontes de suprimento de petróleo; e a ampliação da participação de fontes renováveis e mais limpas na matriz energética.

Tendo em vista as características e a importância dos setores petrolíferos e de gás natural, hidroelétrico e de biomassa na matriz energética brasileira, na próxima seção, o comportamento e as características das exportações brasileiras serão mostrados a fim de trazer subsídios para o entendimento da influência que esta exerce sobre o setor energético.

1.2 – O comércio externo brasileiro

Segundo o relatório mundial de exportações, divulgado pela OMC (Organização Mundial de Comércio), apesar de ser o nono maior PIB, o Brasil é o vigésimo quarto exportador, detendo apenas 1,1% do mercado mundial, bem abaixo de países de porte equivalentes, como Coréia do Sul, com US\$ 326 bilhões (11º lugar), Rússia, com US\$ 305 bilhões (13º lugar) e México com US\$ 250 bilhões (15º lugar). A Alemanha se destaca no primeiro posto do *ranking* dos países exportadores de 2006, com vendas ao exterior de US\$ 1,1 trilhão, seguida de perto pelos Estados Unidos, em segundo lugar, com US\$ 1 trilhão e China, já em terceiro, com US\$ 969 bilhões (MDIC, 2008c).

Trata-se evidentemente de uma oportunidade não suficientemente aproveitada pelo Brasil. Há, no entanto, outros fatores favoráveis no desempenho brasileiro, como a diversificação da pauta exportadora, dos mercados de destino e a sua capacidade de geração de superávits. Ao contrário do México e Rússia, por exemplo, que concentram suas exportações basicamente em petróleo, o Brasil é razoavelmente diversificado, fruto da sua industrialização. Também ao contrário do México, que vende 90% dos seus produtos para os EUA, o Brasil tem mercados de destino bastante variados: 27% para a Europa, 20% para os EUA, 23% para os demais países da América Latina, 15% para a Ásia e outros 15% para países árabes, África e Oceania.

O desempenho das exportações brasileiras revela alguns paradoxos. Nos últimos quatro anos elas praticamente dobraram, atingindo US\$ 142 bilhões nos dozes meses acumulados até março passado. No entanto, três aspectos chamam a atenção em uma análise mais aprofundada. A perda de dinamismo das exportações brasileiras nos últimos dois anos, a perda de qualidade das exportações e a baixa participação no mercado internacional.

O momento positivo, inédito nos últimos trinta anos, vivenciado pela economia mundial no período pós-2001, propiciou o crescimento da demanda e aumento dos preços das *commodities*, os quais acumularam uma alta média de cerca de 60% desde então. O Brasil foi amplamente favorecido por esse processo, especialmente nas exportações de minérios energo-intensivos e produtos agrícolas.

A demanda externa de bens intensivos em energia sofreu modificações significativas após a II Guerra Mundial na tentativa de aumentar a eficiência por meio de índices de intensidade energética menores. Com isto, os países desenvolvidos passaram a importar produtos energo-intensivos, ao invés de produzirem internamente. O Brasil passa a ser um importante exportador desta categoria de bens (LIMA *et alli*, 1997).

Os bens energo-intensivos são grandes demandantes de fontes primárias de energia como: a energia elétrica e a proveniente de lenha e carvão vegetal. A primeira é demandada prioritariamente por um bloco de bens eletrointensivos (alumínio, aço, ferro-ligas, papel e celulose, soda-cloro e petroquímica), enquanto a segunda é utilizada pelo setor siderúrgico, especialmente nos segmentos eletrointensivos produtores de ferro-gusa e de ferro-ligas. Em 1980, a energia total agregada a produtos exportados (aço, alumínio, ferro-ligas, açúcar, celulose e soja) correspondia a 9% do consumo industrial de energia e em 2004 passou a 28%, no caso da energia elétrica os percentuais foram de 5% para 16%.

A respeito dos produtos agrícolas, o sucesso do setor é devido ao grande crescimento do volume exportado. Os índices de preço e *quantum*, para os extremos da década de 1990 mostram que a média de preços caiu 13% enquanto o volume exportado cresceu 91%, resultando em aumento de 64% no valor exportado pelo setor agrícola (CARVALHO e DA SILVA, 2005). Os dados de exportação a partir de 2000, mostrados na Tabela 5, obtiveram aumento do valor também devido ao aumento do *quantum* exportado, apresentando crescimento médio aritmético de 20% para o período entre 2000-2007 (MDIC, 2008a).

Tabela 5 - Crescimento das exportações brasileiras de bens agrícolas (2000-2007)

Período	Exportação de produtos agrícolas			
	Preço Unit		Quantidade	
	Total	Tx. Cres	Total	Tx. Cres
2000	0,32		25,49	
2001	0,22	-33%	46,22	81%
2002	0,25	15%	40,84	-12%
2003	0,27	7%	51,19	25%
2004	0,32	19%	55,43	8%
2005	0,34	7%	51,45	-7%
2006	0,32	-6%	63,45	23%
2007	0,36	13%	74,67	18%
Média Total		3%		20%

Nota: A quantidade dos bens exportados está em bilhões de toneladas e o preço unitário FOB em reais
Fonte: MDIC (2008a)

A agricultura tem dado uma grande contribuição, dado que o valor de suas exportações vem crescendo a taxas mais elevadas que a dos demais produtos, resultando em superávit comercial agrícola. Entretanto, apoiar-se na agricultura como principal fonte de divisas coloca o país numa situação de vulnerabilidade: a demanda mundial por produtos agrícolas é relativamente decrescente, a variabilidade dos preços e quantidades do comércio agrícola é bem maior do que a dos produtos industrializados, e as relações de troca das exportações

agrícolas têm declinado nos últimos 30 anos (CARVALHO e DA SILVA, 2005). Observa-se, por meio da Tabela 6, que a participação do comércio de produtos agrícolas aumentou a partir do ano de 2005, em detrimento do comércio de produtos industrializados.

Tabela 6 - Composição das exportações brasileiras por categoria entre 2000-2007

Exportações	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Bens Agrícolas	10,42	16,95	13,82	15,94	14,74	12,96	14,95	16,17
Bens Industrializados	88,88	81,95	84,88	82,66	83,76	85,84	83,35	81,83
Outros Bens	0,70	1,10	1,30	1,40	1,50	1,20	1,70	2,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: valores expressos em percentual

Fonte: MDIC (2008a)

Nota-se que o setor agrícola vem contribuindo para a provisão de divisas. No entanto, depender dessa fonte gera intranqüilidade por pelo menos duas razões. A primeira é a elevada concentração das exportações agrícolas em poucos produtos, o que amplia a variabilidade do ingresso de divisas. A segunda é a tendência de crescimento da participação dos produtos básicos no PIB e no comércio, obstáculo ao desenvolvimento que o modelo de substituição de importações pretendeu superar. As exportações de maior valor agregado foram prejudicadas pela valorização do real e a falta de uma estratégia mais agressiva (CARVALHO, 2002).

Os ramos da atividade industrial inaptos para enfrentar a concorrência internacional com câmbio valorizado vêm perdendo participação na economia e provocando questionamentos sobre a desindustrialização do país. A busca de explicação para esses acontecimentos colocou a agricultura no centro do debate. Para muitos analistas a grandeza da competitividade agrícola é a maior causa da apreciação cambial e, conseqüentemente, da propagação da doença holandesa na economia brasileira (CARVALHO e DA SILVA, 2005).

Uma melhora quantitativa e qualitativa das exportações brasileiras depende de progressos na competitividade sistêmica do país, como as questões de infra-estrutura, tributação e políticas macroeconômicas, especialmente câmbio e juros. O objetivo dessa e das demais seções foi estabelecer a ligação entre os efeitos da variação das exportações totais, agrícolas e industriais sobre o setor de energia e, conseqüentemente, para a economia brasileira como um todo. No próximo capítulo, será apresentado o referencial empírico que trata da questão energética em nível nacional e internacional.

2 – REVISÃO DA LITERATURA EMPÍRICA DO SETOR DE ENERGIA

Nos últimos anos, o número de modelos que discutem a questão energética tem crescido devido, principalmente, ao desenvolvimento da informática. Como consequência deste fato, surge a necessidade de classificar os modelos que tratam da energia de acordo com o ferramental empírico adotado. Beeck (1999) e Jebaraj e Iniyar (2006) determinam critérios de classificação, de acordo com a metodologia aplicada aos modelos de energia, para o contexto econômico. Baseado na taxonomia adotada por estes autores, este capítulo mostra os trabalhos alinhados com o tema das inter-relações do setor de energia com os demais setores da economia, com as variáveis macroeconômicas e com o meio ambiente. Os resultados desta revisão bibliográfica têm uma contribuição importante, tanto para outros pesquisadores de temas correlatos, quanto para direcionar este próprio trabalho.

2.1 – Modelos econométricos

Segundo Beeck (1999), nos modelos econométricos são aplicados métodos estatísticos para inferir o comportamento futuro com base no passado, ou seja, por meio de parâmetros mensuráveis. A desvantagem desta metodologia é que não há um conjunto representativo de tecnologias específicas. Além disto, tendo em vista que as variáveis se baseiam no comportamento passado, pressupõe-se comportamento estável da economia.

Adams e Shachmurove (2008) construíram um modelo econométrico para o caso chinês baseado no balanço energético. Com este modelo, fizeram previsão de consumo e importação de energia para o ano de 2020. Este estudo concluiu que deve haver grande aumento na importação de óleo, carvão e gás devido principalmente ao aumento da motorização da população. Segundo os autores, este crescimento da demanda por energia

deverá ser contrabalançado pelo aumento da produção de energia doméstica e melhorias na eficiência, principalmente na produção de energia elétrica. Zhidong (2003) utiliza-se de um modelo econométrico integrado a um sub-modelo macroeconômico de energia para simulação de longo prazo do consumo energético chinês. Neste estudo conclui que o rápido crescimento econômico, em torno de 7% a.a., nos próximos 30 anos deverá resultar em um sério desabastecimento de energia, sendo necessário a adoção de melhorias na eficiência energética e substituição para fontes renováveis.

A necessidade de melhoria na eficiência e procura de fontes renováveis também é abordada por Gan e Zhidong (2008) por meio de um modelo econométrico para uma análise de longo prazo da Malásia. Neste estudo, mostram que em 2030 o consumo primário de energia e a emissão de carbono irão triplicar, além disto, haverá aumento na dependência energética do país devido à maior necessidade de importação. Pokharel (2007) faz uma projeção do consumo de energia do Nepal para o ano de 2012 por meio de dois modelos econométricos, em que um capta o consumo de energia por insumo energético e outro capta o consumo de energia por consumo final. A partir dos resultados do modelo, discute políticas de melhorias na eficiência e substituição da energia.

Os efeitos do Tratado Norte-Americano de Livre Comércio (NAFTA) na eficiência energética e ambiental no México foram estudados por Stern (2007) por meio da construção de séries temporais para o período de 1971-2003 contendo dados de emissão de carbono, energia por fonte, PIB e valor adicionado industrial para os países participantes do NAFTA. Os resultados mostraram que os EUA, Canadá e México convergem para uma diminuição no uso de fontes energéticas poluentes. Além disto, mostrou que houve um aumento e difusão de tecnologias que melhoram a eficiência no uso da energia entre os membros do NAFTA.

A análise de cointegração do consumo de energia e PIB para a Turquia no período de 1970-2003 foi realizada por Lise e Montfort (2007). Os testes mostraram que consumo de energia e PIB são cointegradas, indicando também uma possível relação bidirecional entre as duas séries. Galindo (2005) utiliza-se do método de cointegração para estimar a demanda por energia no México para o período entre 1965-2001 encontrou uma relação estável entre os tipos de demanda por energia em estudo com a renda, com exceção do setor industrial em que o vetor de cointegração também inclui os preços relativos. O modelo econométrico final mostrou que os preços relativos no curto prazo são relevantes em todos os casos, com exceção do setor residencial. Os resultados encontrados indicam que no México a demanda por energia é fundamentalmente dirigida pela renda e que os efeitos dos preços relativos são

basicamente concentrados no curto prazo com exceção do setor industrial, o qual apresenta impacto nos preços apenas no longo prazo.

A relação causal entre o PIB, valor adicionado industrial e agrícola para o consumo de energia foi aplicado por Zamani (2007) para o Irã. Por meio do método de cointegração e testes de causalidade, o autor encontrou uma relação bidirecional de longo prazo entre o PIB e o gás natural e entre o PIB e o consumo de petróleo para o período entre 1983-2003. A relação entre o PIB e o setor de energia mostrou-se unidirecional. Existe também uma relação de causalidade do valor adicionado industrial para o consumo total de energia derivada do gás natural, petróleo e eletricidade. Além disto, concluiu que há bidirecionalidade de longo prazo entre o valor adicionado agrícola e o consumo total de energia derivada do gás natural, petróleo e eletricidade.

Lee e Chang (2008) constroem um painel de dados para 16 países asiáticos para o período de 1971-2002 para estudar a relação entre o consumo de energia e PIB. Os resultados indicaram uma relação positiva de cointegração de longo prazo entre o PIB e o consumo de energia levando em conta os efeitos da heterogeneidade entre os países. Além disto, há causalidade unidirecional de longo prazo do consumo de energia para o crescimento econômico. Isto significa que reduções no consumo de energia não afeta negativamente o PIB no curto prazo, apenas no longo prazo. Além disto, os autores apontam para a necessidade de aprimorar as políticas de melhoria da eficiência no setor.

Huang *et alli* (2008) também estudaram a relação de causalidade entre consumo de energia e crescimento do PIB por meio de um painel de dados de 82 países para o período entre 1972-2002. Baseados no nível de renda do World Bank, os dados são divididos em três categorias: grupo de países de baixa renda per capita, renda média e renda alta. Os autores descobriram que nos países de baixa renda per capita não há relação de causalidade entre consumo de energia e crescimento econômico; nos países de renda per capita média o crescimento econômico se relaciona positivamente com o consumo de energia; e nos países de alta renda per capita crescimento econômico se relaciona negativamente com o consumo de energia. Concluíram, portanto, que a busca de mecanismos que agridam menos o meio ambiente levam à implantação de técnicas mais eficientes de uso energético nos países mais desenvolvidos.

Para entender o comportamento da intensidade do uso de energia na China, Vanden *et alli* (2004) constroem um painel de dados contendo 2.500 indústrias intensivas em energia para o período entre 1997-1999. Por meio deste estudo, concluem que houve um significativo

declínio no consumo industrial de carvão devido, principalmente, ao uso de outras fontes de energia menos poluentes.

No caso brasileiro, especificamente para o Estado de Minas Gerais, Mattos e Lima (2005) estimaram a demanda residencial de energia elétrica para o período de 1970 a 2002. Utilizaram-se do método de cointegração para mostrar que a demanda estudada é mais sensível a variações na renda que no preço da energia elétrica, embora tanto a elasticidade-renda quanto a elasticidade-preço se mostraram inferiores à unidade. Concluíram também que esta última elasticidade é maior em Minas Gerais que no Brasil, sugerindo padrões diferenciados de consumo dessa energia entre os diversos estados do País.

Andrade e Lobão (1997), por sua vez, adotando uma modelagem vetorial autorregressiva e também trabalhando com dados anuais para o período 1963-1995, partiram do princípio de que o consumo residencial é função da tarifa, da renda e do estoque de eletrodomésticos, sendo este último função da renda e dos seus preços. Dessa forma, a elasticidade-renda da demanda capta não apenas o efeito direto que a renda tem sobre o uso desse serviço, mas também o seu efeito indireto via impacto sobre a quantidade de eletrodomésticos. Por outro lado, estimaram também o efeito do preço desses produtos sobre a demanda por eletricidade residencial, o qual reflete implicitamente a relação entre esse preço e o estoque de eletrodomésticos e a pressão que o estoque tem sobre a quantidade demandada de energia. Eles concluem que, embora as elasticidades da tarifa de energia elétrica e preço de eletrodomésticos sejam pequenas, a continuada diminuição de ambos os preços tem contribuído positivamente para o aumento na quantidade demandada de energia elétrica residencial.

Schmidt e Lima (2004) estimaram as elasticidades-preço e renda de longo prazo da demanda por energia elétrica brasileira nas três classes de consumo: residencial, comercial e industrial. Eles também utilizaram o modelo vetorial autorregressivo (VAR) com dados do período 1969-1999 para as estimativas e elaboraram previsões para o período 2001-2005. Obtiveram resultados significativamente semelhantes dos encontrados por Andrade e Lobão (1997).

Em um outro estudo para o Brasil, Siqueira *et alli* (2006) propuseram uma metodologia para incorporar os efeitos do racionamento nas previsões da demanda por energia elétrica e apresentaram as estimações das elasticidades-renda e preço, de curto e de longo prazos, para as três principais classes de consumo (residencial, comercial e industrial) do Nordeste brasileiro. As estimações foram executadas usando-se dados anuais e a amostra cobriu o período 1970-2003. Para modelar a recuperação do consumo de energia elétrica no

período pós-acionamento, foi adotada a hipótese de que o consumo convergiria, assintoticamente, para a sua tendência de longo prazo. As previsões para o período em questão corroboraram a constatação de que após o racionamento os consumidores de todas as classes foram retomando os seus antigos hábitos de consumo e convergindo para a tendência de longo prazo do consumo de energia elétrica.

2.2 – Modelos de insumo-produto

Outra metodologia largamente empregada são os modelos de insumo-produto que descrevem o fluxo circular de renda entre os vários setores produtivos da economia. A idéia básica é que a atividade de um grupo de indústrias produtoras de mercadorias (*outputs*) consome mercadorias de outras indústrias (*inputs*) ao longo do processo de produção industrial num dado período de tempo. Além disto, os modelos de insumo-produto são modelos desagregados da economia que permitem análises intersetoriais e inter-regionais, sendo mais indicados para análises de impacto, cuja importância está relacionada ao lado real da economia – logo a moeda não teria o poder de afetar a produção. Miller e Blair (1985) enfatizam os principais pressupostos do modelo: (i) equilíbrio geral na economia a um dado nível de preços; (ii) inexistência de ilusão monetária por parte dos agentes econômicos; (iii) retornos constantes à escala; (iv) preços constantes; e (v) setor monoprodutor.

O estudo do uso energético com atividades econômicas é feito por Hsu (1989) por meio da formulação tradicional dos multiplicadores de produção, renda e emprego. Estes multiplicadores de energia para Taiwan são estimados por meio de uma matriz de insumo-produto para o ano de 1978. Por meio dos índices de interligação para trás e para frente, mostraram que o setor siderúrgico era o setor-chave da economia no período. Uma aplicação desta modelagem é feita por Alcántara e Padilla (2003) para a Espanha. Os autores analisaram a influência do setor-chave para a demanda final de energia e mostraram sua relevância para políticas públicas de aumento na eficiência energética.

Esta metodologia foi também aplicada por Llop e Pié (2008) para a Catalunha na Espanha para analisar os efeitos de um imposto na energia para uso intermediário, os efeitos de uma redução na demanda intermediária de energia e também, a combinação destes dois efeitos conjuntamente. Duas versões do modelo de insumo-produto com preço foram construídas: formulação com preços competitivos e formulação com *mark-up* de preço. Os resultados mostraram que o imposto na energia para uso intermediário aumenta o nível de preços e diminui a demanda intermediária por energia, tendo efeitos negativos no PIB.

Quando o uso intermediário de energia se reduz, o nível de preços e a demanda intermediária também diminuem, havendo efeitos positivos no PIB.

A utilização de modelos de insumo-produto em problemas relacionados ao meio ambiente, como poluição e utilização de recursos naturais, é uma das aplicações que vem crescendo em importância nos últimos anos. Marriot (2007) se utiliza de um modelo de insumo-produto híbrido com 491 setores para a economia americana com o objetivo de estudar o setor de energia e a emissão de CO₂ derivado do uso de combustíveis fósseis em 2004. Os resultados ambientais de cada cenário foram estimados multiplicando-se o valor de produção de cada setor por coeficientes de intensidade de poluição. Os setores de transporte rodoviário, produção de energia não hidráulica, petróleo e outros, álcool e refino de petróleo foram os que mais contribuíram para o total emitido de CO₂. Desagregando-se as emissões totais por combustível utilizado, os resultados mostraram que a maior parte do efeito total nas emissões é originada do consumo de derivados de petróleo

Para o caso inglês, Hawdon e Pearson (1995) também utilizam-se do modelo de insumo-produto para a análise de questões ambientais e energéticas. A matriz é composta por 10 setores e representa as inter-relações do setor de energia com os demais setores para o ano de 1992. Os autores mostram a ligação entre o nível de atividade e as emissões de CO₂, detalhando para cada um dos energéticos considerados a parcela das emissões totais em razão da demanda final, do consumo interindustrial e do consumo das famílias. Também realizaram simulações para avaliar os efeitos de uma eventual restrição de emissões sobre os vários setores da economia, bem como os efeitos de um imposto sobre emissões.

Cruz (2002) estudou as interações entre energia, economia e meio ambiente para Portugal, dando ênfase especial para intensidade de fontes energética de origem fóssil e emissões de CO₂ para o ano de 2002. Por meio da modelagem foi possível fazer a distinção entre consumo direto (pelos consumidores finais) e consumo indireto (pelas indústrias) por fontes energéticas primárias. Um dos resultados encontrados foi a grande importância do consumo indireto das indústrias para a produção de CO₂. Além disto, mais da metade (61,3%) das emissões de CO₂ são atribuídas à demanda indireta por combustíveis fósseis, enquanto 18,4% das emissões são diretamente atribuídas à demanda das famílias por combustíveis fósseis e 20,3% refere-se à demanda direta das indústrias.

Dentre os estudos para o setor de energia brasileiro, destaca-se o de Vieira Filho *et alli* (2006) por terem utilizado a metodologia de insumo-produto para mensurar o comportamento e a importância do setor de energia elétrica no Estado de Minas Gerais, comparando-o com o restante do Brasil. Nele, a separação do Estado de Minas Gerais possibilitou determinar os

setores intensivos em energia, as projeções de impactos de novos investimentos e a demanda por energia ao longo da cadeia produtiva. Para isto, foram agregados os 42 setores da matriz inter-regional de insumo-produto de Minas Gerais e restante do Brasil para o ano de 1996 em 10 novos setores. O setor de eletricidade foi desagregado do setor Serviços Industriais de Utilidade Pública (SIUP), usando-se a tecnologia e participação do setor elétrico nacional de acordo com as informações da matriz de insumo-produto do Brasil de 1980. Os resultados do trabalho mostraram que o setor de energia elétrica em Minas Gerais é percentualmente maior em valor bruto do que a produção brasileira. Além disto, o multiplicador de produção do setor de energia elétrica apresentou menor valor comparado aos demais setores. Com o cálculo dos índices de interligação para trás e para frente, verificou-se que Minas Gerais possui apenas um setor-chave, o minero-metalúrgico.

O modelo de insumo-produto implementado por Cunha (2005) teve como objetivo quantificar alguns impactos sobre a economia brasileira decorrentes da maior participação do setor sucroalcooleiro na matriz energética, especificamente o aumento da produção de eletricidade a partir da queima do bagaço de cana-de-açúcar e maior oferta de álcool como combustível para a frota de veículos. A metodologia empregada parte de um modelo de insumo-produto, utilizando-se uma base de dados estimada referente a 1999, que foi obtida com a desagregação de alguns setores produtivos, a saber: geração de eletricidade, transmissão e distribuição de eletricidade, produção de álcool, produção de gasoálcool e gás natural. Através do estudo de cenários, o autor concluiu que a oferta de eletricidade excedente no setor sucroalcooleiro por co-geração pode facilitar políticas de planejamento no setor elétrico, em função de possíveis necessidades de racionamento ou na dificuldade de expansão da geração hidroelétrica. As vantagens ainda se estendem em relação à oferta de empregos, comparada com a expansão equivalente da geração de eletricidade por gás natural.

Perobelli *et alli* (2007) fizeram uso de um modelo inter-regional híbrido de insumo-produto para avaliar o impacto do grau de produção de cada setor de atividade dentro de Minas Gerais no consumo de energia dentro e fora do estado. Além disso, mensurou-se em que grau a produção de cada setor de atividade no restante do Brasil impacta o consumo de energia dentro e fora do estado. A análise desenvolvida apresenta informações desagregadas para 14 setores de atividade, duas áreas espaciais (Minas Gerais e restante do Brasil) e 1 tipo de energia consumida (energia total). Os setores econômicos dentro de Minas Gerais exercem maior pressão sobre o setor de energia no estado do que os respectivos setores econômicos fora do estado. A análise comparativa dos requerimentos intra- e inter-regionais indicou que,

dentro de Minas Gerais, os setores ferro e aço, transporte, energético e outras indústrias apresentam um peso significativo no consumo de energia dentro do estado.

A aplicação do modelo de insumo-produto em unidades híbridas à economia brasileira por Machado (2002) permitiu avaliar os impactos do comércio exterior sobre o uso de energia e as emissões de carbono do Brasil em 1985, 1990 e 1995. Os resultados mostraram que o Brasil foi não apenas exportador líquido de energia e de carbono nos produtos não-energéticos transacionados internacionalmente pelo país nos anos analisados, mas também que cada dólar auferido com as exportações embutiu consideravelmente mais energia e carbono do que cada dólar dispendido com as importações.

Hilgemberg e Guilhoto (2006) quantificaram as emissões de CO₂ decorrentes do uso energético de gás natural, álcool e derivados de petróleo em seis regiões brasileiras e avaliaram os impactos de eventuais políticas de controle de emissões. Os resultados para o modelo inter-regional mostraram que o efeito total nas emissões de um aumento de R\$ 1 milhão na demanda final pareceu, em geral, ser mais intenso nos setores da região Nordeste.

2.3 – Modelos econométricos de insumo-produto

Os modelos econométricos de insumo-produto visam, por um lado, tirar vantagem do poder de previsão dos modelos econométricos e, por outro, tirar vantagem dos aspectos intersetoriais e interregionais encontrados nos modelos de insumo-produto. O ponto de interesse na combinação destes dois modelos é a possibilidade de levar em consideração que a moeda afeta o nível de produção da economia, pelo menos no curto prazo, e de poder fazer previsões para os diversos setores da economia ao longo do tempo. O modelo integrado econométrico com insumo-produto permite, segundo Rey (1998), superar algumas limitações ligadas à rigidez das hipóteses subjacentes aos modelos de insumo-produto, tais como: (i) tecnologia de produção linear; (ii) retornos constantes de escala; (iii) funções de consumo homogêneas; (iv) e rigidez nos preços.

A metodologia que integra modelos econométricos de séries temporais com modelos de insumo-produto é ainda muito incipiente e foi utilizada por Mattos *et alli* (2007) para fazer previsões de longo prazo do consumo de energia por setor de atividade no Brasil. Dentre os cenários de previsão considerados, foi possível identificar os setores de transporte, alimentos e siderurgia como os que mais consomem energia. Em termos agregados, no cenário expansionista o consumo total dos setores apresentarão um aumento de 10,5% em 2010 em relação a 2005. No cenário retraído, este aumento será de 2%. Segundo os autores, os

resultados confirmam expectativas de que o estrangulamento energético ocorrerá a partir de 2009.

Os impactos setoriais, regionais e totais do consumo de energia elétrica, resultantes da variação do componente exportação da demanda final de Minas Gerais e do restante do Brasil, foram estudados por Souza (2008) por meio da integração de modelos econométricos de séries temporais com modelos de insumo-produto. Após a construção do modelo econométrico que caracteriza as exportações de Minas Gerais e do restante do Brasil, foram feitas projeções para o período entre 2007-2010 para 15 setores. Essas projeções foram integradas ao modelo de insumo-produto inter-regional híbrido para a verificação do impactos totais e setoriais no consumo de energia elétrica. Os setores apontados como maiores consumidores de energia elétrica são, em sua maioria, os principais exportadores de Minas Gerais e do restante do Brasil. O ferro e aço e extrativa mineral de Minas Gerais, que correspondem a quase 50% do valor total exportado pelo estado e são, respectivamente, o primeiro e o terceiro maiores consumidores estaduais de energia elétrica. No caso do restante do Brasil, os setores de química, alimentos e bebidas correspondem a quase 70% do valor total exportado e são os maiores consumidores de energia elétrica. Além disso, estes setores possuem uma tendência de consumo de energia elétrica ascendente para o cenário de crescimento das exportações.

2.4 – Modelos macroeconômicos

Uma constatação da análise dos modelos macroeconômicos da economia brasileira é de que não há um trabalho sistemático de construção, atualização e manutenção de modelos da economia brasileira. Houve um período prolífico na produção de modelos nas décadas de 1960 e 1970, que declinou na década de 1980. Não houve uma recuperação na área nos anos 90, especialmente no caso de modelos de curto prazo e alta frequência. A partir da adoção do regime de metas para a inflação o Banco Central do Brasil está utilizando sistematicamente os resultados de modelos para subsidiar as suas decisões de política monetária, mas os resultados gerados pelos modelos também não são divulgados amplamente (MEURER e SAMOHYL, 2002).

Uma característica dos modelos para a economia brasileira é o acompanhamento das principais restrições a que o país está sujeito a cada momento. Ilustram esta característica a ênfase em aspectos do setor externo, refletindo a recorrente restrição do balanço de pagamentos. Da mesma forma é interessante observar que à época dos choques do petróleo na década de 1970 surgiram modelos que consideram a disponibilidade de energia. Isto mostra

que os autores de modelos, a cada época, estão preocupados em referir-se à realidade, coerentemente com o seu caráter explicitamente aplicado. Não pode ser desconsiderado que cada modelo incorpora de alguma forma a visão que o seu autor tem do funcionamento da economia.

O contexto do segundo choque do petróleo e da crise da dívida externa justificou a construção de modelos pouco ortodoxos. No Brasil, um modelo integrado foi apresentado por Modiano (1983), composto de um módulo macroeconômico e de um energético. Por meio deste modelo, estabelece, através da solução de um problema de otimização, o equilíbrio econômico. Além disto, fornece uma configuração para o setor que compatibiliza as ofertas e demandas de formas de utilização final e de fontes primárias de energia. O módulo macroeconômico foi estimado com base em modelos estruturalistas, dividindo a economia em setor tradicional (preços flexíveis) e moderno (preços rígidos). O modelo pressupõe coeficientes técnicos fixos para a transformação da energia.

Segundo Guilhoto e Fonseca (1998), os modelos macroeconômicos também podem se associar com os de insumo-produto que pode ser feita de várias formas, sendo as mais utilizadas as seguintes: (i) o enfoque *top-down*, ou seja, o modelo macroeconômico dá a linha de deslocamento da economia e o modelo de insumo-produto deve se ajustar de modo a fornecer resultados consistentes com o modelo macroeconômico; e (ii) há uma interação entre os modelos de forma que os resultados de um influenciam os resultados do outro.

Uma versão recente do modelo híbrido macroeconômico foi feita por Barker *et alli* (2007) para estimar os efeitos macroeconômicos que repercutem na economia do Reino Unido. O modelo envolve estimações econométricas de séries de tempo, metodologias de cointegração e relações de insumo-produto em *cross-section*. Um sub-modelo energético é ligado ao modelo econométrico por meio da relação *bottom-up* que alimenta a estrutura *top-down* do modelo macroeconômico. O autor estima que a repercussão sobre a economia seja de 27% para 2010 supondo que políticas de eficiência energética atuais não mudem.

2.5 – Modelos de equilíbrio geral computável

Outro método de modelagem muito difundido na literatura empírica, que será adotada ao longo deste trabalho, é o modelo de EGC o qual se utiliza, de um lado, da teoria neoclássica Walrasiana de equilíbrio geral para determinar o sistema de equações que explicam o comportamento dos agentes dentro da economia (WALRAS, 1988). De outro lado, as matrizes de insumo-produto são as grandes fontes de dados, que expressam a situação de equilíbrio da economia em um dado ano. As informações de insumo-produto são então

combinadas com informações de contabilidade nacional, dando origem a matrizes de contabilidade social e de elasticidades das variáveis, as quais permitem que o modelo trabalhe com variações de preço e quantidade no sistema. Preocupa-se, na sua maior parte, com o lado real da economia, ou seja, a moeda não causaria impacto algum sobre o lado real da economia, sendo importante os preços relativos.

2.5.1 – Aplicações internacionais ao setor de energia

Bor (1996) utiliza-se de um modelo de EGC para estudar o impacto do preço da energia na economia de Taiwan. Por meio deste modelo foi possível entender as inter-relações entre energia, produção, consumo e comércio internacional para o ano de calibragem¹⁰ de 1989. O autor divide a economia em 13 setores industriais, 2 setores de insumos primários e 4 setores de demanda final. Há 16 *commodities* das quais 7 representam as seguintes *commodities* energéticas: carvão, gás natural, eletricidade, gasolina, diesel, óleo combustível e outros produtos derivados do petróleo. Após as simulações do modelo, observou-se que o aumento no preço da energia impactou negativamente o PIB e a demanda no mercado de trabalho.

Bjertnaes e Faehn (2007) aplicam o método EGC para a Noruega com o intuito de captar os efeitos sobre as exportações das indústrias intensivas em energia, em decorrência de variações dos impostos no setor elétrico. O modelo é composto por 40 setores industriais e 4 setores governamentais e é calibrado para o ano de 2004. Por meio das simulações de aumentos nos impostos, concluem que as exportações dos setores intensivos em energia são os mais afetados pela perda de competitividade.

Allan *et alli* (2007) argumentam que o aumento da eficiência energética produz uma queda nos preços efetivos dos serviços relacionados à energia. Utilizam-se de um modelo de EGC para o Reino Unido com a incorporação de energia para medir o impacto de aumento na eficiência energética em todos os setores produtivos. O modelo foi calibrado para o ano de 2000 e é composto por 25 setores, dos quais 5 representam o setor energético. Por meio das simulações, os autores concluem que o aumento na eficiência em 5% gera 3% de economia no uso energético e 40% de efeito rebatimento¹¹.

¹⁰ Calibrar o modelo abrange o processo de montagem da base de dados e a estimação de seus parâmetros.

¹¹ O efeito rebatimento ou *rebound* é calculado de acordo com a seguinte expressão: $(1 - (\text{percentual atual de redução no uso da energia}) / (\text{mudança percentual imposta para alcançar maior eficiência})) \times 100$. Portanto, se não houver nenhuma mudança no uso da energia seguido de um aumento na eficiência, então o efeito rebatimento será próximo de 100%.

Naqvi (1998) especifica um modelo de EGC para o Paquistão com o propósito de analisar as inter-relações entre economia, energia e equidade. A matriz de insumo-produto utilizada contém 131 *commodities* que são produzidas por 128 indústrias. Há 15 indústrias do setor agrícola que fornecem a fonte de energia primária como carvão, outros minerais e outros produtos derivados do petróleo. Para a implementação do modelo foi selecionado os anos de 1983 e 1984 como referência. A autora implementou simulações na eliminação do imposto sobre o óleo diesel e no aumento no consumo real. Como resultado destes choques houve aumento nos preços, nos salários e na produção doméstica.

A utilização de modelos de EGC em problemas relacionados ao meio ambiente, como poluição e utilização de recursos naturais, é uma das aplicações que vem crescendo em importância nos últimos anos. Wissema e Dellink (2007) quantificam o impacto na implementação de um imposto para a energia com o intuito de reduzir a emissão de CO₂ na Irlanda, calibrado para o ano de 1998. O modelo contém 14 setores sendo que 7 representam os setores energéticos. Como resultado, houve redução de 25,8% da emissão de CO₂ com a introdução do imposto. Os setores que mais contribuíram para a redução na emissão de CO₂, foram o próprio setor de energia com diminuição de 37,5%, seguido pelo setor de transporte (30,5%) e pelo setor industrial (25,5%).

Vanden e Wing (2007) focam nos efeitos da inovação no uso energético e emissão de carbono dos países desenvolvidos. Os autores dividem a economia em 12 setores, dos quais 2 representam o setor de energia e a calibragem do modelo foi feita para o ano de 2002. Encontram que aumentos na eficiência e na inovação têm influências opostas na energia e na intensidade de emissão, onde a maior eficiência tem efeito de atenuar e a inovação o de amplificar o efeito.

Otto e Reilly (2007) estudam o custo efetivo e os efeitos das políticas de taxaço dos setores energo-intensivos que produzem CO₂ em excesso nos Estados Unidos. O modelo apresenta 7 setores agregados: (1) agricultura, (2) indústria intensiva em energia, (3) indústria não intensiva em energia, (4) comércio e transporte, (5) energia, (6) intensivos em CO₂ e (7) não intensivos em CO₂. A calibragem do modelo foi feita para o ano de 1999 e por meio das simulações concluíram que haverá diminuição em 40% na quantidade de CO₂ em 2040 caso haja uma política de taxaço dos setores intensivos em energia. Liang *et alli* (2007) estabelecem um modelo de EGC para simular uma política de taxaço do dióxido de carbono semelhante para a China, considerando 16 setores dos quais 6 representam o setor de energia para o ano de 2001. Concluem que haverá diminuição de 27% na quantidade de CO₂ em 2020 caso haja uma política de taxaço dos setores intensivos em energia.

Segundo Fochezatto (2005), uma extensão cada vez mais difundida é a desagregação do modelo para um contexto multi-regional, buscando ver as interdependências econômicas entre diferentes regiões sub-nacionais, países ou blocos econômicos. No entanto, todos estes modelos podem ser classificados de acordo com as seguintes estratégias de modelagem regional: *top-down*, *bottom-up* e híbrida. Alguns autores iniciam com a estratégia *top-down* e posteriormente incorporam elementos regionais ao modelo, tornando-o híbrido ou *bottom-up*.

Os modelos resultantes da estratégia *top-down* possuem os componentes nacional e regional dissociados entre si, sem nenhuma interligação. O componente nacional inclui especificações explícitas sobre o comportamento dos diversos agentes na economia e o regional possui um sistema de equações que expressam as alocações dos resultados nacionais para as regiões. Os modelos *bottom-up* possuem uma estrutura bem diferente das anteriores. Neste caso, as equações comportamentais são definidas para os agentes regionais e o modelo regional interliga-se com o modelo nacional através dos fluxos comerciais, financeiros, impostos e gastos públicos. Para construir este tipo de modelo, além destes fluxos que conectam a economia regional ao restante do país, são necessários os dados de insumo-produto e de demanda agregada regionais. Assim, os choques de política econômica podem ser impostos também na parte regional e os impactos podem aparecer no âmbito regional e no restante da economia, dependendo da interdependência entre elas.

Os modelos híbridos têm uma estrutura similar a dos *top-down*, diferenciando-se pelo uso de um conjunto de dados regionais na parte nacional do modelo. Como há alguns elementos regionais na parte nacional do modelo, é possível definir choques de política econômica na parte nacional e nos elementos regionais da parte nacional e, conseqüentemente, capturar algum grau de *feedback* entre as regiões.

Böhringer (1998) modela uma estrutura híbrida de equilíbrio geral em que o setor de energia é representado pela estrutura *bottom-up* e os outros setores produtivos são caracterizados pela forma funcional regular *top-down* (com funções CES). O autor conclui que o modelo híbrido aumenta a credibilidade dos modelos de EGC para a análise de políticas do setor de energia. Com este mesmo tipo de modelagem, Böhringer e Rutherford (2008) demonstram como integrar a análise *bottom-up* com a representação *top-down* da economia como um todo de forma estática e dinâmica. Este esforço de integração das duas abordagens *top-down* e *bottom-up* também foram feitas por Jacobsen (1998), McFarland (2004) e Wing (2008) para o estudo do setor energético.

2.5.2 – Aplicações nacionais ao setor de energia

Na literatura nacional, os trabalhos empíricos para o caso do setor energético estão muito aquém em relação à quantidade dos estudos internacionais realizados. Para a metodologia em EGC, esta escassez é ainda mais latente. A seguir, alguns poucos trabalhos sobre o tema são explicitados.

A avaliação quantitativa dos efeitos econômicos do Proálcool foi discutida por Sousa (1987) por meio de um modelo de EGC calibrado para 1985. O setor energético apresenta substituição imperfeita entre a energia doméstica “tradicional”, de um lado, e as importações de petróleo e álcool, de outro, através de uma elasticidade de substituição constante. Além disto, há perfeita substituição entre o álcool e as importações de petróleo, dado que o objetivo principal do Proálcool era substituir a energia importada pelo álcool. Por meio das simulações implementadas, o autor concluiu que a restrição das importações devido ao choque de petróleo em 1979, melhorou a competitividade da produção doméstica de álcool. Contribuíram também para a expansão deste setor os seguintes fatores: a) a redução dos custos industriais resultante da baixa dos preços urbanos; b) a diminuição da rentabilidade dos investimentos no restante da economia, tornando assim as inversões no Proálcool mais atrativas em termos relativos; c) e os subsídios concedidos pelo governo ao setor alcooleiro.

A geração de eletricidade no Brasil foi analisada pelo método de EGC por Scaramucci *et alli* (2006). A calibragem do modelo se refere ao ano de 1996 e apresenta 42 setores e 80 produtos. O setor tradicional de eletricidade e o restante da economia foram caracterizados por uma representação estilizada descendente (*top-down*) em árvores de múltiplos níveis com tecnologia de elasticidade de substituição constante (CES). A produção de eletricidade pela queima do bagaço de cana-de-açúcar foi descrita através de uma análise de atividades ascendente (*bottom-up*), com a representação detalhada dos insumos empregados. Nesta abordagem híbrida, o modelo obtido foi utilizado para avaliar os efeitos da redução da produção de eletricidade pelo setor preexistente sobre os preços, a produção e a renda. Os efeitos dos impactos econômicos da restrição de oferta de energia elétrica em 2001 e a energia elétrica gerada a partir da cana-de-açúcar foram analisados através de mudanças nos preços, na produção e na renda.

No Quadro 1 a seguir, apresenta-se um resumo sobre as principais características, vantagens e desvantagens dos modelos apresentados nesta seção, tendo como base o estudo realizado por Greening *et alli* (2007). Além dessa resenha da literatura sobre as principais técnicas de modelagem utilizadas no estudo da questão energética, o objetivo deste trabalho é preencher várias lacunas dada a pequena quantidade de trabalhos na área. Como exemplo de

lacunas do tema pode-se citar a necessidade de entender os efeitos da influência do setor de energia para o comportamento da economia brasileira com relação às mudanças no nível de investimento agregado, no comportamento das famílias, nas exportações e na carga tributária.

A próxima etapa da dissertação é a apresentação de uma metodologia de desenvolvimento baseado no ferramental empírico dos modelos de EGC, que tenta convergir essa gama de informações teóricas para um contexto prático e aplicativo para o estudo do setor de energia.

Quadro 1 - Comparação metodológica para a modelagem da energia

Técnica de análise	Questões	Vantagens	Desvantagens	Estudos
Modelo econométrico - única equação	qual será a demanda agregada por combustível industrial?	grande número de métodos de regressão podem ser aplicados	perda de detalhamento	
equações simultâneas	quais são os impactos devido a mudanças no preço ou imposto para a demanda de energia ?	poder ser usado para explorar um grande número de questões em vários níveis de detalhamento	resultado depende da qualidade e disponibilidade da série histórica	Adams e Shachmurove (2008), Andrade e Lobão (1997), Gan e Zhidong (2008), Pokharel (2007), Galindo (2005), Lise e Montfort (2007), Mattos e Lima (2005), Schmidt e Lima (2004), Siqueira <i>et alli</i> (2006), Stern (2007), Zamani (2007) e Zhidong (2003)
séries de tempo	qual é a interação entre preços assimétricos e mudança na eficiência do uso da energia?	ligações causais podem ser identificadas e quantificadas	resultados são sensíveis ao método de estimação empregado	
	substituição entre fontes energéticas e mudanças na estrutura industrial modificam a demanda por energia?	o produto pode ser usado como insumo para modelos <i>bottom-up</i> e <i>top-down</i>	estimação responde uma questão específica	
dados em painel	qual é a causalidade entre consumo de energia e crescimento do PIB?	relevação da heterogeneidade individual e maior variabilidade dos dados	o enviesamento resultante da heterogeneidade entre os indivíduos, e o enviesamento resultante da seleção dos indivíduos	Lee e Chang (2008), Huang <i>et alli</i> (2008), Vanden <i>et alli</i> (2004)

(continua)

(continuação)

Técnica de análise	Questões	Vantagens	Desvantagens	Estudos
Modelos de insumo-produto	como o setor de energia se relaciona com os demais setores da economia?	evidencia as inter-relações entre a produção de bens e serviços pelos setores da economia com o setor de energia	devido ao fato dos coeficientes técnicos serem fixos não é possível incorporar mudanças tecnológicas	Alcântara e Padilha (2003), Cruz (2002), Cunha (2005), Llop e Pié (2008), Machado (2002), Marriot (2007), Perobelli <i>et alli</i> (2007), Vieira Filho <i>et alli</i> (2006), Hawdon e Pearson (1995) Hilgemberg e Guilhoto (2006) e Hsu (1989)
Modelos de insumo-produto + econométrico	quais são as repercursões potenciais de uma política de melhoria na eficiência energética?	incorporação de estimações econométricas dos parâmetros em algumas estruturas	dificuldade de implementação em um modelo multi-regional	Mattos <i>et alli</i> (2007) e Souza (2008)
Modelos macroeconômicos	quais são as implicações econômicas de políticas específicas para determinados setores no consumo de energia e emissões de poluentes?	baseia-se na teoria econômica e acompanha as principais restrições a que o país está sujeito em diferentes períodos	o uso de uma função de produção agregada limita a descrição da tecnologia	Barker <i>et alli</i> (2007) e Modiano (1983)

(continua)

(continuação)

Técnica de análise	Questões	Vantagens	Desvantagens	Estudos
Equilíbrio Geral Computável	a economia como um todo será impactada por políticas industriais?	baseado na teoria econômica, descreve de interações de toda a economia incluindo os impactos no setor, produção total, emprego, consumo, investimento, comércio, preços e salários	os dados devem suportar altos níveis de desagregação	Allan et alli (2007), Bjertnaes e Faehn (2007), Böhringer (1998), Böhringer e Rutherford (2008), Bor (1996), Jacobsen (1998), Liang <i>et alli</i> (2007), McFarland (2004), Naqvi (1998), Otto e Reilly (2007), Scaramucci et alli (2006), Schumacher et alli (2007), Sousa (1987), Vanden e Wing (2007), Wing (2008), Wissema e Dellink (2007)

Fonte: adaptação feita pelo autor com base no trabalho de Greening *et alli* (2007)

3 - MODELO EFES-ENERGY E BASE DE DADOS

A metodologia usada neste trabalho está fortemente baseada em Haddad e Domingues (2001). A diferença refere-se ao fato de que houve a incorporação do setor de energia em relação ao modelo original. Este capítulo é dividido em seis seções, a primeira apresenta uma introdução e aspectos gerais do modelo. Na segunda seção é apresentado o desenvolvimento histórico do modelo EFES-ENERGY. As formas funcionais e hipóteses utilizadas para especificar o modelo computacional são apresentadas na terceira seção. Os fechamentos¹² implementados para o modelo são discutidos na quarta seção. A calibragem e a construção do banco de dados são explicitados na quinta parte. Finalmente, na última seção é feita uma análise descritiva da base de dados que expõe a participação setorial das *commodities* energéticas e a estrutura da pauta de exportações brasileiras. A estrutura matemática e método de solução são descritos nos Anexos 1 a 4.

3.1 - Aspectos teóricos

Conforme Castilho (1994) apud Fochezatto (2005), os modelos de EGC apresentam, por um lado, alguns aspectos que os aproximam dos macroeconômicos, pois se baseiam nas matrizes de contabilidade social (MCS) para definir as variáveis agregadas da economia e, por outro lado, aspectos dos modelos de insumo-produto, pois incorporam múltiplos setores e as fases intermediárias dos processos produtivos. Eles buscam reconciliar as perspectivas macroeconômicas e multissetoriais, procurando captar a totalidade das relações existentes entre os agentes de uma economia. Uma vantagem destes modelos, portanto, é que eles

¹² O fechamento do modelo se refere à escolha das variáveis que poderão gerar choques exógenos.

conectam os aspectos microeconômicos com os macroeconômicos através da modelagem do comportamento dos agentes.

A possibilidade de modelagem da economia, num contexto multissetorial, deve-se à metodologia de insumo-produto desenvolvida por Leontief (1951). É a partir dela que a MCS é construída, a qual é a base empírica dos modelos de EGC. Estas matrizes registram as receitas e despesas de todos os agentes da economia, como as empresas, fatores de produção, famílias, governo e restante do mundo.

A partir da MCS, a construção de um modelo de EGC consiste em atribuir formas funcionais aos agentes econômicos que representem o seu comportamento no momento que produziram os fluxos de base presentes na MCS. Os valores expressos nestes fluxos são os resultados de ações comportamentais dos agentes econômicos presentes no modelo. Com isso, pode-se dizer que os modelos de EGC são uma extensão moderna dos tradicionais modelos de contabilidade social e de insumo-produto. Eles avançam no sentido de possibilitar variações nos preços relativos, na substituição de fatores de produção e de produtos. Também, devido ao seu caráter multissetorial, eles são mais ricos em detalhes do que os modelos macroeconômicos.

O uso crescente destes modelos como instrumento de análise de políticas econômicas se deve às suas características intrínsecas: por serem multissetoriais e abarcarem todos os agentes da economia em um conjunto coerente de relações, eles fornecem resultados mais abrangentes, evidenciando a complexa rede de efeitos que uma mudança política acarreta na economia. Eles têm, portanto, a grande virtude de possibilitar análises desagregadas e, com isso, capturar as principais interdependências do sistema econômico.

Segundo Fochezatto (2003), a experiência brasileira com modelos multissetoriais começou na década de 1970. Os primeiros modelos formulados focaram-se, principalmente, na questão de distribuição de renda. Com o objetivo de capturar os efeitos distributivos de diferentes alternativas de política econômica, estes modelos caracterizaram-se pela preocupação em incorporar e modelar adequadamente o maior número possível de grupos sócio-econômicos e categorias de trabalho¹³. Na década de 1980 o enfoque mudou no sentido de modelar mais adequadamente o setor externo, dado os problemas relacionados ao balanço de pagamentos verificados naquele período¹⁴. Com o problema da instabilidade da economia, decorrente do processo inflacionário verificado na década de 1980 e início da década de 1990, a utilização de modelos de EGC passou a focar-se prioritariamente na análise de impactos de

¹³ Destaca-se os trabalhos de CEPAL/IPEA (1986).

¹⁴ Ver Tourinho (1985).

políticas de estabilização¹⁵. Como se pode observar, ao longo deste período, o tema “energia” não foi comum na agenda de pesquisa nacional.

Finalmente, os modelos de EGC apresentam uma versatilidade muito grande, podendo, facilmente, serem adaptados para diferentes contextos econômicos, sejam eles nacionais ou regionais. O pré-requisito básico para que seja possível a adaptação é a existência de dados suficientes para a elaboração de uma matriz de contabilidade social da economia em estudo. Além disso, por serem construídos a partir de matrizes de contabilidade social, apresentam uma grande flexibilidade em termos de desagregação de setores, fatores, instituições e regiões.

3.2 – Desenvolvimento histórico do modelo EFES-ENERGY

Os consumidores pretendem maximizar o seu bem-estar sujeito à fronteira de possibilidades de produção da economia e aos seus gostos (preferências) representados por um mapa de indiferença. Tendo por base o princípio da concorrência perfeita, todos os mercados se encontram em equilíbrio geral walrasiano, de forma que qualquer alteração num preço induz alterações nas decisões de consumo e/ou produção de todos os agentes econômicos por gerar um novo reajustamento entre procura e oferta em todos os mercados de produtos simultaneamente (WALRAS, 1988).

Neste contexto, o modelo *Economic Forecasting Equilibrium System*¹⁶ (EFES) foi desenvolvido no âmbito do Projeto SIPAPE (Sistema Integrado de Planejamento e Análise de Políticas Econômicas), desenvolvido pela FIPE/USP, cujo objetivo geral é a especificação e implementação de um sistema de informações integrado para projeção macroeconômica, setorial e regional, e análise de políticas econômicas. Este modelo de EGC, calibrado para 1996, está integrado a um modelo de consistência macroeconômica (FIPE, 1999), permitindo a geração de resultados desagregados para 42 setores e 80 produtos, consistentes com cenários macroeconômicos preestabelecidos.

O foco básico do trabalho de Haddad e Domingues (2001) foi desenvolver um modelo EGC de projeção para o Brasil. O modelo foi o primeiro modelo de EGC dinâmico multissetorial a ser usado para projetar um cenário consistente de médio prazo (período de 1999-2004) para a economia brasileira, baseado em uma combinação de projeções macroeconômicas derivadas de um modelo satélite de consistência macroeconômica, projeções de exportações, cenários de mudanças tecnológicas e avaliação de especialistas. Os

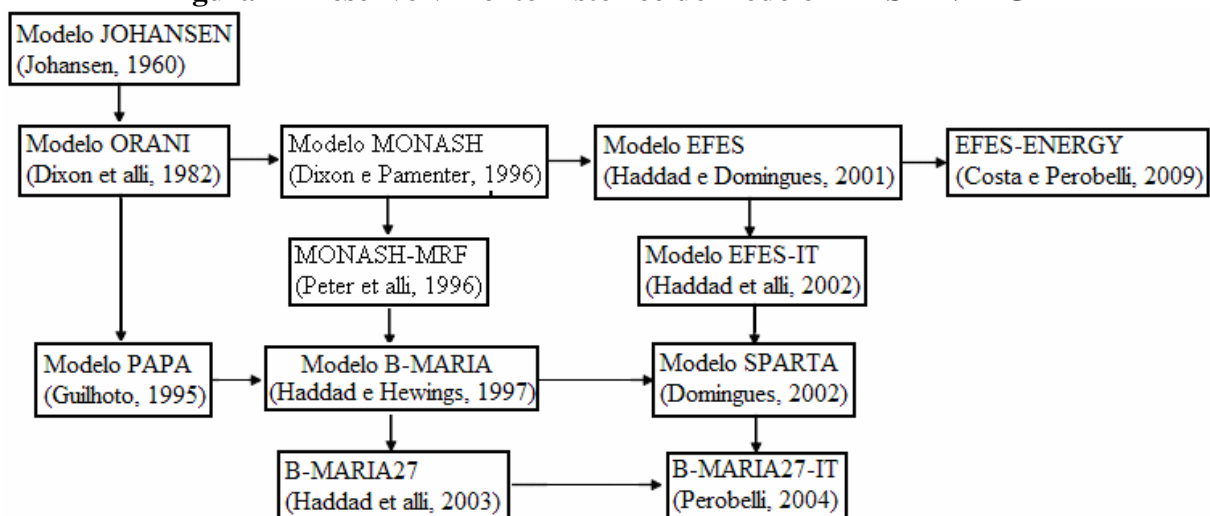
¹⁵ Ver Fochezatto (1999).

¹⁶ Desenvolvido por Haddad e Domingues (2001).

resultados setoriais preliminares mostraram um melhor desempenho de setores relacionados com o ciclo de investimento e setores produtores de artigos para a exportação. Além disso, uma tendência para um processo tímido de substituição de importações era aparente no período de projeção. Os resultados deste modelo foram, posteriormente, amplamente utilizados para alimentar modelos regionais e inter-regionais, em estruturas de modelagem integradas para o Brasil, fornecendo projeções para diferentes níveis de agregação espacial (e.g. estados, macro, meso e micro-regiões, municípios).

O modelo EFES é baseado na estrutura teórica do modelo MONASH desenvolvido para a economia australiana (ADAMS *et alli*, 1994; DIXON e PARMENTER, 1996). O modelo EFES pertence à classe dos modelos do tipo Johansen (JOHANSEN, 1960) em que as soluções são obtidas a partir de um sistema de equações linearizadas, na forma de taxas de crescimento. Nesta tradição de modelagem também estão dois outros trabalhos para a economia brasileira, os modelos PAPA (GUILHOTO, 1995) e B-MARIA (HADDAD e HEWINGS, 1997). Além disto, foram implementadas extensões do modelo EFES que são o modelo EFES-IT (HADDAD *et alli*, 2002), o modelo SPARTA (DOMINGUES, 2002) e o modelo B-MARIA27 (HADDAD *et alli*, 2003). O presente trabalho tem o intuito de contribuir com mais uma nova extensão do modelo EFES incorporando o setor de energia, que será chamado de EFES-ENERGY. O desenvolvimento histórico do modelo EFES-ENERGY encontra-se na Figura 1.

Figura 1 - Desenvolvimento histórico do modelo EFES-ENERGY



Fonte: elaboração própria com base na revisão da literatura empírica

O trabalho de Johansen (1960) foi pioneiro ao propor a resolução do sistema walrasiano na forma de equações linearizadas em um estudo multisetorial da economia

norueguesa aplicando a estrutura de equilíbrio geral, onde existem indústrias minimizadoras de custos e famílias maximizadoras de utilidade. O consumo privado é determinado de forma residual e a poupança se ajusta ao investimento, que é fixado exogenamente.

No final da década de 1970, o governo australiano financiou um grupo de pesquisadores para construir um sistema de análise de políticas econômicas e disso resultou o modelo ORANI (DIXON *et alli*, 1982) – o qual teve como base o modelo de Johansen –, considerado um marco na literatura, principalmente porque serviu como base para o uso em diversos países. Este modelo contém três estágios, a saber: (i) projeções para diferentes agregados nacionais; (ii) participações regionais constantes para alocar a produção nacional entre as regiões; (iii) imposição de que a produção regional de bens é igual à demanda regional.

Do desenvolvimento e aprimoramento do próprio ORANI foi gerado o modelo MONASH (DIXON e PARMENTER, 1996) e sua versão multi-regional MONASH-MRF (PETER *et alli*, 1996) possibilitando simulações de estática comparativa e de projeção. Nesta mesma tradição dos modelos australianos, o pioneiro no Brasil foi o modelo PAPA (GUILHOTO, 1995) construído para os estudos de planejamento e análise de políticas agrícolas contendo 33 setores e ano de calibragem referente a 1980.

Seguindo a estrutura do MONASH-MRF e a calibragem do modelo PAPA, o modelo B-MARIA (HADDAD e HEWINGS, 1997) foi o primeiro modelo inter-regional aplicado à economia brasileira no qual o autor discute aspectos inerentes à desigualdade regional e mudança estrutural na economia. O modelo é dividido nas regiões Norte, Nordeste e restante do Brasil. Os resultados são baseados na estrutura *bottom-up*, ou seja, os resultados nacionais são obtidos da agregação dos resultados regionais. Além disto, a estrutura contém 40 setores produzindo 40 *commodities* e a calibragem é referente ao ano de 1985.

O modelo B-MARIA-27 (HADDAD *et alli*, 2003) é um modelo de EGC que apresenta uma estrutura teórica similar à do modelo B-MARIA. Em termos de estrutura regional, a principal inovação no modelo B-MARIA-27 é o tratamento detalhado dos fluxos interestaduais na economia brasileira, especificando mercados de origem e destino para as importações e exportações estaduais. O modelo B-MARIA-27 divide a economia brasileira em 27 regiões, correspondentes aos 26 estados brasileiros e ao Distrito Federal. Os dados utilizados para calibragem referem-se ao ano de 1996, sendo especificados 8 setores produtivos e de bens de investimento em cada região.

O comportamento das exportações estaduais brasileiras foi analisado por meio do modelo B-MARIA27-IT (PEROBELLI, 2004) calibrado para 1996, composto por 27 regiões

e 8 setores. O setor externo é dividido em cinco regiões: NAFTA, restante da Área de Livre Comércio das Américas (ALCA), União Européia, Mercado Comum do Sul (Mercosul) e restante do mundo. A estrutura do modelo permite verificar quais os efeitos de curto prazo de um aumento das relações das unidades da Federação com o setor externo sobre a estrutura interna de interações.

O modelo EFES-IT (HADDAD *et alli*, 2002), utilizado para avaliar impactos alternativos de liberalização comercial, é uma extensão do modelo EFES, que por sua vez, é também baseado na estrutura teórica do modelo MONASH. O modelo identifica 42 setores e 80 *commodities* e dá especial atenção aos fluxos internacionais do Brasil com as seguintes regiões do mundo: Mercosul, NAFTA, restante da ALCA, União Européia e restante do mundo. A combinação do EFES-IT com um modelo regional para o Brasil permite estudar o impacto estadual de políticas de integração comercial do Brasil com os principais blocos econômicos do mundo.

Domingues (2002) desenvolveu o modelo SPARTA, da família B-MARIA e EFES-IT, objetivando analisar o impacto regional e setorial da ALCA. O modelo SPARTA divide a economia brasileira em duas regiões endógenas, São Paulo e outras regiões do Brasil, e identifica 7 mercados externos exógenos: Argentina, restante do Mercosul, restante da ALCA, NAFTA, União Européia, Japão e o restante do mundo. Esta regionalização do mercado externo atende ao objetivo de simular o impacto de alternativas de política comercial, na forma de reduções tarifárias para blocos e setores específicos. Os dados utilizados para calibragem do modelo referem-se ao ano de 1996, sendo especificados 42 setores produtivos e de bens de investimento em cada região.

A principal inovação no modelo EFES-ENERGY¹⁷ é a implementação de uma nova agregação setorial na base de dados original do modelo EFES (HADDAD e DOMINGUES, 2001), o qual passa a identificar 43 setores. Um destes representa o setor de energia – *EIND* (I3), oriundo da agregação dos setores de petróleo e gás natural, refino do petróleo e distribuição de energia elétrica. Cabe ressaltar que o setor de distribuição elétrica foi desagregado do setor de Serviços Industriais de Utilidade Pública (SIUP), usando-se a tecnologia e participação do setor elétrico nacional de acordo com as informações da matriz de insumo-produto do Brasil de 2005.

Além disso, o modelo EFES-ENERGY define 77 *commodities* das quais 3 representam os bens energéticos (*ECOM*) da economia, a saber: as *commodities* advindas do

¹⁷ O modelo será implementado no programa GEMPACK (Harrison e Pearson, 1996).

setor de petróleo e gás natural representado pelos produtos de petróleo e gás (C14); do setor elétrico identificado pela distribuição de energia elétrica (C58); e do setor de biomassa representado pelos produtos advindos do álcool da cana e cereais (C31). Cabe ressaltar que o setor de biomassa é composto por 25,7% de álcool de cana e 17% de cereais, portanto, a *commodity* C58 tem grande participação frente ao setor de biomassa.

Para a construção da *commodity* energética que melhor represente os produtos do setor de petróleo e gás natural (C14) foram agregados os seguintes bens da base de dados original do modelo EFES (HADDAD e DOMINGUES, 2001): petróleo e gás, gasolina pura, óleos combustíveis, outros produtos do refino, produtos petroquímicos básicos, resinas e gasoálcool. A *commodity* distribuição de energia elétrica foi desagregada dos bens do SIUP usando-se dos mesmos parâmetros adotados para a desagregação do setor de distribuição elétrica.

Por meio dessas desagregações, torna-se possível isolar dos fluxos básicos aqueles que são de energia com relação, principalmente, aos agentes produtores de energia, investidores, famílias, exportadores e outras demandas. Duas *commodities* (comércio e transporte) são usadas como margem. A lista de setores e *commodities* são apresentadas, respectivamente, por meio dos Quadros 2 e 3.

De forma geral, a construção de um modelo de EGC na sua versão operacional segue duas etapas básicas, quais sejam: a) a especificação do modelo, em que a estrutura básica consiste em três blocos de equações determinando as relações de demanda e oferta e as condições de equilíbrio. Além disso, a escolha dos agentes no que se refere aos fatores primários, insumo intermediário e fonte de oferta do bem são caracterizados por funções Leontief, CES, Cobb-Douglas, dentre outras; e (b) a calibragem e implementação do modelo é realizada por meio dos dados de insumo-produto e pelas elasticidades estimadas. Para implementar o modelo, tem-se ainda a etapa de escolha do fechamento e decisão do método de solução.

Quadro 2 - Setores do modelo EFES-ENERGY

Setores	Descrição	Setores	Descrição
I1	Agropecuária	I23	Indústria do café
I2	Extrativa mineral	I24	Benef. prod. vegetais
I3	Energia	I25	Abate de animais
I4	Mineral ã metálico	I26	Indústria de laticínios
I5	Siderurgia	I27	Fabricação de açúcar
I6	Metalurgia não ferrosos	I28	Fab. óleos vegetais
I7	Outros metalúrgicos	I29	Outros prod. aliment.
I8	Máquinas e equip.	I30	Indústrias diversas
I9	Material elétrico	I31	Gás encanado
I10	Equip. eletrônicos	I32	Água e esgoto
I11	Autom./cam/onibus	I33	Limpeza pública
I12	Peças e out. veículos	I34	Construção civil
I13	Madeira e mobiliário	I35	Comércio
I14	Celulose, papel e gráf.	I36	Transportes
I15	Ind. da borracha	I37	Comunicações
I16	Elementos químicos	I38	Instituições financeiras
I17	Químicos diversos	I39	Serv. prest. à família
I18	Farmac. e veterinária	I40	Serv. prest. à empresa
I19	Artigos plásticos	I41	Aluguel de imóveis
I20	Ind. têxtil	I42	Administração pública
I21	Artigos do vestuário	I43	Serv. priv. ã mercantis
I22	Fabricação calçados		

Fonte: elaboração própria com base no modelo EFES-ENERGY

Quadro 3 - Commodities do modelo EFES-ENERGY

Produtos	Descrição	Produtos	Descrição
C1	Café em coco	C40	Tecidos artificiais
C2	Cana-de-açúcar	C41	Outros prod. têxteis
C3	Arroz em casca	C42	Artigos do vestuário
C4	Trigo em grão	C43	Prod. couro e calçados
C5	Soja em grão	C44	Produtos do café
C6	Algodão em caroço	C45	Arroz beneficiado
C7	Milho em grão	C46	Farinha de trigo
C8	Bovinos e suínos	C47	Out. prod. aliment. benefic.
C9	Leite natural	C48	Carne bovina
C10	Aves vivas	C49	Carne de aves abatidas
C11	Out. prod. agropecuários	C50	Leite beneficiado
C12	Minério de ferro	C51	Outros laticínios
C13	Outros minerais	C52	Açúcar
C14	Petróleo e gás	C53	Oleo vegetal em bruto
C15	Carvão e outros	C54	Oleo vegetal refinado
C16	Prod. minerais ã metálicos	C55	Rações e out. alimentares
C17	Prod. siderúrgicos básicos	C56	Bebidas
C18	Laminados de aço	C57	Produtos diversos
C19	Prod. metalúrg. ã ferrosos	C58	Distr. de energia elétrica
C20	Out. prod. metalúrgicos	C59	Gás encanado
C21	Fabric. e manut. maq. e equip.	C60	Água e esgoto
C22	Tratores e maq. terraplan.	C61	Limpeza urbana
C23	Material elétrico	C62	Prod. da construção civil
C24	Equipamentos eletrônicos	C63	Margem de comércio
C25	Autom.,caminhões e ônibus	C64	Margem de transporte
C26	Outros veículos e peças	C65	Comunicações
C27	Madeira e mobiliário	C66	Seguros
C28	Papel,celul.papelão e artef.	C67	Serviços financeiros
C29	Produtos da borracha	C68	Alojamento e alimentação
C30	Elem. quím. ã petroquímicos	C69	Outros serviços
C31	Álcool de cana e cereais	C70	Saúde e educ.mercantis
C32	Adubos	C71	Serv. prest. à empresa
C33	Tintas	C72	Aluguel de imóveis
C34	Outros prod. químicos	C73	Aluguel imputado
C35	Prod. farm. e de perfumaria	C74	Administração pública
C36	Artigos de plástico	C75	Saúde pública
C37	Fios têxteis naturais	C76	Educação pública
C38	Tecidos naturais	C77	Serv. ã mercantil privado
C39	Fios têxteis artificiais		

Fonte: elaboração própria com base no modelo EFES-ENERGY

* Os produtos em negrito representam as *commodities* energéticas da economia.

3.3 – Especificações do modelo EFES-ENERGY

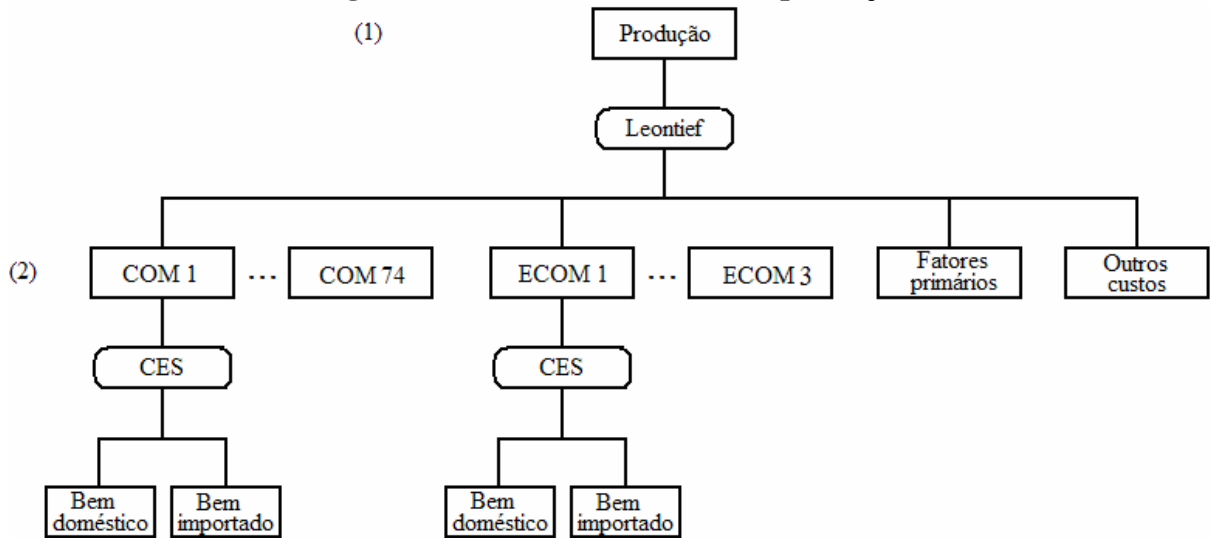
A estrutura central do modelo EFES-ENERGY é composta por blocos de equações que determinam relações de oferta e demanda, derivadas de hipóteses de otimização e condições de equilíbrio de mercado. Além disto, é estruturado de acordo com os seguintes blocos de equações: a) estrutura de produção; b) demanda por insumos para a criação de capital; c) demanda das famílias; d) demanda por exportação; e) governo e outras demandas; f) demanda por margens; g) sistema de preços; h) equações de equilíbrio dos mercados; i) impostos indiretos; e, j) outras especificações.

Nas subseções a seguir, as principais características do modelo são descritas.

3.3.1 – Tecnologia de produção

A Figura 2 ilustra a tecnologia de produção adotada no modelo EFES-ENERGY que define dois níveis de otimização no processo produtivo dos 43 setores da economia. No primeiro nível é adotada a hipótese de combinação em proporções fixas no uso dos insumos intermediários não energéticos (*COM*) e energo-intensivos (*ECOM*), fatores primários e outros custos através de uma especificação de Leontief. No segundo nível, há possibilidade de substituição imperfeita entre insumos intermediários não energéticos domésticos e importados, para as 74 *commodities* não energéticas (*COM*) e para as três *commodities* energéticas (*ECOM*). A utilização de funções CES na tecnologia de produção implica na adoção da chamada hipótese de Armington (ARMINGTON, 1969) na diferenciação de produtos. Por essa hipótese bens de diferentes origens são tratados como substitutos imperfeitos. Além disso, vale ressaltar que as equações referentes à tecnologia de produção são explicitadas por meio do Anexo 4.

Figura 2 - Estrutura aninhada de produção



Fonte: elaboração própria com base no modelo EFES-ENERGY

3.3.2 – Demanda das famílias

O tratamento da demanda das famílias no modelo EFES-ENERGY é baseado na função de preferência cuja especificação funcional combina a função de utilidade de *Stone-Geary* com uma função CES. A função utilidade per capita *Stone-Geary*, que possui a forma de uma *Cobb-Douglas*, é dada por:

$$U^r = \sum_i \frac{1}{Q} (X_{i^*}^{(3)} - \gamma_{(i)}^r)^{\beta_{(i)}} \quad i = i, \dots, g \quad (1)$$

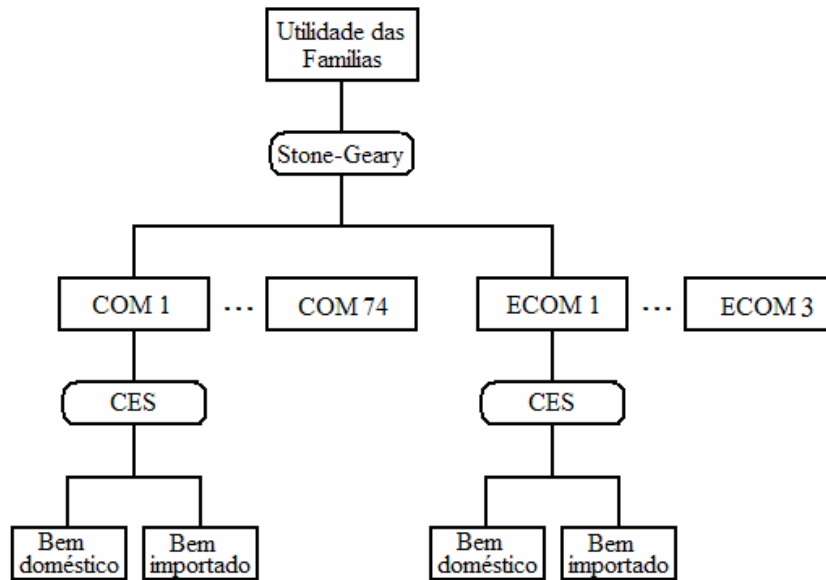
$$\sum_i \beta_i = 1$$

os vetores de parâmetros $X_{(i^*)}^{(3)}$ é o consumo agregado do bem i , $\gamma_{(i)}^r$ é a quantidade de subsistência, β_i significa a participação orçamentária marginal sobre gastos totais em bens de luxo e Q significa a quantidade consumida. Segundo Peter *et alli* (1996), uma característica da função utilidade *Stone-Geary* é que apenas o componente de gastos acima do nível de subsistência, ou gastos em bens de luxo, afeta a utilidade per capita.

As equações de demanda são obtidas a partir de um problema de maximização de utilidade cuja solução segue etapas hierárquicas, havendo a substituição entre as diferentes fontes de oferta para os bens domésticos e importados. A demanda por bens compostos colapsa para o sistema linear de gastos, com a distinção entre o consumo para subsistência e acima do nível de subsistência. O padrão delineado pela estrutura da demanda das famílias

permite que diferentes elasticidades de substituição sejam utilizadas para a composição dos diversos bens. Na Figura 3, a seguir, é possível visualizar a estrutura aninhada da demanda das famílias e, por meio do Anexo 4, explicita-se as equações referentes à demanda das famílias.

Figura 3 - Estrutura aninhada da demanda das famílias



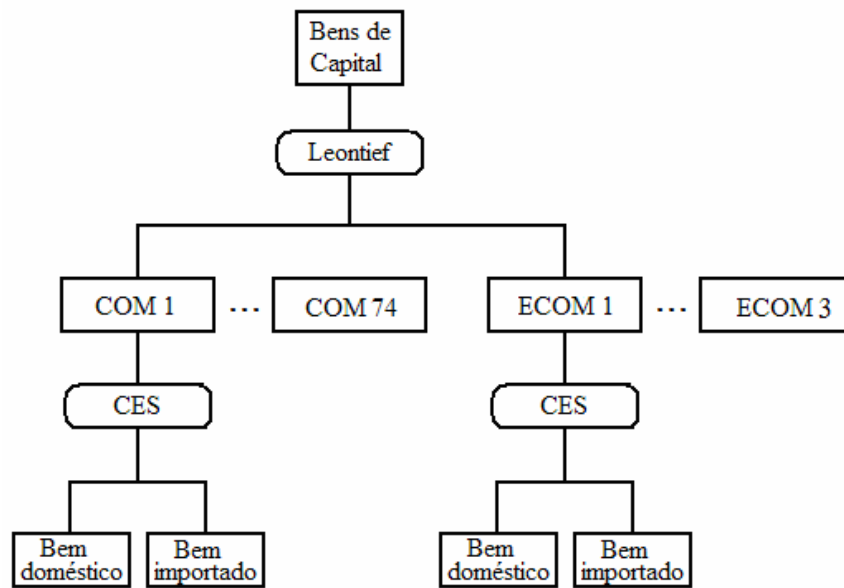
Fonte: elaboração própria com base no modelo EFES-ENERGY

3.3.3 – Demanda por bens de investimento

Os investidores são uma categoria de uso da demanda final, responsáveis pela criação de capital em cada setor. Eles escolhem os insumos utilizados no processo de criação de capital através de um processo de minimização de custos sujeito a uma estrutura de tecnologia aninhada, como mostra a Figura 4. As equações que definem o comportamento da demanda por bens de investimento constam no Anexo 4.

Esta tecnologia é similar à de produção, com algumas adaptações. Como na tecnologia de produção, o bem de capital é produzido por insumos domésticos e importados. Uma função CES é utilizada na combinação de bens de origens distintas. Vale salientar que na produção de bens de investimento não se utilizam diretamente fatores primários, energia e “outros custos”.

Figura 4 - Estrutura aninhada de investimento



Fonte: elaboração própria com base no modelo EFES-ENERGY

3.3.4 – Outras especificações do modelo

Demanda por exportação: o volume de exportações no modelo EFES-ENERGY é função decrescente dos preços em US\$. As variáveis $f_{(is)}^{4q}$ e $f_{(is)}^{4p}$ permitem deslocamentos horizontais (quantidade) e verticais (preço) das curvas de demanda. As equações que definem o comportamento da demanda por exportação e as referentes aos demais itens que compõem esta seção constam no Anexo 4.

Governo e “outras demandas”: esta especificação permite exogenizar o consumo do governo e variações nos estoques. O governo é o principal consumidor dos seguintes bens públicos: administração pública, saúde pública e educação pública. “Outras demandas” captam os efeitos de variações nos estoques dos demais bens.

Demanda por margens: o modelo EFES-ENERGY especifica demanda por margens de comércio e transporte. As mesmas são mensuradas como proporções fixas dos fluxos básicos.

Sistema de preços: no modelo EFES-ENERGY, produtores, investidores e importadores não podem obter lucros puros. Desta forma, as receitas médias dos setores domésticos e os preços de oferta de unidade de capital são iguais aos custos de produção unitários. Dada a suposição de retornos constantes de escala, os custos dependem apenas dos preços dos insumos. Os

preços básicos dos bens importados devem incluir as tarifas aplicadas aos fluxos de comércio. Finalmente, nas equações do sistema de preços do modelo, os preços de mercado são definidos pela soma dos preços básicos, dos impostos indiretos e das respectivas margens.

Equações de equilíbrio dos mercados: o modelo especifica equações de equilíbrio para os mercados de bens domésticos, igualando a oferta e demanda dos diversos bens em seu uso direto ou para margens. O modelo também especifica equações de equilíbrio para os demais mercados.

Impostos indiretos: através deste bloco de comércio é possível implementar modificações nas diversas alíquotas de impostos e, assim, implementar exercícios de simulação objetivando analisar mudanças na estrutura tributária.

Outras definições: incluem a taxa de retorno e investimento, emprego agregado, agregados reais, agregados nominais, índices de preços, balança comercial, outras condições de equilíbrio, agregações específicas por setores ou produtos.

3.4 – Fechamento e testes

O modelo possui um número de variáveis maior que o número de equações. A escolha das variáveis exógenas para o fechamento do modelo depende da especificação teórica e dos objetivos de simulação. A Tabela 7 identifica os 175 blocos de variáveis e 126 blocos de equações do modelo de acordo com suas dimensões básicas. Estas dimensões representam os bens não energéticos (*COM*), os bens energéticos (*ECOM*), os setores (*IND*), as origens dos produtos (*SRC*), os impostos (*TAX*) e a utilização ou não do produto como margem (*MAR*, *NONMAR*). Assim, pode-se determinar o número exato de variáveis exógenas. O modelo EFES-ENERGY contém 106.427 equações e 152.086 variáveis. Assim, para fechar o modelo, 45.659 variáveis devem ser determinadas exogenamente. Dois fechamentos distintos possibilitam a sua utilização para simulações de estática comparativa de curto prazo e longo prazo. A distinção básica entre eles está relacionada ao tratamento empregado na abordagem microeconômica do ajustamento do estoque de capital. A primeira coluna do Quadro 4 apresenta as variáveis exógenas do fechamento de curto prazo e na coluna subsequente observa-se o fechamento de longo prazo utilizado para as simulações do modelo EFES-ENERGY.

Tabela 7 - Identificação dos blocos de variáveis e equações do modelo EFES-ENERGY

Conjunto	Subconjunto	Elementos	Variáveis	Equações	Exógenas
(COM)		74	15	8	7
(ECOM)		3	15	8	7
	(MAR)	2	1	1	0
	(NONMAR)	75	1	1	0
(IND)		40	25	16	9
(TAX)		3	5	0	5
(COM,IND)		3080	7	5	2
(COM,IND,SRC)		6160	6	4	2
(COM,IND,SRC,MAR)		12320	4	2	2
(COM,IND,SRC,TAX)		18480	2	2	0
(COM,SRC)		154	10	7	3
(COM,SRC,MAR)		308	6	3	3
(COM,SRC,TAX)		462	3	3	0
(COM,TAX)		231	1	0	1
Macro		1	74	66	8

Fonte: elaboração própria com base no modelo EFES-ENERGY

No ambiente de curto-prazo, pelo lado da oferta, o nível de capital utilizado na economia é considerado fixo, sendo fixo para cada setor. Pelo lado da demanda, fixam-se o consumo real das famílias, o consumo real do governo e o investimento agregado real. Estas restrições impostas sobre a economia pela escolha do ambiente macroeconômico serão importantes na determinação de mudanças nos preços relativos e, conseqüentemente, das respostas dos agentes aos efeitos de mudanças exógenas. É importante salientar que para interpretar os resultados há de ter em mente o fechamento macroeconômico.

Adicionalmente, pelo lado da oferta no fechamento macroeconômico de curto-prazo são considerados variáveis exógenas o estoque de capital, tecnologia e salário real. Portanto, dado o salário real o modelo pode determinar o emprego agregado. Determinados o nível de emprego, a tecnologia e o estoque de capital, pode-se obter o produto total – PIB. Pelo lado da demanda, o consumo das famílias e o investimento total são exógenos. No fechamento de curto prazo supõe-se que a relação entre consumo real das famílias e investimento real seja fixa. Desta forma, dado o consumo real das famílias, o modelo pode determinar os gastos com investimento. Com o PIB determinado pelo lado da oferta e a absorção interna (consumo e investimento) também determinada, a balança comercial acomoda-se endogenamente para satisfazer a identidade do PIB. Portanto, se o resultado do choque for um aumento (diminuição) do PIB em relação à absorção interna, a balança comercial varia em direção a um superávit (déficit).

Quadro 4 - Fechamento para o modelo EFES-ENERGY: variáveis exógenas

Curto prazo	Longo prazo	Descrição
a1(c,i,s)	a1(c,i,s)	Termo de mudança técnica na demanda intermediária
a1_s(c,i)	a1_s(c,i)	Mudança técnica doméstico/importado, bens intermediário
a1cap(i)	a1cap(i)	Termo de mudança técnica no uso de capital na indústria i
a1lab(i)	a1lab(i)	Termo de mudança técnica no uso de trabalho
a1mar(c,i,s,m)	a1mar(c,i,s,m)	Termo de mudança técnica no uso intermediário
a1tot(i)	a1tot(i)	Todos os insumos A
a2(c,i,s)	a2(c,i,s)	Termo de mudança técnica na demanda por investimento
a2_s(c,i)	a2_s(c,i)	Mudança na composição doméstico/importado, investimento
a2mar(c,i,s,m)	a2mar(c,i,s,m)	Termo de mudança técnica no uso do investimento
a2tot(i)	a2tot(i)	Mudança técnica neutra para investimento
a3(c,i,s)	a3(c,i,s)	Termo de mudança técnica na demanda das famílias
a3_s(c)	a3_s(c)	Mudança doméstico/importado, uso do bem c pelas famílias
a3mar(c,s,m)	a3mar(c,s,m)	Termo de mudança técnica no uso das famílias
a4mar(c,s,m)	a4mar(c,s,m)	Termo de mudança técnica no uso das exportações
a5mar(c,s,m)	a5mar(c,s,m)	Termo de mudança técnica no uso de outros
adom(c)	adom(c)	Termo de coeficiente técnico no uso domésticos
aimp(c)	aimp(c)	Termo de coeficiente técnico no uso domésticos e importados
capcur(i)	capcur(i)	Estoque de capital corrente
-	delB	Balança de comércio / PIB
delC	delC	Dummy na equação curcap
f0tax_s(c,t)	f0tax_s(c,t)	Termo de deslocamento para os impostos gerais de venda
f1lab(i)	f1lab(i)	Termo de deslocamento para o salário
f1tax_csi(t)	f1tax_csi(t)	Termo de deslocamento nos impostos, uso intermediário
f2tax_csi(t)	f2tax_csi(t)	Termo de deslocamento nos impostos, investimentos
f3tax_cs(t)	-	Termo de deslocamento nos impostos, uso das famílias
-	f2tot_i	Termo de deslocamento na razão IR/CR
-	f3tax_cs	Termo de deslocamento nos impostos, uso das famílias
f4p(c,s)	f4p(c,s)	Termo de deslocamento do preço da demanda de exportação
f4q(c,s)	f4q(c,s)	Termo de deslocamento da quantidade demanda de exportação
f4tax_c(t)	f4tax_c(t)	Termo de deslocamento nos impostos de exportação
f5dom(c)	f5dom(c)	Termo de deslocamento para outras demandas domésticas
f5imp(c)	f5imp(c)	Termo de deslocamento para outras demandas importadas
f5tax_cs(t)	f5tax_cs(t)	Termo de deslocamento nos impostos, outros usos
fcurcap_1_i	fcurcap_1_i	Termo de deslocamento na equação curcap_1
finvsr(i)	finvsr(i)	Termo de deslocamento no investimento de curto prazo
fx2tot_F(i)	fx2tot_F(i)	Termo de deslocamento na equação x2tot_F
omega	-	Taxa de retorno que equilibra o mercado
pf0cif(c)	pf0cif(c)	Preço C.I.F. em moeda externa das importações
phi	phi	Taxa de câmbio moeda nacional / moeda externa
q	q	Número de famílias
t0imp(c)	t0imp(c)	Poder das tarifas
x0cif_c	x0cif_c	Volume importado CIF Wts
x2tot_i	-	Investimento agregado real
x3tot	-	Consumo real das famílias
x5tot	x5tot	Consumo real de outras demandas

Fonte: elaboração própria com base no modelo EFES-ENERGY

No fechamento de longo prazo, capital e trabalho podem se mover intersetorialmente. As principais diferenças em relação ao curto prazo estão na configuração do mercado de trabalho e do processo de acumulação de capital. No primeiro caso, o emprego agregado é determinado pelo crescimento da população, taxas de participação da força de trabalho e taxa natural de desemprego. Da mesma forma, o capital é orientado em direção aos setores mais atrativos. Este movimento mantém as taxas de retorno do capital em seus níveis iniciais.

Após a implementação e calibragem das variáveis exógenas, um teste do modelo foi efetuado para checar possíveis erros computacionais e de balanceamento do banco de dados. Dada a estrutura teórica do modelo, homogêneo de grau zero para alterações do numerário, um teste de homogeneidade pode ser implementado. Este teste consiste em aplicar um choque de 1% no numerário do modelo no fechamento de curto prazo. Como o modelo trabalha com preços relativos, alguma variável de preço deve ser escolhida como numerário. As opções na literatura recaem sobre o índice de preços ao consumidor ou sobre a taxa de câmbio. O resultado esperado é que todas as variáveis nominais aumentem em 1%, e todas as variáveis reais (quantidades) permaneçam inalteradas. Os resultados dessa simulação-teste com o modelo EFES-ENERGY confirmaram as expectativas.

3.5 – Calibragem do modelo e construção do banco de dados

O sistema de equações do modelo pode ser escrito da seguinte forma¹⁸:

$$F(V) = 0 \tag{2}$$

onde V é um vetor de equilíbrio de dimensão n (número de variáveis), e F é uma função-vetor não-linear de dimensão m (número de equações). Supõe-se que F seja diferenciável. Em relação às dimensões, n e m , supõe-se que o número de variáveis seja maior que o número de equações no sistema ($n > m$). Assim, $(n - m)$ variáveis devem ser determinadas exogenamente. Para fins de calibragem, é necessário determinar uma solução inicial de equilíbrio, V^* , ou seja, supõe-se que $\exists V = V^*$, tal que $F(V^*) = 0$.

Dada a solução inicial, V^* , a abordagem tradicionalmente utilizada para se computar o novo conjunto de soluções para o modelo requer a partição do vetor F em dois grupos de variáveis, endógenas e exógenas. Seja V_1 o vetor contendo as n variáveis endógenas e V_2 o vetor contendo as $(n - m)$ variáveis exógenas. A equação (1) pode ser reescrita como:

¹⁸ Maiores detalhes sobre a abordagem de Johansen podem ser encontrados em Dixon *et alli* (1982, 1992), Harrison e Pearson (1994, 1996) e Dixon e Parmenter (1996)

$$F(V_1, V_2) = 0 \quad (3)$$

A partir da diferenciação total de (2), obtém-se:

$$F_1(V^*)dV_1 + F_2(V^*)dV_2 = 0 \quad (4)$$

onde F_1 e F_2 são matrizes de derivadas parciais de F avaliadas em V^* . Resolvendo-se (3) para dV_1 , tem-se que:

$$dV_1 = [-F_1^{-1}(V^*)F_2(V^*)]dV_2 \quad (5)$$

ou

$$dV_1 = B(V^*)dV_2 \quad (6)$$

Assumindo-se que a matriz inversa, $F_1^{-1}(V^*)$, existe a equação (5) representa a solução de Johansen para o modelo¹⁹.

A calibragem do modelo, ou seja, a determinação de valores para os coeficientes e parâmetros que produzem uma solução inicial do modelo, é apresentada a seguir. Os coeficientes do modelo são, na maioria dos casos, interpretados como participações nos custos e nas vendas, podendo, assim, ser derivados de matrizes de insumo-produto para um determinado ano. Devido à natureza dos dados utilizados, este subconjunto de dados é denominado de coeficientes estruturais. Juntamente com valores para os parâmetros comportamentais e algumas informações suplementares, a solução inicial, V^* , pode ser deduzida.

A base de dados necessária para implementação do modelo de EGC, ou seja, a determinação de valores para os coeficientes e parâmetros que produzem uma solução inicial do modelo, é formada pelo conjunto de dados apresentados na Figura 5. Esta estrutura mostra a base de dados dos fluxos da matriz de absorção a ser utilizada no modelo proposto no presente trabalho (EFES-ENERGY).

¹⁹ Para minimizar os efeitos dos erros de linearização e, assim, obter resultados mais precisos utilizam-se métodos numéricos alternativos que aproximam os resultados do modelo da solução “verdadeira”. No caso do modelo EFES-ENERGY o procedimento utilizado é o método Gragg 2-4-6 em que o choque exógeno é dividido em p partes iguais.

Figura 5 - Estrutura da base de dados

		Matriz de absorção				
		1	2	3	4	5
		Produtores	Investidores	Famílias	Exportações	Outras demandas
	Dimensão	IND	IND	1	1	1
Fluxos básicos	COM x SRC	V1BAS	V2BAS	V3BAS	V4BAS	V5BAS
Fluxos básicos energia	ECOM x SRC	V1BASE	V2BASE	V3BASE	V4BASE	V5BASE
Margens	COM x SRC x MAR	V1MAR	V2MAR	V3MAR	V4MAR	V5MAR
Impostos	COM x SRC x TAX	V1TAX	V2TAX	V3TAX	V4TAX	V5TAX
Trabalho	1	V1LAB				
Capital	1	V1CAP				
Outros custos	1	VIOCT				

	Produção conjunta
	IND
COM	MAKE

	Imposto de importação
	1
COM	V0TAR

Fonte: elaboração própria com base no modelo EFES-ENERGY

A matriz de absorção revela o destino setorial (dispostos nas colunas como débitos) dos produtos (dispostos ao longo das linhas como créditos). Esta matriz apresenta, assim, três grupos de registros das transações envolvidas nos diferentes processos produtivos: em primeiro lugar, elas são classificadas conforme as atividades que promovem o consumo intermediário; em segundo lugar, está a provisão de bens e serviços aos usuários finais; por fim, descreve-se a absorção dos insumos primários pelas atividades (importação, impostos, margens e remuneração dos fatores).

Nas atividades que promovem o consumo intermediário dos bens não energéticos (*COM*) são divididas a preços básicos (*BAS*), por fonte de origem nacional ou importado (*SRC*), por margens de comércio e transporte (*MAR*) e quanto a três tipos de impostos (*TAX*), a saber: ICMS, IPI/ISS e outros. Com relação ao fluxo de bens energéticos (*ECOM*) as atividades são divididas da seguinte forma: a preços básicos (*BASE*), por margens de comércio e transporte (*MARE*) e impostos (*TAXE*).

Os produtores representam o universo de 43 setores. Dentre estes setores, cabe salientar que para a construção do setor de energia (*EIND*) foi necessário agregar os setores de petróleo e gás, refino do petróleo e distribuição de energia elétrica.

A provisão de bens e serviços aos usuários finais é representada pelos investidores, famílias, exportações e outras demandas. Assim como os produtores, os investidores também

são representados pelo universo de 43 setores. As famílias, as exportações e outras demandas (representa a soma do consumo da administração pública e variação de estoque) são representadas por apenas uma unidade representativa para cada.

As linhas apresentam a estrutura de compras realizadas por cada agente representado nas colunas. Os bens são utilizados pelas indústrias como insumos para a produção corrente e para a formação de capital, são consumidos pelas famílias e pelos governos e/ou são exportados. Na coluna das exportações só aparecem os bens produzidos domesticamente. Do total de bens produzidos domesticamente, dois bens são utilizados como margem de serviços e transporte, os quais são utilizados na transferência dos bens entre vendedores e compradores. A linha outros custos (*OCT*) funciona como um resíduo de gastos das indústrias.

Além da nova agregação setorial implementada para a construção do setor de energia (*EIND*) e a separação das *commodities* energéticas (*ECOM*) dos fluxos básicos, algumas adaptações foram feitas para a construção do componente outras demandas. Além disso, fez-se o tratamento da *Dummy* Financeira, a desagregação do valor adicionado (*VILAB*, *VICAP*, *VIOCT*) e os dados sobre investidores²⁰.

O componente “outras demandas” é a soma do consumo da administração pública e variação de estoque, que estão especificados nas matrizes de insumo-produto do IBGE. A *Dummy* Financeira é uma atividade fictícia que aparece em todas as matrizes de consumo intermediário nacional e sua inclusão é justificada metodologicamente²¹ como forma de captar o custo dos serviços financeiros intermediários de cada atividade, a fim de não superestimar o valor adicionado por atividade e, conseqüentemente, o valor adicionado total e o PIB. Esta *Dummy* Financeira também foi incluída em “outras demandas” e na utilização de “outros custos” como variável de ajuste do valor adicionado. O principal efeito desta alteração é inflar o item serviços financeiros para evitar a presença de atividades com remuneração do capital (*VICAP*) negativa, mantendo-se as relações capital/trabalho prevalecentes na economia.

Os componentes do valor adicionado, trabalho (*VILAB*) e capital (*VICAP*) foram obtidos agregando itens da matriz do valor adicionado por atividade. O *VILAB* é a soma dos itens rendimento de autônomos e remunerações. O *VICAP* refere-se ao excedente operacional bruto. Os demais componentes do valor adicionado, outros tributos e subsídios foram incluídos no item outros custos (*VIOCT*), que foi também utilizado para ajustar a base de

²⁰ Para ver em detalhe tais modificações consultar a estrutura original do modelo em Haddad e Domingues (2001).

²¹ Ver Ramos (1997).

dados. Dessa forma, a soma de *VILAB*, *VICAP* e *VIOCT* gera o valor adicionado por atividade, e a soma total gera o valor adicionado total (PIB a custo de fatores), consistente com os dados do IBGE.

No que diz respeito a investidores foi necessário recorrer a outras fontes de dados para se obter esta abertura²². As matrizes de insumo-produto do IBGE apenas especificam a formação bruta de capital fixo por bem e origem, para os fluxos básicos (*V2BAS*), margens (*V2MAR*) e impostos (*V2TAX*). O modelo requer a especificação destes fluxos por indústria, a fim de se calibrar as equações de investimento. Para nível de investimento agregado por setor foram utilizados o nível de produção setorial entre 1995-1996 e adotou-se uma taxa de depreciação implícita.

A obtenção da composição do investimento setorial por bem e por fluxo parte da hipótese de unidade padrão de capital. Pressupõe-se que a composição do investimento setorial seja a mesma em todos os setores e siga a participação do bem no total da formação bruta de capital fixo por categoria, obtida nas matrizes de insumo-produto.

Além dos coeficientes estruturais descritos por meio da matriz absorção, o modelo EFES-ENERGY contém parâmetros comportamentais que foram calibrados para os anos de 1995 e 1996. Dentre esses parâmetros, destacam-se as elasticidades de substituição nas funções de produção e as elasticidades de demanda por exportação que podem ser visualizados por meio do Quadro 5. Além disso, outros parâmetros comportamentais inerentes ao sistema de gastos das famílias (e.g elasticidade de renda e elasticidade de preços) pertencem ao modelo EFES-ENERGY.

²² A metodologia empregada segue Haddad (1999).

Quadro 5 – Principais elasticidades do modelo EFES-ENERGY

Produtos	Descrição	Elast. Exportação			Elast. Prod.	Produtos	Descrição	Elast. Exportação			Elast. Prod.
		Dom	Imp	Total				Dom	Imp	Total	
C1	Café em coco	-1,02	-1,02	-2,04	0,00	C40	Tecidos artificiais	-1,15	-1,15	-2,30	2,66
C2	Cana-de-açúcar	-0,76	-0,76	-1,51	0,00	C41	Outros prod. têxteis	-0,74	-0,74	-1,48	0,53
C3	Arroz em casca	-0,75	-0,75	-1,50	0,24	C42	Artigos do vestuário	-0,39	-0,39	-0,77	0,51
C4	Trigo em grão	-1,14	-1,14	-2,28	1,36	C43	Prod. couro e calçados	-0,85	-0,85	-1,71	0,03
C5	Soja em grão	-1,49	-1,49	-2,98	1,51	C44	Produtos do café	-0,48	-0,48	-0,97	0,02
C6	Algodão em caroço	-0,95	-0,95	-1,90	0,13	C45	Arroz beneficiado	-0,38	-0,38	-0,76	0,02
C7	Milho em grão	-1,09	-1,09	-2,17	0,46	C46	Farinha de trigo	-1,07	-1,07	-2,15	0,00
C8	Bovinos e suínos	-2,02	-2,02	-4,04	0,70	C47	Out. prod. aliment. benefic.	-0,52	-0,52	-1,03	1,21
C9	Leite natural	-1,28	-1,28	-2,56	0,00	C48	Carne bovina	-1,44	-1,44	-2,88	0,00
C10	Aves vivas	-0,99	-0,99	-1,98	0,00	C49	Carne de aves abatidas	-0,96	-0,96	-1,92	0,00
C11	Out. prod. agropecuários	-0,91	-0,91	-1,82	0,01	C50	Leite beneficiado	-1,93	-1,93	-3,87	0,03
C12	Minério de ferro	-0,92	-0,92	-1,85	1,83	C51	Outros laticínios	-1,14	-1,14	-2,28	0,80
C13	Outros minerais	-1,05	-1,05	-2,09	0,49	C52	Açúcar	-0,36	-0,36	-0,71	0,10
C14	Petróleo e gás	-7,22	-7,22	-14,43	1,18	C53	Oleo vegetal em bruto	-0,8	-0,80	-1,60	1,76
C15	Carvão e outros	-1,24	-1,24	-2,47	0,03	C54	Oleo vegetal refinado	-0,55	-0,55	-1,10	0,93
C16	Prod. minerais ã metálicos	-0,99	-0,99	-1,97	3,43	C55	Rações e out. alimentares	-0,21	-0,21	-0,42	0,00
C17	Prod. siderúrgicos básicos	-0,97	-0,97	-1,94	0,35	C56	Bebidas	-0,54	-0,54	-1,07	0,06
C18	Laminados de aço	-0,74	-0,74	-1,49	0,45	C57	Produtos diversos	-0,33	-0,33	-0,67	0,47
C19	Prod. metalúrg. ã ferrosos	-1,15	-1,15	-2,30	0,48	C58	Distr. de energia elétrica	-0,79	-0,75	-1,54	0,00
C20	Out. prod. metalúrgicos	-1,18	-1,18	-2,36	2,50	C59	Gás encanado	-0	0,00	0,00	0,00
C21	Fabric. e manut. maq. e equip.	-1,32	-1,32	-2,63	0,21	C60	Água e esgoto	-0	-0,03	-0,03	0,00
C22	Tratores e maq. terraplan.	-0,98	-0,98	-1,96	0,39	C61	Limpeza urbana	-0	-0,01	-0,01	0,00
C23	Material elétrico	-1,18	-1,18	-2,36	0,45	C62	Prod. da construção civil	-1,05	-1,05	-2,09	0,00
C24	Equipamentos eletrônicos	-1,03	-1,03	-2,06	2,39	C63	Margem de comércio	-0,04	-0,04	-0,08	0,54
C25	Autom.,caminhões e ônibus	-0,96	-0,96	-1,93	0,57	C64	Margem de transporte	-8,33	-8,33	-16,67	0,15
C26	Outros veículos e peças	-1,16	-1,16	-2,31	0,25	C65	Comunicações	-1,05	-1,05	-2,09	1,02
C27	Madeira e mobiliário	-1,11	-1,11	-2,22	0,00	C66	Seguros	-1,05	-1,05	-2,09	0,00
C28	Papel,celul.papelão e artef.	-1,13	-1,13	-2,25	0,30	C67	Serviços financeiros	-1,05	-1,05	-2,09	0,12
C29	Produtos da borracha	-1,01	-1,01	-2,02	3,89	C68	Alojamento e alimentação	-1,05	-1,05	-2,09	2,23
C30	Elem. quím. ã petroquímicos	-1,07	-1,07	-2,14	0,69	C69	Outros serviços	-1,05	-1,05	-2,09	0,44
C31	Álcool de cana e cereais	-0,97	-0,97	-1,94	4,96	C70	Saúde e educ.mercantis	-1,05	-1,05	-2,09	0,00
C32	Aubos	-1,5	-1,50	-2,99	0,86	C71	Serv. prest. à empresa	-1,05	-1,05	-2,09	0,63
C33	Tintas	-0,93	-0,93	-1,86	1,26	C72	Aluguel de imóveis	-1,05	-1,05	-2,09	0,21
C34	Outros prod. químicos	-1,09	-1,09	-2,18	0,23	C73	Aluguel imputado	-1,05	-1,05	-2,09	0,00
C35	Prod. farm. e de perfumaria	-0,83	-0,83	-1,65	2,19	C74	Administração pública	-1,05	-1,05	-2,09	0,00
C36	Artigos de plástico	-3,12	-3,12	-6,24	0,83	C75	Saúde pública	-1,05	-1,05	-2,09	0,00
C37	Fios têxteis naturais	-1,21	-1,21	-2,42	0,02	C76	Educação pública	-1,05	-1,05	-2,09	0,00
C38	Tecidos naturais	-0,54	-0,54	-1,08	0,03	C77	Serv. ã mercantil privado	-1,05	-1,05	-2,09	0,00
C39	Fios têxteis artificiais	-0,95	-0,95	-1,89	0,47						

Nota: A elasticidade de exportação se refere ao preço de demanda para os bens domésticos, importados e o somatório de ambos.

Fonte: elaboração própria com base no modelo EFES-ENERGY

Na próxima seção, empreender-se-á uma análise descritiva da base de dados destacando-se as principais fontes da matriz energética brasileira.

3.6 – Análise descritiva da base de dados

Esta seção da dissertação busca, através do banco de dados do modelo EFES-ENERGY, discutir de forma detalhada a estrutura do uso das *commodities* energéticas (*ECOM*) oriundas dos seguintes insumos energéticos: petróleo e gás – *C14*; álcool de cana e cereais – *C31* e distribuição de energia elétrica – *C58*. Além disso, objetiva-se explicitar a estrutura da pauta de exportações brasileiras e identificar os principais produtos energo-intensivos contidos no modelo EFES-ENERGY.

3.6.1 – Participação setorial das *commodities* energéticas

A estrutura de uso dos insumos energéticos no modelo EFES-ENERGY pode ser observada na Tabela 8. Verifica-se que os setores energia (I3), artigos plásticos (I19) e água e esgoto (I32) são os mais intensivos no uso deste insumo no seu processo de produção, respectivamente 76,1%, 70,4% e 67,0%. Mais de um quarto dos insumos utilizados nos setores comércio (I35), transportes (I36), químicos diversos (I17), indústria da borracha (I15) e extrativa mineral (I2) são provenientes das *commodities* energéticas. Cabe ressaltar que a distribuição setorial das participações dos insumos energéticos refere-se ao ano de 2002, ou seja, ano de calibragem do modelo EFES-ENERGY.

Tabela 8 - Participação setorial dos insumos energéticos (ECOM) em 2002

Setores	Identificador	Participação
Energia	I3	76,10%
Artigos plásticos	I19	70,40%
Água e esgoto	I32	67,00%
Comércio	I35	49,60%
Transportes	I36	47,80%
Químicos diversos	I17	29,20%
Ind. da borracha	I15	29,10%
Extrativa mineral	I2	25,30%
Limpeza pública	I33	19,60%
Mineral ã metálico	I4	19,00%
Elementos químicos	I16	16,00%
Ind. têxtil	I20	15,90%
Indústrias diversas	I30	13,50%
Agropecuária	I1	12,80%
Madeira e mobiliário	I13	12,50%
Farmac. e veterinária	I18	12,40%
Fabricação calçados	I22	12,20%
Serv. priv. ã mercantis	I43	12,20%

Fonte: Elaborada pelos autores com base no modelo EFES-ENERGY

Como afirmado no capítulo 1 o petróleo é a fonte primária de energia mais importante no mundo, sendo o Brasil responsável por 2,2% da produção e 2,6% do consumo mundial da referida *commodity*. Pela Tabela 9 é possível observar a distribuição setorial do uso deste insumo. Em outras palavras, verifica-se, nesta tabela, a intensidade de uso do insumo energia (no caso petróleo e gás) na produção total dos setores. O setor que mais utiliza o insumo é o de energia, sendo seguido pelo setor de artigos plásticos (67,2%). Os setores de transporte, comércio, químicos diversos e indústria da borracha fazem uso do insumo acima dos 20%.

Tabela 9 - Participação setorial do petróleo e gás natural (C14) em 2002

Setores	Identificador	Participação
Energia	I3	74,80%
Artigos plásticos	I19	67,20%
Transportes	I36	47,10%
Comércio	I35	36,40%
Químicos diversos	I17	28,40%
Ind. da borracha	I15	27,20%
Extrativa mineral	I2	16,90%
Mineral ã metálico	I4	15,30%
Ind. têxtil	I20	12,30%
Indústrias diversas	I30	12,30%
Agropecuária	I1	11,40%
Farmac. e veterinária	I18	11,00%

Fonte: Elaborada pelos autores com base no modelo EFES-ENERGY

A segunda *commodity* energética analisada na presente dissertação é o álcool de cana e cereais (C31). *Tal commodity* teve sua produção e consumo intensificados no Brasil a partir do início da década de 1980. No final da década de 1990 teve um declínio na produção e consumo retomando a trajetória de crescimento a partir de 2003 devido, em parte, à introdução dos automóveis *flex* no mercado brasileiro. Cabe ressaltar que o uso do álcool de cana e cereais como fonte de energia e insumo setorial é bem mais concentrado que o uso do petróleo e gás. A Tabela 10 apresenta a estrutura do uso do insumo álcool de cana e cereais. Os dados apresentados mostram a pequena participação de tal insumo no processo produtivo setorial. O setor de comércio (I35) se destaca com uma participação de 10,04%. Nos demais setores, com exceção do setor de comunicações (I37), a participação do álcool de cana e cereais como insumo se situa abaixo de 1%.

Tabela 10 - Participação setorial do álcool de cana e cereais (C31) em 2002

Setores	Identificador	Participação
Comércio	I35	10,04%
Comunicações	I37	1,15%
Elementos químicos	I16	0,59%
Farmac. e veterinária	I18	0,56%
Outros prod. aliment.	I29	0,25%
Químicos diversos	I17	0,20%
Transportes	I36	0,16%
Energia	I3	0,14%
Serv. prest. à família	I39	0,13%
Água e esgoto	I32	0,10%
Administração pública	I42	0,06%
Artigos plásticos	I19	0,04%

Fonte: Elaborada pelos autores com base no modelo EFES-ENERGY

De acordo com os dados apresentados na Tabela 11 é possível verificar que o setor de água e esgoto (I32) tem na energia elétrica o seu principal insumo. Já no setor de limpeza urbana (I33) a energia elétrica responde por 11% dos insumos utilizados. Dentre os setores industriais é possível destacar o uso da energia elétrica como insumo dos seguintes setores: elementos químicos (I16), metalurgia dos não ferrosos (I6), madeira e mobiliário (I13) e minerais não metálicos (I4).

Tabela 11 - Participação setorial da energia elétrica (C58) em 2002

Setores	Identificador	Participação
Água e esgoto	I32	66,10%
Limpeza pública	I33	11,60%
Extrativa mineral	I2	8,40%
Serv. priv. ã mercantis	I43	8,10%
Elementos químicos	I16	5,10%
Aluguel de imóveis	I41	5,00%
Metalurgia não ferrosos	I6	4,90%
Serv. prest. à família	I39	4,60%
Madeira e mobiliário	I13	4,10%
Gás encanado	I31	3,90%
Administração pública	I42	3,80%
Mineral ã metálico	I4	3,70%

Fonte: Elaborada pelos autores com base no modelo EFES-ENERGY

Além da análise da estrutura de uso dos insumos energéticos, faz-se necessário expor a estrutura da pauta de exportações brasileiras a fim de identificar os principais produtos e setores pertencentes ao setor exportador que será feita na próxima subseção.

3.6.2 – Estrutura da pauta de exportações brasileiras

A análise do banco de dados do modelo EFES-ENERGY permite evidenciar a estrutura da pauta de exportações brasileiras. A Tabela 12 mostra o resultado em termos setoriais. Percebe-se que 10 setores são responsáveis por mais de 50% do total exportado pelo Brasil. Isso mostra que a pauta de exportações brasileira é concentrada. De acordo com os dados é possível notar que o setor agropecuário (I1) tem a segunda maior participação e o setor siderurgia (I5) tem a quarta maior participação. Outro resultado que merece destaque é a participação no total exportado do setor extrativo mineral (I2), 4,9%.

Tabela 12 - Estrutura setorial da pauta de exportações brasileiras em 2002

Setores	Identificador	Participação
Peças e out. veículos	I12	7,80%
Agropecuária	I1	7,20%
Energia	I3	6,90%
Serv. prest. à empresa	I40	6,40%
Siderurgia	I5	5,80%
Extrativa mineral	I2	4,90%
Fab. óleos vegetais	I28	4,90%
Autom./cam/onibus	I11	3,90%
Abate de animais	I25	3,80%
Fabricação calçados	I22	3,40%

Fonte: Elaborada pelos autores com base no modelo EFES-ENERGY

A fim de desagregar os produtos da pauta de exportação brasileira, construiu-se a Tabela 13 que apresenta as participações de cada produto presente no modelo EFES-ENERGY na estrutura de exportações do país. Verifica-se que a maioria dos principais produtos exportados é do setor agropecuário ou da agroindústria (C53 – óleo vegetal em bruto; C5 – soja em grão; C53 – açúcar) e do setor extrativo (C14 – Petróleo e gás; C12 – Minério de Ferro).

Tabela 13 - Estrutura por produtos da pauta de exportações brasileiras em 2002

Produtos	Identificador	Participação
Petróleo e gás	C14	8,31%
Outros veículos e peças	C26	7,97%
Serv. prest. à empresa	C71	7,54%
Oleo vegetal em bruto	C53	4,70%
Soja em grão	C5	4,52%
Minério de ferro	C12	4,35%
Prod. siderúrgicos básicos	C17	3,88%
Autom.,caminhões e ônibus	C25	3,85%
Prod. couro e calçados	C43	3,41%
Açúcar	C52	3,15%
Alojamento e alimentação	C68	3,11%
Equipamentos eletrônicos	C24	3,09%

Fonte: Elaborada pelos autores com base no modelo EFES-ENERGY

O insumo petróleo e gás (*C14*) ocupou posição de destaque na pauta de exportações brasileiras em 2002 e foram demandados principalmente pelos setores de energia (*I3*), comércio (*I35*) e transportes (*I36*) nas respectivas proporções: 41%, 16% e 13%. De acordo com a Tabela 9, o petróleo e o gás natural tiveram grande peso no processo produtivo desses setores apresentando participação na ordem de 74,80%, 36,40% e 47,10%, respectivamente. Portanto, esses setores podem ser considerados energo-intensivos como mostrado na Tabela 8.

Os bens outros veículos e peças (*C26*) obtiveram participação de 7,97% na pauta de exportações em 2002 e foram demandados principalmente pelos setores de automóveis caminhões e ônibus (*III*), peças e outros veículos (*II2*) e serviços prestados à família (*I39*) nas respectivas proporções: 31%, 25% e 20%. De acordo com a Tabela 12, os setores de peças e outros veículos e os de automóveis caminhões e ônibus ocuparam a primeira e a oitava posição, com participações de 7,80% e 3,90%, no ordenamento dos principais setores que compõem a pauta de exportação brasileira. Conforme as Tabelas 10 e 11, o setor de serviços prestados à família é intensivo em biomassa e energia elétrica por utilizarem esses insumos nas seguintes proporções: 0,13% e 4,60%.

O serviço prestado à empresa (*C71*) ocupou a terceira posição com 7,54% de participação na pauta exportadora brasileira em 2002. Os principais setores demandantes dessa *commodity* são: administração pública – *I42* (27%), comércio – *I35* (15%) e instituições financeiras – *I38* (14%). Dentre essas, o comércio se destaca por ser o quarto maior setor em

conteúdo energético, ou seja, de acordo com a Tabela 8, observa-se que a participação dos insumos energéticos é de 49,60%.

O quarto colocado com participação de 4,70% na pauta exportadora em 2002 foi o produto óleo vegetal em bruto (C53). Esse produto foi absorvido principalmente pelos setores de fabricação de óleos vegetais (I28), outros produtos alimentares (I29) e agropecuários (II) nas seguintes proporções: 44%, 29% e 17%. O primeiro, de acordo com a Tabela 12, ocupou a sétima posição, com participação de 4,90%, no ordenamento dos principais setores que compõem a pauta de exportação brasileira. O setor de outros produtos alimentares mostrou-se intensivo em biomassa por utilizar esse insumo na proporção de 0,25%, sendo o quarto setor em ordem de importância na utilização do álcool de cana e cereais (Tabela 10). Finalmente, o setor agropecuário foi o segundo maior exportador (Tabela 12) e mostrou-se intensivo em petróleo e gás natural (11,40%) de acordo com a Tabela 9.

A soja em grão (C5) foi a quarta *commodity* mais importante na pauta de exportação brasileira em 2002, com participação de 4,52%. Esse insumo é demandado pelos mesmos setores do produto óleo vegetal em bruto, descrito acima. A diferença está na magnitude das participações dos setores de fabricação de óleos vegetais (I28), agropecuários (II) e outros produtos alimentares (I29) que são, respectivamente, 89%, 6% e 4%.

O minério de ferro (C12) obteve a quinta colocação dentre os produtos exportados mais importantes em 2002, com participação de 4,35%. Este insumo é absorvido principalmente pelo setor siderúrgico – I5 (55%), extrativo mineral – I2 (44%) e minerais não metálicos – I4 (2%). O primeiro, de acordo com a Tabela 12, ocupou a quinta posição, com participação de 5,80%, no ordenamento dos principais setores que compõem a pauta de exportação brasileira. O setor extrativo mineral, além de ser o sexto setor que mais exporta, assumiu a oitava posição em termos do uso de insumos energéticos (25,30%), de acordo com a Tabela 8. O setor de minerais não metálicos é intensivo em petróleo, gás natural e energia elétrica, sendo considerado, portanto, o décimo setor mais intensivo em energia (19%) no ano de 2002.

Os produtos acima relacionados são importantes para as exportações brasileiras porque representam aproximadamente 40% de todos os bens comercializados externamente. Por outro lado, evidencia também falta de diversificação e fragilidade externa. Observa-se, também, que os produtos são intensivos em energia, o que reforça a interdependência do setor de energia com o setor exportador e mostra a importância desses para a economia como um todo.

A partir da metodologia e base de dados descrita no presente capítulo, os resultados das simulações serão analisados no próximo capítulo. A partir desses exercícios de simulações, um conjunto simultâneo de decisões de oferta, demanda, consumo e investimento são afetados, tanto de forma agregada como setorialmente. A vantagem do modelo EGC é tratar todas estas alterações de forma simultânea e integrada.

4 – SIMULAÇÕES COM O MODELO EFES-ENERGY

O primeiro capítulo da dissertação aprofundou a abordagem dos aspectos históricos, na importância e na caracterização do setor de energia. Além disso, o comportamento e as características das exportações brasileiras foram mostrados a fim de trazer subsídios para o entendimento da influência que esta exerce sobre o setor energético. Tendo em vista a revisão da literatura empírica realizada no segundo capítulo e a exposição detalhada da metodologia do modelo EFES-ENERGY no terceiro capítulo, o presente capítulo tem como objetivo mensurar as interações entre o setor de energia e o setor exportador por meio do modelo de EGC.

O modelo EFES-ENERGY é empregado, nesta dissertação, no estudo dos impactos das exportações sobre o setor de energia através de simulações. A implementação de tal exercício de simulação se justifica, pois modificações nas exportações geram importantes efeitos sobre o setor de energia. Esta análise consiste em, por exemplo, verificar qual o impacto de um aumento das transações internacionais das principais *commodities* da economia, sobre os componentes da absorção interna vinculados ao setor de energia e as *commodities* energéticas. Esta análise é feita especificamente para os bens industriais e agrícolas da economia. Na seção 4.1 aspectos comportamentais das exportações brasileiras são discutidos a fim de estabelecer a magnitude do deslocamento da curva de exportação. A seção 4.2 analisa os resultados obtidos, divididos em 5 blocos: impactos macroeconômicos, alterações nos componentes da absorção interna, repercussões setoriais e análise de sensibilidade.

4.1 – Aspectos comportamentais das exportações brasileiras

O comércio exterior brasileiro foi marcado nos últimos anos pela reversão da posição externa, com a geração de saldos comerciais expressivos. A partir da desvalorização cambial de 1999, observou-se crescimento significativo das exportações, com clara aceleração a partir de meados de 2001. Tal crescimento, medido em valores, pode ser decomposto em quantidades (*quantum*) e preços por meio da Tabela 14. O cálculo das taxas de variações²³ referentes à exportação utiliza o banco de dados do Sistema ALICE do Ministério de Desenvolvimento Indústria e Comércio (MDIC) para o período 2000-2007, corrigidos pelos índices anuais acumulados de inflação, medido pelo IGP-DI (valores a preços constantes de 2007).

Tabela 14 - Taxa de crescimento do preço e da quantidade exportada entre 2000-2007

Período	Exportação total				Exportação de produtos industriais				Exportação de produtos agrícolas			
	Preço Unit		Quantidade		Preço Unit		Quantidade		Preço Unit		Quantidade	
	Total	Tx. Cres	Total	Tx. Cres	Total	Tx. Cres	Total	Tx. Cres	Total	Tx. Cres	Total	Tx. Cres
2000	0.23		244.64		0.30		275.08		0.32		25.49	
2001	0.21	-5%	272.64	11%	0.28	-6%	299.26	9%	0.22	-33%	46.22	81%
2002	0.20	-4%	295.61	8%	0.26	-8%	339.28	13%	0.25	15%	40.84	-12%
2003	0.23	11%	321.13	9%	0.29	10%	370.45	9%	0.27	7%	51.19	25%
2004	0.26	13%	376.05	17%	0.33	14%	433.42	17%	0.32	19%	55.43	8%
2005	0.30	16%	396.99	6%	0.37	15%	461.27	6%	0.34	7%	51.45	-7%
2006	0.32	9%	424.39	7%	0.41	11%	484.37	5%	0.32	-6%	63.45	23%
2007	0.35	7%	461.65	9%	0.45	8%	514.83	6%	0.36	13%	74.67	18%
Média Total		7%		10%		6%		9%		3%		20%

Nota: A quantidade dos bens exportados está em bilhões de toneladas e o preço unitário FOB em reais (R\$).
Fonte: MDIC (2008a)

Ao analisar a evolução do comércio exterior nos últimos oito anos, constata-se que a quantidade teve maior influência no crescimento das exportações do que os preços dos produtos exportados. Este apresentou crescimento no período na ordem de 59,60% e aquele obteve crescimento de 88,71%. Nesse período, a taxa de crescimento do *quantum* exportado pelo Brasil decresceu entre os anos de 2001 a 2003, tendo um aumento entre 2003-2004. Para o período compreendido entre 2005-2007 obteve-se crescimento estável no patamar médio de 7% a.a. Os preços tiveram influência no crescimento das exportações brasileiras apenas

²³ Devido ao fato do Sistema ALICE não indicar o setor em que os produtos pertencem, foi necessário recorrer à tabela de correspondência da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) de 2004 com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) para identificação dos produtos pertencentes aos setores agrícolas e industriais. Com isto, foi possível calcular as taxas de crescimento da quantidade e dos preços dos produtos industriais e agrícolas exportados (IBGE, 2008a).

considerando-se isoladamente a taxa de crescimento entre os anos de 2002-2003 e 2004-2006 devido a grande evolução nos preços dos produtos industriais (MDIC, 2008).

O período analisado é bastante peculiar do ponto de vista das contas externas brasileiras. A melhora contínua nas transações correntes respondeu, em muito, ao crescimento das exportações. Sem dúvida a depreciação ocorrida no início de 1999 introduziu um ambiente mais favorável às vendas externas, frente ao câmbio apreciado utilizado entre 1995 e 1998 como âncora nominal. É interessante ressaltar, porém, que o crescimento do *quantum* exportado ocorreu, principalmente depois de 2001, em meio a um período de contínua e pronunciada apreciação cambial. Mesmo levando-se em conta que as taxas de câmbio ainda permaneceram depreciadas em relação ao período anterior à desvalorização cambial, esperava-se que, marginalmente, a apreciação do câmbio, a partir de 2003, desacelerasse as exportações. O que ocorreu foi exatamente o contrário devido à grande expansão do comércio mundial resultantes tanto da gradual liberalização multilateral dos fluxos de comércio internacional, como também do grande aumento da taxa de crescimento das economias americana e chinesa.

Dado esta contextualização conjuntural das exportações, o objetivo desse capítulo é medir os impactos resultantes das variações nas quantidades e nos preços dos principais produtos da pauta de exportação brasileira²⁴ sobre os setores de petróleo e gás natural, energia elétrica, biomassa e no setor de energia como um todo. Além disso, será possível visualizar os impactos causados nas variáveis macroeconômicas de emprego, saldo da balança comercial e PIB real pela ótica dos gastos. Após a análise do comportamento das variáveis macroeconômicas frente aos choques de preços e quantidades dos principais bens exportados, será mostrado o comportamento do setor de energia comparativamente com os demais setores da economia com relação ao valor adicionado do setor de energia, investimento do setor de energia, demanda das famílias, demanda por exportações e oferta de bens domésticos.

Para o estabelecimento da magnitude da variação do termo de deslocamento da quantidade exportada e do preço de exportação, será adotada a média aritmética dos valores observados entre 2000-2007 mostrado na Tabela 14. Portanto, para a simulação dos choques das principais *commodities* industriais, que serão apresentados na seção seguinte, adotou-se uma variação de 9% no termo de deslocamento da quantidade exportada e 6% no termo de

²⁴ De acordo com a análise descritiva da base de dados do modelo EFES-ENERGY realizada no capítulo anterior, constatou-se que as principais *commodities* industriais que compõem a pauta de exportação brasileira são as seguintes: petróleo e gás natural – C14 (8,31% de participação), outros veículos e peças – C26 (7,97%), óleo vegetal em bruto – C53 e minério de ferro – C12 (4,35%). Com relação às *commodities* agrícolas, elegeu-se a soja em grão – C5 (4,52%) devido maior participação na pauta exportadora.

deslocamento do valor exportado. Para as *commodities* agrícolas, a magnitude dos choques da quantidade e preço foram, respectivamente, 20 e 3%.

4.2 – Estratégias de simulação

A partir dos choques especificados para a simulação do modelo EFES-ENERGY, um conjunto simultâneo de decisões de oferta, demanda, consumo e investimento são afetados, tanto em termos setoriais quanto macroeconômicos. A virtude do modelo EGC é tratar todas estas alterações de forma simultânea e integrada.

Traçar o caminho completo dos resultados obtidos de uma simulação no modelo EFES-ENERGY é um exercício complexo e pouco elucidativo. A incapacidade de se entender adequadamente a complexa causalidade em um modelo EGC tende a caracterizar estes modelos como “obscuros”, onde o próprio analista desconhece os mecanismos que determinam seus resultados²⁵. A análise apresentada nesta seção procura trazer formas para um melhor entendimento dos resultados obtidos com o modelo, sem se prender em detalhes específicos.

O exercício de simulação implementado no modelo consiste em deslocar a curva de demanda por exportação, o que representa um aumento dos fluxos de comércio em direção ao setor externo para a análise dos impactos no setor de energia. No que diz respeito ao método de simulação, foi escolhido o método de *Gragg 2-4-6*, visto que é o mais indicado, uma vez que promove uma solução que aproxima os resultados simulados da realidade, possibilitando aproximações por segmentações lineares sucessivas, ou seja, o choque exógeno é dividido em p partes iguais.

Para as simulações, utilizaram-se as seguintes variáveis de choque: o termo de deslocamento do preço da demanda de exportação [$f4p(c,s)$] e o termo de deslocamento da quantidade demandada de exportação [$f4q(c,s)$].

O deslocamento da curva de demanda por exportação pode ser entendido como um aumento da “preferência” por ofertar os bens fora do país em vez de ofertá-los internamente. Além disso, a realocação das vendas pode estar sendo limitada por restrições de oferta, ou seja, pela capacidade de produção e/ou pela elevação dos custos de produção.

²⁵ Há mais de 100.000 equações e variáveis no modelo EFES-ENERGY além de um conjunto extenso de parâmetros e coeficientes. Os choques especificados afetam diferentemente 43 setores da economia brasileira, para dois ambientes econômicos distintos (curto e longo prazo).

Com relação ao mecanismo de ajuste da simulação mostrado na Figura 6, as conseqüências imediatas dos choques implementados no modelo podem ser descritas da seguinte forma:

- i) Mudança na quantidade demanda de exportação – $f4q(c,s)$: repercute no preço dos bens tradicionais exportados (E_{pex}) e na equação de demanda de exportação de “bens tradicionais” (E_{x4_A}). Além disso, ocorre o reajuste nos demais componentes do lado da demanda e do lado da oferta a fim de manter o equilíbrio de mercado. O equilíbrio é representado pela equação 7 que mostra a igualdade entre a demanda e a oferta de bens não margem ($NONMAR$):

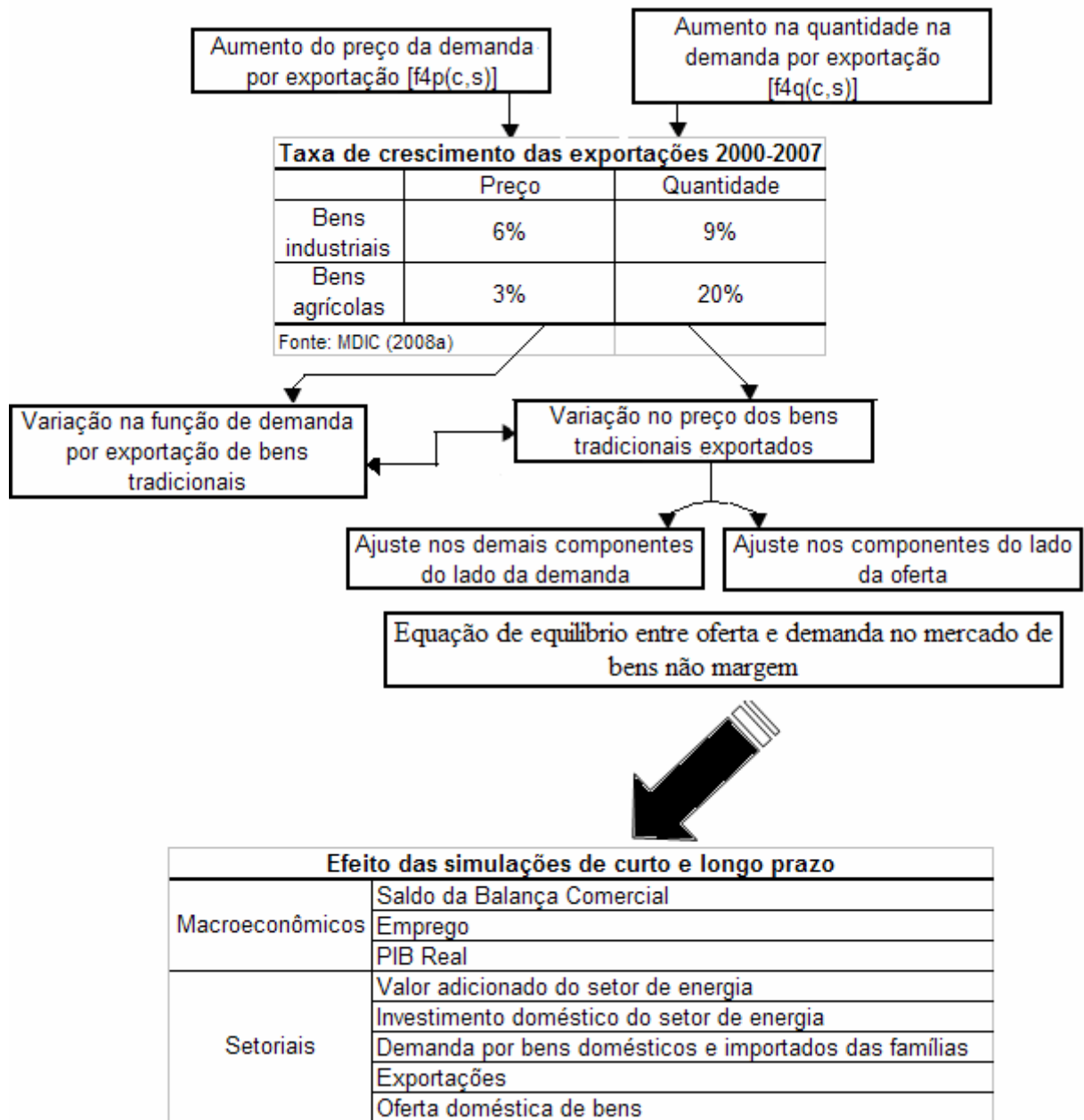
$$\begin{aligned}
 [SALES(n) + TINY] * X0dom(n) = & Sum(i, IND, V1BAS(n, i, "dom") * x1(n, i, "dom") + \\
 & V2BAS(n, i, "dom") * x2(n, i, "dom") + V3BAS(n, "dom") \\
 & * x3(n, "dom") + V4BAS(n, "dom") * x4(n, "dom") \\
 & + V5BAS(n, "dom") * x5(n, "dom")
 \end{aligned} \quad (7)$$

- ii) Mudança no preço da demanda de exportação – $f4p(c,s)$: varia unicamente a equação de demanda de exportação de “bens tradicionais” (E_{x4_A}).

A variação no volume de exportações tem impacto direto sobre o equilíbrio entre a oferta e demanda no mercado de bens não margens, portanto, ajustes no consumo intermediário, investimento e consumo das famílias, ocorrerão de forma diferenciada para o curto e longo prazo a fim de re-equilibrar a igualdade entre a oferta e a demanda.

Após esses mecanismos de ajustes do modelo EFES-ENERGY, os resultados obtidos das simulações serão analisados, na próxima seção, por meio dos impactos causados nas variáveis macroeconômicas de emprego ($employi$), saldo da balança comercial ($delB$), PIB pela ótica dos gastos ($x0gdpxp$) e segue para a análise em nível setorial. Os resultados setoriais são reportados com relação ao valor adicionado do setor de energia – $x1tot(i3)$, investimento do setor de energia – $x2(c, i3, dom)$, demanda das família – $x3(c, s)$, demanda por exportações – $x4(c, dom)$ e oferta de bens domésticos – $x0dom(c)$. Os resultados, tanto das variáveis macroeconômicas quanto das setoriais, se referem temporalmente ao curto e longo prazo.

Figura 6 - Mecanismo de ajuste para as simulações do modelo EFES-ENERGY



Fonte: elaboração própria com base no modelo EFES-ENERGY

4.3 – Análise dos resultados

4.3.1 – Resultados macroeconômicos

A primeira etapa da análise de resultados é realizada sobre algumas variáveis macroeconômicas escolhidas. Tal análise objetiva fornecer uma visão dos impactos do deslocamento da curva de demanda por exportação com relação ao preço e à quantidade para a economia brasileira como um todo. É importante lembrar que o deslocamento da demanda por exportações tem conseqüências sobre a alocação da produção na economia (*i.e.* consumo

intermediário e absorção interna) e sobre o produto final da economia. A Tabela 15 apresenta os resultados, possibilitando uma análise abrangente dos principais impactos das simulações.

O deslocamento da curva de demanda por exportação pode ser entendido como um aumento da “preferência” por ofertar os bens fora do país ao invés de ofertá-los internamente. Contudo, cabe ressaltar que essa realocação das vendas pode estar sendo limitada por restrições de oferta, ou seja, pela capacidade de produção, e pela elevação dos custos de produção (no fechamento de curto-prazo do modelo o investimento e o estoque de capital são fixos). Logo, pode ocorrer um ajuste sobre consumo, investimento (apenas no longo-prazo) e gastos do governo (absorção interna).

Tabela 15 - Variação nas exportações brasileiras: efeitos de curto e longo prazo em variáveis macroeconômicas selecionadas

Exportação	Variáveis exógenas	Curto Prazo			Longo Prazo	
		Saldo da BC	Emprego	PIB Real	Emprego	PIB Real
Petróleo e gás natural (C14)	Quant	0,0004	0,1154	0,0316	0,5504	0,2200
	Preço	0,0024	0,5972	0,1704		
Outros veículos e peças (C26)	Quant	0,0008	0,0937	0,0458	0,8922	0,3766
	Preço	0,0006	0,0720	0,0354		
Óleo vegetal em bruto (C53)	Quant	0,0006	0,0159	0,0064	0,4506	0,2290
	Preço	0,0003	0,0096	0,0037		
Minério de ferro (C12)	Quant	0,0005	0,0407	0,0190	0,6281	0,2681
	Preço	0,0003	0,0248	0,0116		
Soja em grão (C5)	Quant	0,0010	0,0724	0,0252	0,7989	0,3418
	Preço	0,0002	0,0165	0,0057		

Fonte: resultados das simulações

A variação percentual no preço e na quantidade exportada das principais *commodities* da pauta de exportação brasileira impactou positivamente o saldo da balança comercial como proporção do PIB para o fechamento de curto prazo. Para o fechamento de longo prazo, estava variável passa a ser exógena ao modelo.

O resultado para a simulação de curto prazo está de acordo com o comportamento esperado da economia brasileira, pois, embora as importações tenham crescido em ritmo próximo ao das exportações (24% ao ano, entre 2003 e 2006), o superávit da balança comercial expandiu-se de US\$ 25 bilhões em 2003 para US\$ 46 bilhões em 2006. As receitas de exportação e o saldo da balança comercial cresceram, não obstante a valorização do real e seu impacto negativo sobre a rentabilidade das exportações. O crescimento das exportações

deu-se devido ao crescimento da demanda internacional por produtos que constam da pauta de exportações do Brasil, sustentando a alta nos preços dos bens exportáveis (MDIC, 2008a).

O nível de emprego agregado variou positivamente em resposta aos choques implementados. Portanto, o processo de liberalização comercial afeta o emprego agregado da economia estando de acordo com a teoria do comércio internacional fundamental para se entender os efeitos da abertura comercial sobre o comportamento do mercado de trabalho: o Teorema de Heckscher-Ohlin. Este teorema afirma que, dadas a tecnologia e as preferências, cada país exporta o bem mais intensivo em seu fator abundante. Assim, países com elevadas dotações no fator trabalho devem se especializar na produção de bens intensivos em mão-de-obra. Com base nesse arcabouço teórico, Corseuil e Servo (2007) argumentam que a liberalização comercial de países em desenvolvimento deve elevar o emprego nos setores intensivos em mão-de-obra.

Finalmente, quando ocorre o deslocamento da curva de demanda por exportação há um crescimento do PIB real para todas as simulações. Este resultado está em conformidade com a hipótese de crescimento liderado pelas exportações (*export-led growth*) onde postula a existência de conectividade entre as exportações e o crescimento econômico.

Na subseção seguinte, os efeitos das mudanças na exportação são analisadas especificamente para o setor de energia e para as *commodities* energéticas.

4.3.2 – Impactos setoriais

Nos exercícios de simulações optou-se por utilizar as *commodities* de petróleo e gás natural (C14), outros veículos e peças (C26), óleo vegetal em bruto (C53) e minério de ferro (C12) para representar a totalidade das exportações industriais por terem, conjuntamente, participação de 25% na pauta de exportação brasileira em 2002 (Tabela 13). Com relação às exportações dos bens agrícolas, selecionou-se a *commodity* soja em grão (C5) por ocupar o quinto lugar em grau de importância dentre os bens exportados, com participação de 4,52%. Para as simulações implementadas nessa seção, a análise se deterá no comportamento conjunto desses insumos a fim de captar os efeitos do deslocamento da curva de demanda por exportação via variação no preço e na quantidade dos bens agrícolas e industriais sobre o setor de energia.

O efeito do aumento das vendas externas dos principais bens industriais e agrícolas da pauta de exportação brasileira sobre o valor adicionado (*xItot*) ou PIB do setor de energia (I3) pelas três fontes tratadas nesta dissertação (*e.g.* petróleo e gás, biomassa e energia elétrica) pode ser observado por meio da Tabela 16. Os resultados das simulações mostram que: a)

quando há um aumento das exportações (tanto na quantidade como nos preços) do bem *C14* – petróleo e gás há uma variação positiva no PIB do setor de energia dado que a participação desse bem no setor é de 74,80% (vide Tabela 9), contudo, a variação setorial média da economia foi negativa. Isto se dá devido ao fato de que a diminuição da oferta interna dessa *commodity* e o conseqüente aumento de preço embutido nesse processo, afete negativamente a economia como um todo; b) para os bens industriais (*C26*, *C53* e *C12*), a queda no PIB do setor de energia é explicado, em parte, pelas restrições impostas no curto-prazo, ou seja, restrições de oferta (*i.e.* de capacidade produtiva).

No longo prazo, de acordo com as informações explicitadas na seção 3.5.2 do capítulo anterior, o fato desses insumos serem demandados por setores intensivos em energia faz com que o aumento do preço decorrente da diminuição da oferta interna, afete negativamente o PIB do setor de energia; e para o bem agrícola (*C5*) há uma variação positiva no PIB do setor de energia para o curto prazo e negativa no longo prazo. Devido ao fato desse insumo ser também demandado por setores intensivos em energia, o aumento de preço decorrente da diminuição da oferta interna interfere negativamente no desempenho do setor de energia.

Tabela 16 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de curto e longo prazo sobre o valor adicionado do setor de energia – x1tot(i3)

Exportação	Variáveis exógenas	Curto Prazo	Longo Prazo
		Setor de energia (I3)	Setor de energia (I3)
Petróleo e gás natural (C14)	Quant	0,3614	0,0222
	Preço	2,0703	
Outros veículos e peças (C26)	Quant	-0,3481	-0,9104
	Preço	-0,2688	
Óleo vegetal em bruto (C53)	Quant	-0,0501	-0,4532
	Preço	-0,0273	
Soja em grão (C5)	Quant	0,0042	-0,5373
	Preço	0,0011	
Minério de ferro (C12)	Quant	-0,0262	-0,4572
	Preço	-0,0162	

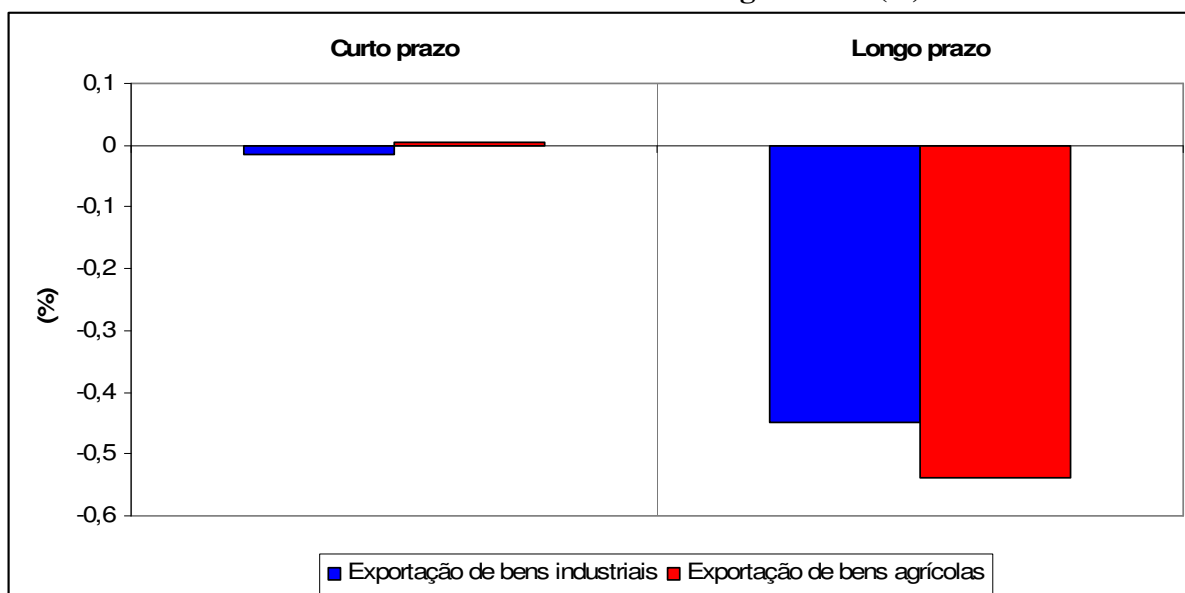
Fonte: resultados das simulações

De forma a sintetizar as informações anteriormente apresentadas, o Gráficos 11 mostra os impactos de curto e longo prazo que as variações nas quantidades dos principais bens agrícolas e industriais da pauta de exportação brasileira exercem sobre o PIB do setor de energia. Para a confecção do gráfico optou-se por utilizar a média ponderada dos resultados das *commodities* de petróleo e gás natural (C14), outros veículos e peças (C26), óleo vegetal em bruto (C53) e minério de ferro (C12) para representar a totalidade das exportações industriais. Com relação às exportações dos bens agrícolas, utilizou-se os resultados das simulações da *commodity* soja em grão (C5).

A princípio, o sinal negativo de alguns resultados do modelo EFES-ENERGY aparenta ser contra-intuitivo. No entanto, ao analisar esses resultados é preciso considerar que a variação no volume de exportações tem impacto direto sobre o equilíbrio entre oferta e demanda no mercado de bens não margens, portanto, ajustes no consumo intermediário, investimento e consumo das famílias, ocorrerão de forma a re-equilibrar a igualdade entre a oferta e a demanda mediante variações nas exportações. A observação da Equação 7 e da Tabela 17 mostram este tipo de adequação. Verifica-se que para os bens industriais (C26, C53) e agrícolas (C5), na simulação de variação na quantidade e preço exportado há impactos positivos para o investimento do setor de energia em relação ao uso dos três tipos de energia no curto prazo. Já as simulações com bens da indústria extrativa mineral (C14 e C12) resultam em variações negativas para o investimento em relação aos três tipos de energia. È

importante lembrar que tal ajuste é, devido em parte, à necessidade de equilíbrio entre oferta e demanda de bens não margens.

Gráfico 11 - Variação no *quantum* exportado: impacto de curto e longo prazo sobre o valor adicionado do setor de energia - $x1tot(i3)$



Nota: utilizou-se a média ponderada dos resultados das simulações dos principais bens agrícolas e industriais exportados.

Fonte: resultados das simulações

Tabela 17 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de curto prazo sobre a demanda por investimento doméstico do setor de energia – $x2(c,i3,dom)$

Exportação	Variáveis exógenas	Petróleo e gás natural (C14)	Álcool de cana e cereais (C31)	Energia Elétrica (C58)
Petróleo e gás natural (C14)	Quant	-3,4266	-3,6470	-3,0823
	Preço	-17,8475	-16,3620	-16,4166
Outros veículos e peças (C26)	Quant	1,1806	0,8430	1,3521
	Preço	0,9208	0,6744	1,0527
Óleo vegetal em bruto (C53)	Quant	1,2039	1,3411	1,2285
	Preço	0,6673	0,7352	0,6804
Soja em grão (C5)	Quant	0,4646	1,6129	0,4701
	Preço	0,0947	0,3553	0,0958
Minério de ferro (C12)	Quant	-0,2186	-0,1271	-0,1897
	Preço	-0,1367	-0,0793	-0,1189

Fonte: resultados das simulações

No longo prazo, o aumento na quantidade exportada dos principais itens da pauta de exportação brasileira sobre a demanda por investimento doméstico do setor de energia pode ser observado por meio da Tabela 18. Com base na equação 7, o aumento do saldo da balança

comercial faz com que o somatório das variáveis que representam a absorção interna da economia varie positivamente. Para que o equilíbrio a longo prazo seja restabelecido pelo lado da oferta, o capital é orientado em direção aos setores mais atrativos, elevando o salário real e nível de emprego da economia. Com base nesse mecanismo de ajuste, observa-se que houve impactos positivos para o investimento do setor de energia em relação ao uso dos três tipos de energia.

Tabela 18 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de longo prazo sobre a demanda por investimento doméstico do setor de energia – x2(c,i3,dom)

Quantidade Exportada	Petróleo e gás natural (C14)	Álcool de cana e cereais (C31)	Energia Elétrica (C58)
Petróleo e gás natural (C14)	2,1390	2,2529	2,7593
Outros veículos e peças (C26)	11,0218	10,3178	11,7144
Óleo vegetal em bruto (C53)	5,4588	7,0880	5,8608
Soja em grão (C5)	10,8837	16,3753	11,4204
Minério de ferro (C12)	7,2729	7,4339	7,6606

Fonte: resultados das simulações

Os dados apresentados na Tabela 19 permitem avaliar o comportamento da demanda das famílias por bens domésticos com relação aos três tipos de *commodities* energética, mostrando o seguinte: a) Petróleo e gás – apresentam variação negativa para tal *commodity*; b) Biomassa – quando varia a exportação de soja em grão e minério de ferro encontra-se resultado positivo. O aumento do preço interno decorrente do aumento na exportação desses bens estimula o aumento da demanda das famílias pelo álcool de cana e cereais, havendo um efeito substituição em relação ao similar importado (Tabela 21); c) Energia elétrica – a variação positiva ocorre somente na simulação de variação das exportações de outros veículos e peças. Portanto, observa-se que o setor automotivo, produtor desse bem, é intensivo em energia elétrica.

Tabela 19 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de curto prazo sobre a demanda por bens domésticos das famílias x3(c,dom)

Exportação	Variáveis exógenas	Petróleo e gás natural (C14)	Álcool de cana e cereais (C31)	Energia Elétrica (C58)
Petróleo e gás natural (C14)	Quant	-0,0829	-0,0046	0,0005
	Preço	-0,3699	0,2823	-0,0033
Outros veículos e peças (C26)	Quant	-0,0694	-0,0559	0,0054
	Preço	-0,0533	-0,0416	0,0062
Óleo vegetal em bruto (C53)	Quant	-0,0292	-0,0194	-0,0045
	Preço	-0,0164	-0,0119	-0,0027
Soja em grão (C5)	Quant	-0,0216	0,0688	-0,0005
	Preço	-0,0050	0,0156	-0,0002
Minério de ferro (C12)	Quant	-0,0087	0,0073	-0,0012
	Preço	-0,0053	0,0046	-0,0007

Fonte: resultados das simulações

No longo prazo, quando o capital e o emprego passam a mover-se intersetorialmente, observa-se na Tabela 20 que a restrição de oferta interna decorrente do aumento da quantidade exportada é superada, fazendo com que haja aumento da demanda doméstica das famílias pelas *commodities* domésticas. Observa-se, portanto, uma relação positiva entre o aumento da quantidade exportada de bens agrícolas e industriais sobre a demanda por bens energéticos produzidos internamente.

Tabela 20 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de longo prazo sobre a demanda por bens domésticos das famílias x3(c,dom)

Quantidade Exportada	Petróleo e gás natural (C14)	Álcool de cana e cereais (C31)	Energia Elétrica (C58)
Petróleo e gás natural (C14)	0,0813	0,3605	0,2398
Outros veículos e peças (C26)	0,2273	0,5252	0,4180
Óleo vegetal em bruto (C53)	0,3129	0,7244	0,3720
Soja em grão (C5)	0,3872	1,1702	0,4502
Minério de ferro (C12)	0,1899	0,4303	0,3090

Fonte: resultados das simulações

No que tange aos resultados de curto prazo da demanda das famílias por bens importados as magnitudes podem ser examinadas na Tabela 21. Com relação à *commodity*

energética petróleo e gás natural, observa-se que devido ao aumento nas exportações dos principais produtos agrícolas e industriais houve aumento da importação desse bem para todas as simulações, com exceção apenas da soja em grão. Com base na Tabela 19 que se refere a demanda das famílias por bens domésticos, conclui-se que houve um efeito substituição para todas as simulações, exceto para a soja em grão. A importação do álcool de cana diminuiu para a maior parte das simulações em decorrência do aumento da demanda pelo similar doméstico por parte das famílias. Com relação ao insumo energia elétrica, com exceção da simulação de aumento de preço da exportação de petróleo e gás, não houve substituição entre produto nacional e importado por parte das famílias. Isto se dá devido especificidades do setor, por apresentar características de indústria de rede. Finalmente, vale notar que o comportamento médio da demanda externa das famílias, para todos os bens produzidos na economia, foi de aumento frente às simulações implementadas.

Tabela 21 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de curto prazo sobre as importações das famílias x3(c,imp)

Exportação	Variáveis exógenas	Petróleo e gás natural (C14)	Álcool de cana e cereais (C31)	Energia Elétrica (C58)
Petróleo e gás natural (C14)	Quant	1,2341	2,2936	0,0022
	Preço	6,0662	-0,7563	0,0066
Outros veículos e peças (C26)	Quant	0,6395	1,9810	0,0047
	Preço	0,4927	1,4752	0,0056
Óleo vegetal em bruto (C53)	Quant	0,0729	-0,4088	-0,0052
	Preço	0,0385	-0,2013	-0,0031
Soja em grão (C5)	Quant	-0,0127	-4,0527	-0,0015
	Preço	-0,0035	-0,9429	-0,0004
Minério de ferro (C12)	Quant	0,1064	-0,2066	-0,0010
	Preço	0,0656	-0,1309	-0,0006

Fonte: resultados das simulações

De acordo com a simulação de longo prazo sobre a importação das famílias apresentada na Tabela 22, observa-se que o consumo dos bens energéticos aumentou com exceção apenas do insumo álcool de cana e cereais. Com base na Tabela 20 que se refere a demanda das famílias por bens domésticos, observa-se que houve a substituição a favor do similar nacional da *commodity* energética álcool de cana e cereais para as simulações de aumento das exportações dos bens C53 e C5.

Tabela 22 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de longo prazo sobre as importações das famílias x3(c,imp)

Quantidade Exportada	Petróleo e gás natural (C14)	Álcool de cana e cereais (C31)	Energia Elétrica (C58)
Petróleo e gás natural (C14)	2,4210	2,4998	0,2384
Outros veículos e peças (C26)	2,7894	5,6679	0,4133
Óleo vegetal em bruto (C53)	1,8314	-3,2609	0,3699
Soja em grão (C5)	2,2712	-17,2120	0,4482
Minério de ferro (C12)	1,6515	1,4700	0,3046

Fonte: resultados das simulações

A fim de ter uma análise completa dos componentes da demanda faz-se necessário verificar o comportamento de curto prazo das exportações (ver Tabela 23). Um aumento das exportações dos produtos industriais (C26 e C53) e produtos agropecuários (C5) seja pelo lado do preço ou quantidade tem impacto positivo sobre o insumo energia elétrica e impacto negativo nas demais simulações. Para a biomassa a variação positiva ocorre para as variações nas exportações dos bens C53, C5 e C12. Com relação ao petróleo e gás natural, observa-se que apenas o aumento da exportação desse bem impacta positivamente sua demanda por exportação, o que já era esperado.

Tabela 23 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de curto prazo sobre a demanda por exportações x4(c,dom)

Exportação	Variáveis exógenas	Petróleo e gás natural (C14)	Álcool de cana e cereais (C31)	Energia Elétrica (C58)
Petróleo e gás natural (C14)	Quant	4,7960	-0,2118	-0,1608
	Preço	25,9661	0,0560	-0,9245
Outros veículos e peças (C26)	Quant	-1,9125	-0,1881	0,0636
	Preço	-1,4780	-0,1404	0,0610
Óleo vegetal em bruto (C53)	Quant	-0,2761	0,0364	0,0678
	Preço	-0,1483	0,0177	0,0380
Soja em grão (C5)	Quant	-0,0510	0,3932	0,0967
	Preço	-0,0101	0,0899	0,0222
Minério de ferro (C12)	Quant	-0,3257	0,0200	-0,0152
	Preço	-0,2009	0,0127	-0,0094

Fonte: resultados das simulações

Na Tabela 24 é possível visualizar o impacto de longo prazo do aumento na exportação dos principais bens industriais e agrícolas sobre a exportação do setor de energia. Observa-se que, na média, o setor de petróleo e gás e o setor de biomassa representados, respectivamente, pelos bens *C14* e *C31* diminuiriam suas participações no mercado externo. Apenas o setor de energia elétrica aumentaria as exportações devido à parcela desse insumo embutido no processo produtivo dos bens industrializados.

Tabela 24 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de longo prazo sobre a demanda por exportações x4(c,dom)

Quantidade Exportada	Petróleo e gás natural (<i>C14</i>)	Álcool de cana e cereais (<i>C31</i>)	Energia Elétrica (<i>C58</i>)
Petróleo e gás natural (<i>C14</i>)	1,8893	-0,1968	0,1302
Outros veículos e peças (<i>C26</i>)	-6,7917	-0,4766	0,4491
Óleo vegetal em bruto (<i>C53</i>)	-4,1826	0,3471	0,1980
Soja em grão (<i>C5</i>)	-5,2743	1,4874	0,1791
Minério de ferro (<i>C12</i>)	-3,9838	-0,0963	0,4137

Fonte: resultados das simulações

É importante reiterar que as variações nos componentes da demanda (por consumo das famílias, investimento e exportações) são provenientes de ajustes da equação de equilíbrio para bens não margens. Além dessa análise com relação às variações nos componentes da demanda, é importante também discutir os resultados pelo lado da oferta que podem ser visualizados na Tabela 25. A princípio, o aumento da oferta interna de petróleo tendo em vista o aumento do preço e quantidade exportado desse bem, parece ser contraintuitivo. No entanto, com base na equação 7, o aumento do saldo da balança comercial faz com que o somatório das variáveis que representam a absorção interna da economia varie positivamente. Para que o equilíbrio a longo prazo seja restabelecido pelo lado da oferta, o capital é orientado em direção aos setores mais atrativos, elevando o salário real e nível de emprego da economia. Portanto, tendo em vista o aumento do emprego no setor é necessário que a oferta doméstica do petróleo e gás varie positivamente para restabelecer o equilíbrio. Além disso, o impacto sobre a oferta doméstica de álcool de cana e cereais foi positivo apenas frente ao aumento exportado de óleo vegetal em bruto. Finalmente, a respeito da oferta interna de energia

elétrica, apresentou-se negativo mediante aumento das vendas externas de petróleo e gás e soja em grão.

Tabela 25 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de curto prazo sobre a oferta de bens domésticos x0dom(c)

Exportação	Variáveis exógenas	Petróleo e gás natural (C14)	Álcool de cana e cereais (C31)	Energia Elétrica (C58)
Petróleo e gás natural (C14)	Quant	0,2676	-0,1330	-0,0207
	Preço	1,5217	-0,7109	-0,1174
Outros veículos e peças (C26)	Quant	-0,2985	-0,0808	0,0138
	Preço	-0,2307	-0,0628	0,0120
Óleo vegetal em bruto (C53)	Quant	-0,0399	0,0023	0,0019
	Preço	-0,0216	0,0014	0,0007
Soja em grão (C5)	Quant	-0,0059	-0,0185	-0,0014
	Preço	-0,0012	-0,0042	-0,0004
Minério de ferro (C12)	Quant	-0,0228	-0,0047	0,0260
	Preço	-0,0140	-0,0028	0,0160

Fonte: resultados das simulações

No longo prazo, a oferta interna de petróleo e gás e álcool de cana e cereais diminuem frente ao aumento exportado dos principais produtos agrícolas e industriais da pauta brasileira. Com relação à oferta interna de energia elétrica, devido à grande participação desse setor na produção dos bens industriais, observa-se variação positiva (Tabela 26).

Tabela 26 - Variação nas exportações brasileiras: impacto de longo prazo sobre a oferta de bens domésticos x0dom(c)

Quantidade Exportada	Petróleo e gás natural (C14)	Álcool de cana e cereais (C31)	Energia Elétrica (C58)
Petróleo e gás natural (C14)	-0,0281	-0,1593	0,1436
Outros veículos e peças (C26)	-0,7680	-0,0488	0,2997
Óleo vegetal em bruto (C53)	-0,4253	-0,1095	0,2649
Soja em grão (C5)	-0,5328	-0,1734	0,3044
Minério de ferro (C12)	-0,3894	-0,0105	0,2400

Fonte: resultados das simulações

De forma a sintetizar as informações anteriormente apresentadas, os Gráficos 12 e 13 mostram os impactos de curto e longo prazo que as variações nas quantidades dos principais

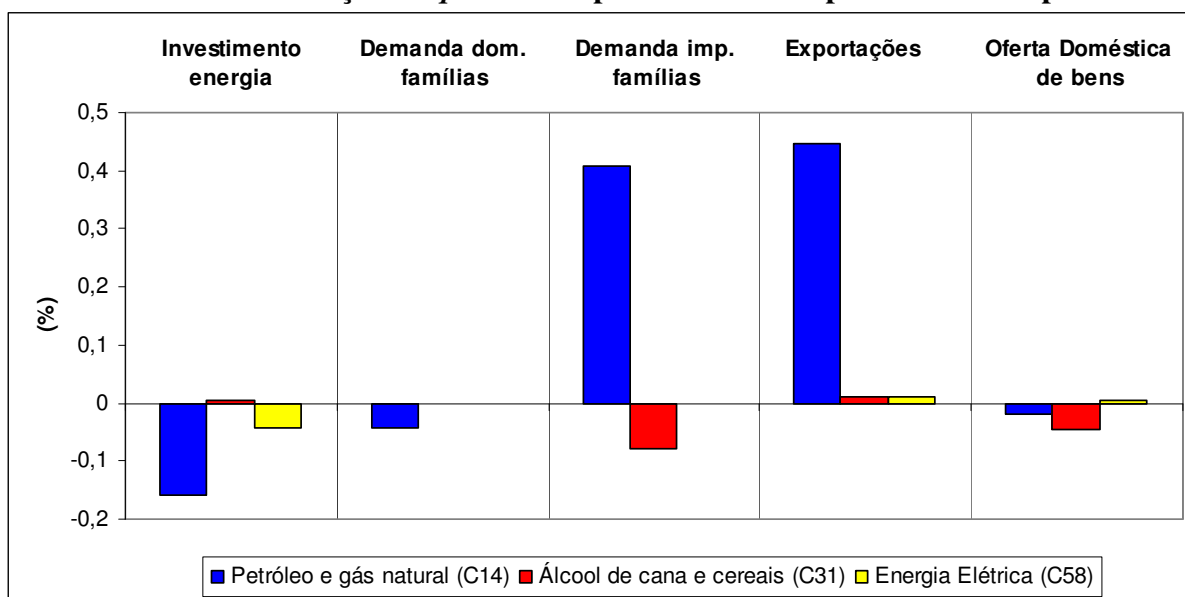
bens agrícolas e industriais da pauta de exportação brasileira exercem sobre as variáveis setoriais e componentes da absorção interna. Para a confecção dos gráficos optou-se por utilizar a mesma metodologia adotada para a construção do Gráfico 11.

O impacto do aumento de quantidade das exportações totais sobre o setor de energia difere em termos do subsetor, representado por três grupos de *commodities* energéticas (petróleo e gás natural, álcool e energia elétrica), e do período de tempo (curto e longo prazos).

No Gráfico 12, o investimento sofre impactos negativos, principalmente em petróleo e gás natural. A única *commodity* energética que possui impacto positivo no investimento é a de álcool e cereais. Por outro lado, no longo prazo (Gráfico 13), todos os impactos são positivos, variando de 7,35% a 8,69%. No que tange à demanda doméstica das famílias, há pequeno impacto negativo sobre a *commodity* de petróleo, enquanto que as outras duas praticamente não sofrem variação (Gráfico 12). No longo prazo, as três *commodities* apresentam variação positiva, ainda que sejam de pequena magnitude. O investimento do setor de energia e a demanda doméstica das famílias apresentam comportamento semelhante devido ao fato de haver uma relação em proporções fixas entre essas variáveis.

Em relação às importações das famílias, uma variação das exportações totais afeta positivamente o subsetor de petróleo e gás natural (0,4%), mas tem reflexos negativos sobre o subsetor de biomassa, além de não afetar o subsetor de energia elétrica (Gráfico 12). No longo prazo, as mesmas reações podem ser observadas, com diferenças apenas em termos de magnitudes, enfatizando uma pequena variação positiva do setor elétrico (Gráfico 13).

Gráfico 12 - Variação no *quantum* exportado total: impactos de curto prazo



Nota: utilizou-se a média ponderada dos resultados das simulações dos principais bens agrícolas e industriais exportados.

Investimento do setor de energia – $x2(c,i3,dom)$

Demanda doméstica das famílias – $x3(c,dom)$

Demanda das famílias por bens importados – $x3(c,imp)$

Demanda por exportações – $x4(c,dom)$

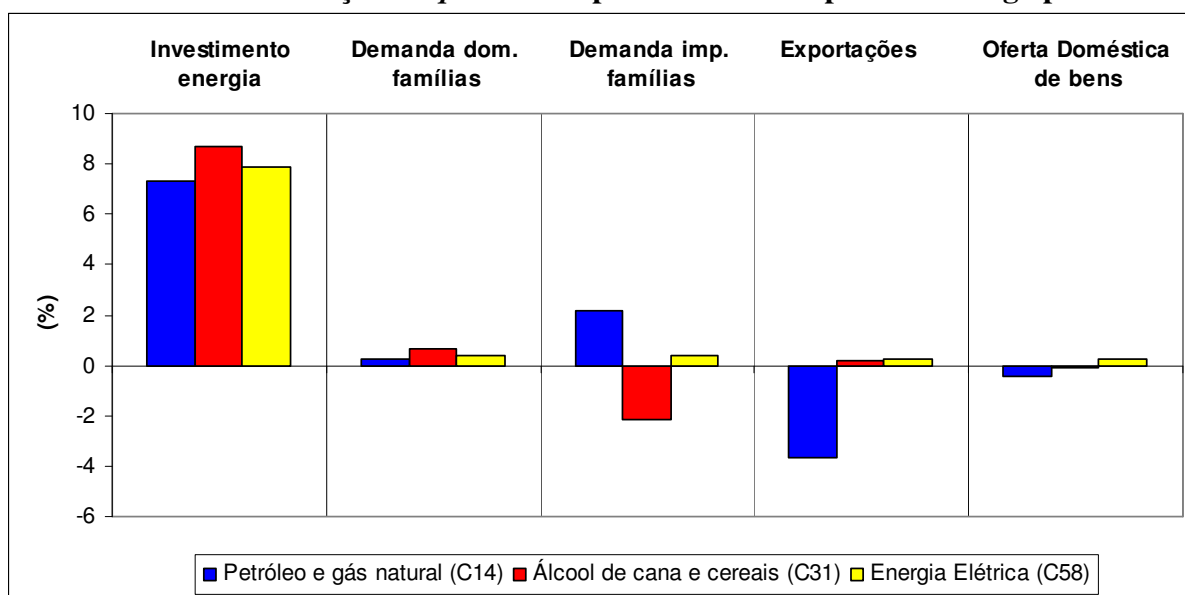
Oferta de bens domésticos – $x0dom(c)$

Fonte: resultados das simulações

Variando as exportações totais, o setor de energia apresenta os mesmos impactos sobre exportações de *commodities* energéticas tanto no curto quanto no longo prazo, exceto para o subsetor de petróleo e gás natural. Nesse, as reações são diametralmente opostas, sendo positivas no curto prazo e negativas no longo prazo.

A oferta interna de bens domésticos mantém impactos similares a partir da simulação implementada. A diferença reside no impacto sobre o subsetor de biomassa, mais intensamente negativo no curto prazo.

Gráfico 13 - Variação no *quantum* exportado total: impactos de longo prazo



Nota: utilizou-se a média ponderada dos resultados das simulações dos principais bens agrícolas e industriais exportados.

Investimento do setor de energia – $x_2(c,i_3,dom)$

Demanda doméstica das famílias – $x_3(c,dom)$

Demanda das famílias por bens importados – $x_3(c,imp)$

Demanda por exportações – $x_4(c,dom)$

Oferta de bens domésticos – $x_0dom(c)$

Fonte: resultados das simulações

Com base nos choques implementados neste capítulo, conclui-se que há uma forte relação e interdependência entre o setor exportador e o setor de energia, além de haver impactos nas variáveis macroeconômicas decorrentes desta relação. Uma melhora quantitativa e qualitativa das exportações brasileiras depende de progressos na competitividade sistêmica do país, como as questões de infra-estrutura, logística, burocracia e tributação. Também de ajustes nas políticas macroeconômicas, especialmente câmbio e juros e, ainda, um maior nível de inovação das empresas. Isso é algo que pode ser fomentado com políticas públicas que integrem várias iniciativas em curso, assim como outras, a serem implementadas. O objetivo deve ser o de ampliar as exportações brasileiras, especialmente nas áreas mais dinâmicas do mercado mundial, como é o caso do setor de energia para maior geração de valor agregado doméstico.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal desse trabalho foi investigar a influência que as variações nas quantidades e nos preços dos principais produtos da pauta de exportação brasileira exercem sobre os setores de petróleo e gás natural, energia elétrica, biomassa e no setor de energia como um todo. Além disso, foi possível visualizar os impactos causados nas variáveis macroeconômicas de emprego, saldo da balança comercial e PIB. O comportamento do setor de energia, comparativamente aos demais setores da economia, com relação ao valor adicionado e ao investimento desse setor, à demanda das famílias, à demanda por exportações e à oferta de bens domésticos foi analisado a partir das simulações implementadas.

A discussão acerca do estado-da-arte no desenvolvimento do modelo EFES-ENERGY permitiu enfatizar os avanços metodológicos presentes em sua especificação. Dentre os principais avanços alcançados, cabe destacar a implementação de uma nova agregação setorial na base de dados original do modelo EFES (HADDAD e DOMINGUES, 2001), o qual passa a identificar 43 setores. Um destes representa o setor de energia – EIND (I3), oriundo da agregação dos setores de petróleo e gás natural, refino do petróleo e distribuição de energia elétrica. Além disso, o modelo define 77 commodities das quais 3 representam os bens energéticos (ECOM) da economia, a saber: as *commodities* advindas do setor de petróleo e gás natural representado pelos produtos de petróleo e gás (C14); do setor elétrico identificado pela distribuição de energia elétrica (C58); e do setor de biomassa representado pelos produtos advindos do álcool da cana e cereais (C31).

As aplicações do modelo EFES-ENERGY exploraram suas potencialidades analíticas para lidar com questões relacionadas aos efeitos do deslocamento da curva de preço e quantidade da demanda por exportação das principais *commodities* da pauta de exportação

brasileira sobre o setor de energia. As propriedades do modelo foram exploradas em um conjunto de simulações consistindo na análise dos efeitos surtidos nos seguintes setores da matriz energética brasileira: petróleo e gás natural, biomassa e elétrico. Para isso, foram considerados dois ambientes econômicos (fechamentos), refletindo o curto e o longo prazo. A idéia foi avaliar os ganhos potenciais de políticas de incentivos ao setor exportador associados a ganhos provocados no setor de energia e, conseqüentemente, estímulos à atividade econômica.

Os principais resultados impactaram positivamente o saldo da balança comercial como proporção do PIB, o nível de emprego agregado e o PIB real no curto e longo prazo. Esses resultados estão de acordo com o comportamento esperado da economia brasileira a qual tem apresentado superávits comerciais, aumentos do nível agregado e crescimento do PIB na ordem de 5,4% em 2007, maior taxa desde 2004 (IPEA, 2008g). Portanto, reafirma-se a importância e a influência do setor exportador para o bom desempenho dessas variáveis macroeconômicas.

Com relação ao efeito setorial de aumento no *quantum* comercializado dos principais bens da pauta de exportação brasileira sobre o valor adicionado ($x1_{tot}$), houve diminuição no PIB do setor de energia no curto prazo. Isto se dá devido ao fato de que variações no volume exportado têm impacto direto sobre o equilíbrio entre oferta e demanda no mercado de bens não margens, portanto, ajustes no consumo intermediário, investimento e consumo das famílias ocorrerão de forma a re-equilibrar a igualdade entre a oferta e demanda. Com relação ao aumento de preço dos bens exportados, houve impacto positivo no PIB do setor de energia influenciado principalmente pelo setor de petróleo e gás natural. Os resultados de longo prazo sobre o setor de energia mostraram-se negativos em face de um aumento no *quantum* exportado. O fato de os principais bens agrícolas e industriais exportados utilizarem insumos energéticos faz com que o aumento de preço destes, decorrente da diminuição de sua oferta interna, afete negativamente o PIB do setor de energia no longo prazo.

O impacto de curto prazo decorrente da variação nas exportações sobre a demanda por investimento doméstico do setor de energia ($x2$) comportou-se negativamente frente às simulações nos preços e nas quantidades. O aumento exportado de bens da indústria extrativa mineral (C14 e C12) foi o que mais contribuiu para esse resultado, devido em parte, à necessidade de equilíbrio entre oferta e demanda de bens não margens. No longo prazo, a variação positiva da balança comercial, decorrente da simulação implementada, impactou positivamente os investimentos do setor de energia, com destaque para o setor de biomassa.

A variação de preço e quantidade dos principais bens agrícolas e industriais pertencentes à pauta de exportação brasileira impactou negativamente a demanda das famílias (x3) por bens energo-intensivos produzidos internamente. E, por outro lado, houve aumento da importação desses bens configurando um processo de substituição do bem nacional a favor do bem importado. No longo prazo, quando o capital e o emprego passam a mover-se intersetorialmente, a restrição de oferta interna decorrente do aumento da quantidade exportada é superada, fazendo com que haja aumento do consumo doméstico e externo das famílias por bens intensivos em energia. Com base nessas informações, conclui-se que as exportações de *commodities* de baixo valor agregado e concentrado em poucos produtos não são capazes de manter crescimento econômico em níveis sustentáveis no curto prazo. No longo prazo, quando as exportações estão em alta – com superávit comercial – a demanda interna está em alta, aumentam as importações de bens de alto valor agregado (energo-intensivos) e parcelas dos produtos de exportação também se voltam para o mercado interno.

No curto prazo, houve aumento de exportações (x4) dos bens produzidos pelo setor de energia, decorrentes do deslocamento da curva de preço e quantidade da demanda por exportação das principais *commodities* da pauta de exportação brasileira. Nos últimos trinta anos, a demanda externa e os preços dos bens energo-intensivos tem aumentado devido à tendência de os países desenvolvidos aumentarem a eficiência produtiva por meio de índices de intensidade energética menores. Com isto, os países desenvolvidos passaram a importar esses produtos, ao invés de produzirem internamente. O Brasil passa a ser um importante exportador desta categoria de bens. No entanto, no longo prazo, o impacto nas exportações do setor de energia mostrou-se negativo devido aos ajustes entre os componentes da absorção interna para o restabelecimento da igualdade entre a oferta e a demanda de bens não margens.

Pelo lado da oferta, o deslocamento da curva de preço e quantidade da demanda por exportação das principais *commodities* da pauta de exportação brasileira impactou negativamente a oferta de bens domésticos (x0) a curto e longo prazo. Este resultado já era esperado a curto prazo, tendo em vista as restrições decorrentes da capacidade produtiva. Entretanto, no longo prazo esperava-se que a oferta de bens domésticos variasse positivamente tendo em vista a livre mobilidade do capital. Este cenário é reflexo da falta de investimentos em diversos segmentos da economia, em especial o setor de energia.

Este trabalho não objetiva esgotar a discussão sobre as interações do setor exportador e o de energia, mas sim contribuir para melhor entender o comportamento dos fluxos de comércio sobre os insumos energéticos. Logo, podem-se apontar algumas extensões para o mesmo:

- construção de um modelo inter-regional de EGC com detalhamento do setor externo, aumentando a discussão a respeito da utilização dessa metodologia em trabalhos para a economia brasileira;
- especificação da energia como um fator primário no processo produtivo que por sua vez, permitiria a substituição imperfeita entre o grupo de bens que correspondem às *commodities* energéticas;
- atualização do banco de dados com o intuito de fazer análises para períodos mais recentes;

Deve-se ressaltar que os resultados alcançados neste trabalho apresentam limitações estruturais inerentes a modelos EGC que merecem ser explicitadas novamente. Como discutido no capítulo 2 e 3, dada a estrutura da economia em questão, análises de impacto podem ser feitas em um arcabouço de estática comparativa. Mudanças estruturais devem ser entendidas apenas como re-alocação de recursos no espaço econômico. A “questão da trajetória temporal dinâmica”, que envolve temas tais como tecnologia, aprendizado, externalidades e economia política, faz parte do núcleo conceitual de mudanças estruturais, mas não é incorporada nos resultados do modelo EFES-ENERGY.

Com base nos resultados dessa dissertação, são apresentadas algumas sugestões de políticas públicas:

- 1) aumentar a taxa de investimento geral da economia brasileira, especialmente nos setores de energia para viabilizar o aumento da oferta interna de bens no longo prazo. Dentre estes, atenção deve ser dada à necessidade de ampliar a capacidade de produção de setores como o de biomassa por causa da tendência mundial de usar, em maior proporção, as fontes renováveis de energia.
- 2) medidas para aumentar o valor agregado de bens brasileiros exportados porque a exportação de bens energéticos primários gera resultados positivos na balança comercial apenas por causa do quantum exportado e por não causa do preço.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHÃO, C. Análise da estrutura de consumo de energia pelo setor residencial brasileiro. Rio de Janeiro: **UFRJ**, COPPE, 2003. (Tese de Doutorado).

ADAMS, F.; SHACHMUROVE, Y. Modeling and forecasting energy consumption in China: implications for chinese energy demand and imports in 2020. **Energy Economics**, v.30, n.3, p.1263-1278, 2008.

ADAMS, P.; DIXON, P.; PARMENTER, B. Forecasts for the Australian economy using the Monash model. **International Journal of Forecasting**, v. 10, p. 557-571, 1994.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA – AIE. Official Energy Statistics from the U.S. Government. **International Energy Annual 2005**. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/iea/overview.html/>> . Acesso em: 14 mai 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília, 2005a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Tarifas de fornecimento de energia elétrica. **Cadernos Temáticos**. Brasília, 2005b.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP. **Anuário estatístico 2006**. 2006. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/conheca/anuario_2006.asp>. Acesso em: 03 jun 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP. **Produção de biodiesel entre 2006 a 2008**. 2008. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 23 ago 2008.

ALCÁNTARA, V.; PADILLA, E. “Key” sectors in final energy consumption: an input-output application to the Spanish case. **Energy Policy**, v.31, n.15, p.1673-1678, 2003.

ALLAN, G.; HANLEY, N.; MCGREGOR, P.; SWALES, K.; TURNER, K. The impact of increased efficiency in the industrial use of energy: A computable general equilibrium analysis for the United Kingdom. **Energy Economics**, v.29, p.779–798, 2007.

ALVEAL, C. Rumos da crise energética brasileira: saída emergencial e encaminhamento de longo prazo. In: **Seminário de Pesquisa do IE/UFRJ**. Rio de Janeiro, 2001.

ANDRADE, T.; LOBÃO, W. Elasticidade-renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil. Rio de Janeiro: **Ipea**, 1997 (Texto para Discussão, 489).

ARMINGTON, P. S. A theory of demand for products distinguished by place of production. **International Monetary Fund Staff Papers**, v. 16, n. 1, p. 159-178, 1969.

BARKER, T.; EKINS, P.; FOXON, T. Macroeconomic effects of efficiency policies for energy-intensive industries: the case of the UK Climate Change Agreements, 2000–2010. **Energy Economics**, v.29, n.4, p.760–778, 2007.

BEECK, N. **Classification of energy models**. Tilburg University, v.777, 1999.

BICALHO, R.; ALMEIDA, E. Turbinas a Gás: Oportunidades e Desafios. **Revista Brasileira de Energia**, v.8, n.1, p.111-129, 2001.

BJERTNAES, G.; FAEHN, T. Energy taxation in a small, open economy: social efficiency gains versus industrial concerns. **Energy Economics**, 2007.

BÖHRINGER, C. The synthesis of bottom-up and top-down in energy policy modeling. **Energy Economics**, v.20, p.233-248, 1998.

BÖHRINGER, C.; RUTHERFORD, T. Combining bottom-up and top-down. **Energy Economics**, v.30, p.574–596, 2008.

BOR, Y. The impact of energy pricing policy on Taiwan's small open economy. **Asian Economic Journal**, v.10, n.1, 1996.

BRASIL. **Lei Nº 9.478, de 6 de agosto de 1997**. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Brasília, DF, v. 134, n. 248, 6 ago. de 1997. seção 1, p. 27834-27841.

BRESSER-PEREIRA, Luiz C. Crescimento e desindustrialização. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 10 mar. 2008. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi1003200806.htm>>. Acesso em: 7 dez. 2008.

CANELAS, A. **Evolução da importância econômica da indústria de petróleo e gás natural no Brasil: contribuição a variáveis macroeconômicas**. Rio de Janeiro: UFRJ, Faculdade de Engenharia, 2007. (Dissertação de Mestrado).

CARVALHO, M. Comércio agrícola e vulnerabilidade externa brasileira. **Agricultura em São Paulo**. São Paulo, v.49, n.2, p.55-69, 2002.

CARVALHO, M.; DA SILVA, C. Vulnerabilidade do comércio agrícola brasileiro. **Revista de Economia & Sociologia Rural – RER**. Rio de Janeiro, v.43, n.1, p.9-28, 2005.

CASTILHO, M. Algumas considerações sobre o uso de modelos computáveis de equilíbrio geral como instrumento de análise do setor externo brasileiro. Rio de Janeiro: FUNCEX, 1994 apud FOCHEZATTO, A. Modelos de Equilíbrio geral aplicados na análise de políticas fiscais: uma revisão da literatura. **Análise**. Porto Alegre, v.16, n.1, p.113-136, 2005.

CEPAL/IPEA. Modelo multissetorial CEPAL/IPEA para o Brasil. **Série Economia e Desenvolvimento**, n.2, Brasília: CEPAL, 1988.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA – CONFAZ. **Dados sobre ICMS**. Disponível em: <<http://www.fazenda.gov.br/confaz/>> Acesso em: 10 mai 2008.

CORSEUIL, C.; SERVO, L. **Criação, destruição e realocação de empregos no Brasil**. IPEA, 2007.

CRUZ, L. Energy-environment-economy interactions: an input-output approach applied to the portuguese case. En: **7th Biennial Conference of the International Society for Ecological Economics**. Tunisia, 2002.

CUNHA, M. **Inserção do setor sucroalcooleiro na matriz energética do Brasil: uma análise de insumo-produto**. Campinas: UNICAMP, 2005 (Dissertação de Mestrado).

D'AVILA, R. **Análise de Perdas em Instalações Elétricas Residenciais**. Programa Inter-unidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, 2007. (Dissertação de Mestrado).

DIXON, P.; PARMENTER, B. Computable general equilibrium modeling for policy analysis and forecasting. Em: (orgs) **Handbook of Computational Economics**. Elsevier, v.1, 1996.

DIXON, P.; PARMENTER, B.; POWELL, A.; WILCOXEN, P. Notes and problems in applied general equilibrium economics. **Advanced Textbooks in Economics**, 1992.

DOMINGUES, E. **Dimensão regional e setorial da integração brasileira na área de livre comércio das Américas**. São Paulo: USP, 2002 (Tese de Doutorado).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano decenal de expansão de energia elétrica 2007-2016**. Ministério de Minas e Energia, 2006.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano nacional de energia 2030**. Ministério de Minas e Energia, 2007.

FIGUEIREDO, A., TORRES, H. e BICHIR, R. A conjuntura social brasileira revisitada. **Novos Estudos Cebrap**, n.75, p.173-183, 2006.

FOCHEZATTO, A. **Estabilização, ajuste estrutural e equidade no Brasil: uma análise contrafactual com um modelo de EGA, 1994/1997**. Porto Alegre: PPGE/UFRGS, 1999. (Tese de doutorado)

FOCHEZATTO, A. Modelos de Equilíbrio geral aplicados na análise de políticas fiscais: uma revisão da literatura. **Análise**. Porto Alegre, v.16, n.1, p.113-136, 2005.

FOCHEZATTO, A. Testando um modelo de equilíbrio geral computável para a economia gaúcha: impactos da reestruturação tributária. **IPEA/PNUD**, 2003.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS – FIPE. Projeto de elaboração de cenários macroeconômicos. Elaborado por BLUMENSCHNEIN, F.; HADDAD, E.; ROCHA, F.; PONCZEK, V. **Relatório FIPE**, 1999. Mimeografado.

GALINDO, L. Short- and long-run demand for energy in Mexico: a cointegration approach. **Energy Policy**, v.33, n.9, p.1179-1185, 2005.

GAN, P.; ZHIDONG, L. An econometric study on long-term energy outlook and the implications of renewable energy utilization in Malaysia. **Energy Policy**, v.36, n.2, p.890-899, 2008.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente. **Estudos Avançados**, v.21, n.59, 2007.

GREENING, L.; BOYD, G.; ROOP, J. Modeling of industrial energy consumption: an introduction and context. **Energy Economics**, v.29, p.599–608, 2007.

GUILHOTO, J. **Um modelo computável de equilíbrio geral para planejamento e análise de políticas agrícolas (PAPA) na economia brasileira**. Tese (Livre Docência) ESALQ, 1995.

GUILHOTO, J.; FONSECA, M. The northeast and the rest of Brazil economies in a Mercosur context, 1992-2014: an econometric inter-regional input-output approach. **Studies in Regional Science**, v.29, n.1, p.171-185, 1998.

GUILHOTO, J.; SESSO FILHO, U. Estimação da Matriz Insumo-Produto à Partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais. **Revista de Economia Aplicada**, São Paulo, SP, v. 9, n. 2, 2005.

HADDAD, E (coord.). **B-MARIA-27: An Insterstate CGE Model for Brazil**. Research memo. FIPE, 2003.

HADDAD, E. **Regional inequality and structural changes: lessons from the Brazilian economy**. Ashgate: Aldershot, 1999.

HADDAD, E.; DOMINGUES, E. EFES: um modelo aplicado de equilíbrio geral para a economia brasileira: projeções setoriais para 1999-2004. **Estudos Econômicos**, v. 31(1), p. 89-125, 2001.

HADDAD, E.; DOMINGUES, E.; PEROBELLI, F. Regional effects of economic integration: the case of Brazil. **Journal of Policy Modeling**, v.24, p.453-482, 2002.

HADDAD, E.; HEWINGS, G. The Theoretical specification of B-MARIA. **Discussion Paper 97-T-5**, University of Illinois at Urbana-Champaign, Regional Economics Applications Laboratory, 1997.

HARRISON, W.; PEARSON, N. Computing solutions for large general equilibrium models using GEMPACK. Third edition. **Preliminary Working Paper**, 1994.

_____. **An introduction to GEMPACK. GEMPACK User Documentation GPD-1.** 1996.

HAWDON, D.; PEARSON, P. Input-output simulations of energy, environment, economy interactions in the UK. **Energy Economics**, v.17, n.1, p.73-86, 1995.

HILGEMBERG, E.; GUILHOTO, J. Uso de combustíveis e emissões de CO₂ no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto. **Nova Economia**, v.16 (1), p. 49-99, 2006.

HSU, G. Energy multipliers for economic analysis: an input-output approach. **Energy Economics**, v.11, n.1, p.33-38, 1989.

HUANG, B.; HWANG, M.; YANG, C. Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: a dynamic panel data approach. **Ecological Economics**, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Comissão nacional de classificação (CONCLA)**. 2008a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/concla/cl_corresp.php?sl=3>. Acesso em: 03 dez 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa industrial anual 2000-2005**. 2008b. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 18 out 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sistema de Contas Nacionais**. 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 10 dez 2007.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Contribuição do consumo final das famílias no crescimento do PIB**. 2008a. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>> Acesso em: 5 mar 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Exportação de gasolina, gás GLP, óleo combustível, óleo diesel e petróleo**. 2008b. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>> Acesso em: 29 mai 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Importação e produção de petróleo em metros cúbicos (mil)**. 2008c. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>> Acesso em: 2 jun 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Preço médio do gás natural em R\$**. 2008d. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>> Acesso em: 2 jun 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Preço médio do petróleo em US\$ - Brent FOB**. 2008e. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>> Acesso em: 2 jun 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Produção e consumo de gás natural em metros cúbicos (mil)**. 2008f. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>> Acesso em: 3 jun 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Taxa de variação da série estimada a partir do valor do PIB nominal de 2006**. 2008g. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>> Acesso em: 5 mar 2008.

JACOBSEN, H. Integrating the bottom-up and top-down approach to energy-economy modeling: the case of Denmark. **Energy Economics**, v.20, p.443-461, 1998.

JANNUZI, G. Uma avaliação das atividades recentes de P&D em energia renovável no Brasil e reflexões para o futuro. **Energy Discussion Paper**, n.264, 2003.

JEBARAJ, S.; INIYAN, S. A review of energy models. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.10, p.281–311, 2006.

JOHANSEN, L. **A multi-sectoral study of economic growth**. North-Holland/American Elsevier, Second Enlarge Edition (1974), 1960.

LANDI, M. **Energia elétrica e políticas públicas: a experiência do setor elétrico brasileiro no período de 1934 a 2005**. São Paulo: USP, 2006 (Tese de Doutorado).

LEE, C.; CHANG, C. Energy consumption and economic growth in Asian economies: a more comprehensive analysis using panel data. **Resource and Energy Economics**, v.30, p.50-65, 2008.

LEONTIEF, W. **The structure of the American economy, 1919-1939**. Oxford University Press, 1951.

LIANG, Q.; FAN, Y.; WEI, Y. Carbon taxation policy in China: How to protect energy and trade intensive sectors?. **Journal of Policy Modeling**, v. 29, p. 311-333, 2007.

LIMA, E.; NASSIF, A.; CARVALHO JÚNIOR, M. **Infra-Estrutura, diversificação das exportações e redução do “Custo-Brasil”**. Revista BNDES, n.7, 1997.

LISE, W.; MONTFORT, K. Energy consumption and GDP in Turkey: is there a co-integration relationship?. **Energy Economics**, v.29, p.1166-1178, 2007.

LLOP, M.; PIÉ, L. Input-output analysis of alternative policies implemented on the energy activities: an application for Catalonia. **Energy Policy**, v.36, p.1642–1648, 2008.

LORENZO, H. **O Setor Elétrico Brasileiro: Reavaliando o Passado e Discutindo o Futuro**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 10 dez 2007.

MACHADO, V. Meio ambiente e comércio exterior: impactos da especialização comercial brasileira sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002. (Tese de Doutorado).

MARIANO, J. **Proposta de metodologia de avaliação integrada de riscos e impactos ambientais para estudos de avaliação ambiental estratégica do setor de petróleo e gás natural em áreas offshore**. Rio de Janeiro: UFRJ, Faculdade de Engenharia, 2007. (Tese de Doutorado).

MARRECO, J. **Planejamento de longo prazo da expansão da oferta de energia elétrica no Brasil sob uma perspectiva da teoria das opções reais**. Rio de Janeiro: UFRJ, Faculdade de Engenharia, 2007. (Tese de Doutorado).

MARRIOT, J. An Electricity-focused Economic Input-output Model: Life-cycle Assessment and Policy Implications of Future Electricity Generation Scenarios. **Engineering & Public Policy**. Pittsburgh, 2007.

MATTOS, L.; LIMA, J. Demanda residencial de energia elétrica em Minas Gerais: 1970-2002. **Nova Economia**, v.15, n.3, p.31-52, 2005.

MATTOS, R.; PEROBELLI, F.; FARIA, W.; HADDAD, E. **Integração de Modelos Econométricos e de Insumo-produto para previsões de longo prazo da demanda de energia no Brasil**. Juiz de Fora, 2007 (Texto para discussão; 009).

MCFARLAND, J.; REILLY, J.; HERZOG, H. Representing energy technologies in top-down economic models using bottom-up information. **Energy Economics**, v.26, p.685– 707, 2004.

MEURER, R.; SAMOBYL, R. Realidade e modelos: mudanças nos modelos econométricos aplicados à economia brasileira. **Textos de Economia**, v.7, n.1, p.87-102, 2002.

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

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME. **Balço Energético Nacional Ministério das Minas e Energia 2005**. 2005. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2007.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME. **Balço Energético Nacional Ministério das Minas e Energia 2007**. 2007a. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2007.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME. **Matrizes energéticas: dados preliminares do exercício de 2007**. 2007b. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2008.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR – MDIC. **Estatísticas de comércio internacional**. Sistema Alice. 2008a. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 19 out. 2008.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR – MDIC. **Estratégia brasileira de exportação 2008-2010**. 2008b. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 19 out. 2008.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR – MDIC. Relatório da OMC avalia desempenho dos países exportadores. **Informativo SECEX**. 2008c. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 7 dez. 2008.

MODIANO, Eduardo M. Energia e economia: um modelo integrado para o Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v.13, n.2, p.307-364, 1983.

NAQVI, F. A computable general equilibrium model of energy, economy and equity interactions in Pakistan. **Energy Economics**, v. 20, p. 347-373, 1998.

OTTO, V.; REILLY, J. Directed technical change and the adoption of CO₂ abatement technology: the case of CO₂ capture and storage. **Energy Economics**, 2007.

PEROBELLI, F. **Análise espacial das interações econômicas entre os estados brasileiros**. São Paulo: USP, 2004 (Tese de Doutorado).

PEROBELLI, F., MATTOS, R. e FARIA, W. Interações Energéticas entre o Estado de Minas Gerais e o restante do Brasil: uma análise inter-regional de insumo-produto. **Revista de Economia Aplicada**, v. 11, p. 113-130, 2007.

PETER, M.; HORRIDGE, G.; MEAGHER, B.; PARMENTER, B. **The theoretical structure of Monash-MRF**. Australia: Monash University, Centre of Policy Studies, 1996.

PETROBRAS. **Plano de Negócios 2007-2011**. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br>>. Acesso em: 03 jun 2008.

PINTO JUNIOR, H.; ALMEIDA, E.; BOMTEMPO, J.; IOOTTY, M.; BICALHO, R. **Economia da Energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PINTO JUNIOR, H.; IOOTTY, M. Avaliando os impactos microeconômicos das fusões e aquisições nas indústrias de energia no mundo: uma análise para a década de 90. **Revista de Economia Política**, v.25, n.4, p.439-453, 2005.

PIRES, A. O aumento no preço do gás natural boliviano. **Jornal O Globo**, 2006. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/>> Acesso em: 3 jun 2008.

POKHAREL, S. An econometric analysis of energy consumption in Nepal. **Energy Policy**, v.35, n.1, p.350-361, 2007.

PRICE WATERHOUSE COOPERS. **Impacto da carga tributária sobre o setor elétrico brasileiro**. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.rpmbrasil.com.br/>> Acesso em: 21 mai 2008.

RAMOS, R. Matriz de insumo-produto do Brasil. **Série Relatórios Metodológicos**, v.18, 1997.

REY, S. The performance of alternative integration strategies for combining regional econometric and input-output models. **Inter-regional regional science review**, v.21, n.1, p.1-36, 1998.

SAES, F. **A grande empresa de serviços públicos na economia cafeeira**. São Paulo: Hucitec, 1986.

SCANDIFFIO, M.; FURTADO, A. A liderança do Brasil em fontes energéticas renováveis: uma visão de longo prazo. Em: **II Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade – ANPPAS**. São Paulo, 2004.

SCARAMUCCI, J.; PERIN FILHO, C.; PULINO, P.; BORDONI, O.; CUNHA, M. e CORTEZ, L. Energy from Sugarcane Bagasse under Electricity Rationing in Brazil: A Computable General Equilibrium Model. **Energy Policy**, v. 34, p. 986-992, 2006.

SCHMIDT, C.; LIMA, M. Demanda por energia elétrica no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v.58, n.1, p. 67-98, 2004.

SIMÃO, N. A reestruturação do setor petrolífero no Brasil: a questão tributária. Rio de Janeiro: **COPPE/UFRJ**, Planejamento Energético, 2001. (Dissertação de Mestrado).

SIQUEIRA, M.; CORDEIRO, H.; CASTELAR, I. A demanda por energia elétrica no nordeste brasileiro após o racionamento de 2001-2002: previsões de longo prazo. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.36, n.1, 2006.

SOUSA, M. Avaliação econômica do Programa Nacional do álcool (Proálcool): uma análise de equilíbrio geral. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.17, n.2, 1987.

SOUZA, F. Impacto do preço do petróleo na política energética mundial. Rio de Janeiro: **UFRJ**, Faculdade de Engenharia, 2006. (Dissertação de Mestrado).

SOUZA, R. Exportações e consumo de energia elétrica: uma análise baseada na integração de modelos econométricos e de insumo-produto inter-regional para Minas Gerais e o restante do Brasil. Juiz de Fora: **FEA/UFJF**, Mestrado em Economia Aplicada, 2008. (Dissertação de Mestrado).

STERN, D. The effect of NAFTA on energy and environmental efficiency in Mexico. **The Policy Studies Journal**, v.35, n.2, 2007.

STIGLITZ, J. A maldição dos recursos naturais. **Valor Econômico**, São Paulo, 12 ago. 2004. Caderno A, p.12. Disponível em: <<http://www.amazonia.org.br/ef/opiniao/print.cfm?id=119932>>. Acesso em: 03 dez. 2008.

TOURINHO, O.A.F. Optimal foreign borrowing in a Multisector Dynamic Equilibrium Model for Brazil. **MIT Energy Laboratory**, Working Paper n.1, 1985.

UNIÃO NACIONAL DA CONSTRUÇÃO. **A Construção do Desenvolvimento Sustentado**: A importância da construção na vida econômica e social do país. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas. Ago. 2006.

VADEN, K.; JEFFERSON, G.; TAO, H. What is driving China's decline in energy intensity?. **Resource and Energy Economics**, v.26, n.1, p.77-97, 2004.

VANDEN, K.; WING, I. Accounting for quality: issues with modeling the impact of R&D on economic growth and carbon emissions in developing economies. **Energy Economics**, 2007.

VIEIRA FILHO, J.; FERNANDES, C.; CUNHA, M. O setor de energia elétrica em Minas Gerais: uma análise insumo-produto. En: **XII Seminário sobre a Economia Mineira, 2006**. Belo Horizonte: CEDEPLAR/UFMG, 2006.

WALRAS, Léon. **Compêndio dos elementos de economia política pura**. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

WALTER, A. **Viabilidade e perspectivas da co-geração e geração termelétrica no setor sucro-alcooleiro**, Unicamp, Campinas, 1994. (tese de doutorado)

WING, I. The synthesis of bottom-up and top-down approaches to climate policy modeling: electric power technology detail in a social accounting framework. **Energy Economics**, v.30, p.547–573, 2008.

WISSEMA, W.; DELLINK, R. AGE analysis of the impact of a carbon energy tax on the Irish economy. **Ecological Economics**, v.61, p.671-683, 2007.

ZAMANI, M. Energy consumption and economic activities in Iran. **Energy Economics**, v.29, p.1135-1140, 2007.

ZHIDONG, L. An econometric study on China's economy, energy and environment to the year 2030. **Energy Policy**, v.31, n.11, p.1137-1150, 2003.

7 – ANEXOS

Anexo 1 - Conjuntos e Subconjuntos

Conjunto	Subconjunto	Descrição	Elementos		
COM		bens	80	C1 a C80	
	MAR	bens de margem	2	C58 e C59	
	NONMAR	bens sem margem	70	C1 a C57 e C60 a C72	
	TRADEXP	bens tradicionais exportados	3	C5, C12 e C43	
	BASEXP	outros bens tradicionais exportados	15	C1 a C4 e C5 a C15	
	SMNFEXP	bens semi-manufaturados exportados	1	C16	
	MNFEXP	bens manufaturados exportados	26	C17 a C42	
	NTRADEXP	bens não tradicionais exportados	29	C44 a C72	
	MANUF	manufaturados	23	C16,C21 a C30, C32 a C42 e C56	
	OIL	óleo	1	C14	
	NON_OIL	bens primários não-combustíveis	3	C12 a C13 e C15	
	FOOD	alimentos	12	C43 a C54	
	BEV	bebidas	1	C55	
	AG_RAW	materiais agrícolas bruto	11	C1 a C11	
	MET	metais	4	C17 a C20	
	FERT	fertilizantes	1	C31	
	DUR	bens de consumo duráveis	10	C16, C19 a C21, C23 a C27 e C35	
	NONDUR	bens de consumo não duráveis	29	C7, C9 a C11, C28, C29, C33 a C51 e C53 a C56	
	CONSU	bens de consumo	38	C7, C9 a C11, C16, C19 a C21, C23 a C29, C33 a C51 e C53 a C56	
	CAP	bens de capital	14	C11, C16, C20 a C28, C56, C57 e C66	
INDUS	bens industrializados	41	C16 a C56		
TRAD	bens comercializáveis	56	C1 a C56		
NONTRAD	bens não comercializáveis	8	C65 a C72		
SRC		origem dos bens	2	Doméstico e importado	
IND		setores	40	I1 a I40	
	PRI	agropecuária	1	I1	
	SEC	indústria	30	I2 a I31	
	TER	serviços	9	I34 a I40	
	EXT	extrativa mineral	2	I2 a I3	
	TRANSF	transformação	27	I4 a I30	
	OT_SER	outros serviços	3	I36, I37 e I40	
	MTL	metalurgia	3	I5 a I7	
	MAQ	máquinas	3	I8 a I10	
	EQT	equipamentos de transporte	2	I11 a I12	
	QUI	química	3	I16 a I18	
	TVC	textil, vestiário e calçados	3	I20 a I22	
	ALI	alimentícia	7	I23 a I29	
	OUT	outras indústrias	5	I13 a I15, I19 e I30	
	TAX		impostos indiretos	3	ICMS, IPI e outros

Anexo 2 - Coeficientes e Parâmetros

Coef. / Parâmetro	Dimensão	Descrição
B3LUX(c)	c ∈ COM	Supranumerário da participação por bens
BETAF(i)	i ∈ IND	Parâmetro de previsão da taxa líquida de retorno
BETASR(i)	i ∈ IND	Parâmetro de curto prazo da taxa líquida de retorno
DEP(i)	i ∈ IND	Taxa de depreciação
EPS(c)	c ∈ COM	Gasto das famílias
EXP_ELAST(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Elasticidade da demanda de exportação
FRISCH	1	Parâmetro Frisch
GROR(i)	i ∈ IND	Taxa líquida de retorno bruto
INV(i)	i ∈ IND	Investimento a preços constantes
MAKE(c,i)	c ∈ COM, i ∈ IND	Bens produzidos por indústria
MAKE_C(i)	i ∈ IND	Produção por indústria
MAKE_I(c)	c ∈ COM	Produção por bens
p1oct(i)	i ∈ IND	Destino para o preço de outros custos
QCAPBASE(i)	i ∈ IND	Estoque de capital inicial
QCAPCUR(i)	i ∈ IND	Estoque de capital corrente
QCAPNBASE(i)	i ∈ IND	Estoque de capital final
QCAPNEXT(i)	i ∈ IND	Estoque de capital no próximo período
ROR(i)	i ∈ IND	Taxa líquida de retorno
S1(c,i,s)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC	Participação de origem de bens intermediários
S2(c,i,s)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC	Participação de origem do investimento
S3(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Participação de origem das famílias
S3_S(c)	c ∈ COM	Participação do orçamento médio composto
S3LUX(c)	c ∈ COM	Participação do orçamento marginal
SALES(c)	c ∈ COM	Vendas de bens domésticos
SALES_CAP	1	Vendas de bens de capital domésticos
SALES_CONSU	1	Vendas de bens de consumo domésticos
SALES_DUR	1	Vendas de bens domésticos duráveis
SALES_IND	1	Vendas de bens industrializados domésticos
SALES_NONDUR	1	Vendas de bens domésticos não duráveis
SALES_NT	1	Vendas de bens não comercializáveis domésticos
SALES_T	1	Vendas de bens comercializáveis domésticos
SIGMA1(c)	c ∈ COM	Elasticidade Armington de bens intermediários
SIGMA1OUT(i)	i ∈ IND	Transformação CET de elasticidades
SIGMA1PRIM(i)	i ∈ IND	Elasticidade de substituição de fatores primários
SIGMA2(c)	c ∈ COM	Elasticidade Armington do investimento
SIGMA3(c)	c ∈ COM	Elasticidade Armington das famílias
SOURCEDOM(s)	s ∈ SRC	Dummy igual a uma unidade se for doméstico
TINY	1	Menor numerário = 10^{-12}
V0CIF(c)	c ∈ COM	Importações por bens sem impostos
V0CIF_AG_RAW	1	Materiais agrícolas bruto importados
V0CIF_C	1	Total das importações em moeda nacional sem tarifas
V0CIF_CAP	1	Venda de bens de capital importados
V0CIF_CONSU	1	Venda de bens de consumo importados
V0CIF_DUR	1	Venda de bens duráveis importados
V0CIF_FOOD	1	Alimentos importados
V0CIF_IND	1	Venda de bens industrializados importados
V0CIF_MANUF	1	Manufaturados importados
V0CIF_MET	1	Metais importados
V0CIF_NONDUR	1	Venda de bens não-duráveis importados
V0CIF_NONOIL	1	Bens primários não-combustíveis importados
V0CIF_NT	1	Venda de bens não comercializáveis importados
V0CIF_T	1	Venda de bens comercializáveis importados
V0GDPEXP	1	PIB nominal pela ótica dos gastos
V0GDPINC	1	PIB nominal pela ótica da renda
V0IMP(c)	c ∈ COM	Valor base das importações

Coef. / Parâmetro	Dimensão	Descrição
V0MAR_CSI(c)	c ∈ COM	Margem total do uso
V0TAR(c)	c ∈ COM	Receita do governo oriunda das tarifas
V0TAR_C	1	Receita agregada das tarifas
V0TAX_CSI	1	Receita agregada dos impostos
V1BAS(c,i,s)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC	Fluxos básicos de bens intermediários
V1CAP(i)	i ∈ IND	Aluguel do capital
V1CAP_I	1	Total dos pagamentos do capital
V1ENG(i)	i ∈ IND	Energia total como fator primário
V1LAB(i)	i ∈ IND	Remuneração da matriz de contas
V1LAB_I	1	Total dos pagamentos do trabalho
V1MAR(c,i,s,m)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Margem dos bens intermediários
V1OCT(i)	i ∈ IND	Outros destinos para os custos
V1PRIM(i)	i ∈ IND	Custo total dos fatores por indústria
V1PUR(c,i,s)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC	Valor das compras dos bens intermediários
V1PUR_S(c,i)	c ∈ COM, i ∈ IND	Valor das compras dos bens intermediários compostos
V1TAX(c,i,s,t)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC, t ∈ TAX	Receita dos impostos de bens intermediários
V1TAX_CSI	1	Receita agregada dos impostos dos bens intermediários
V1TOT(i)	i ∈ IND	Custo total por indústria
V1TOT_ALI	1	Custo total do setor de alimentos
V1TOT_EQT	1	Custo total do setor de equipamento de transporte
V1TOT_EXT	1	Custo total do setor extrativo mineral
V1TOT_MAQ	1	Custo total do setor de máquinas
V1TOT_MTL	1	Custo total do setor metalúrgico
V1TOT_OT_SER	1	Custo total de outros setores de serviços
V1TOT_OUT	1	Custo total do setor de outras indústrias
V1TOT_QUI	1	Custo total do setor químico
V1TOT_SEC	1	Custo total do setor industrial
V1TOT_TER	1	Custo total do setor de serviços
V1TOT_TRANSF	1	Custo total do setor de transformação
V1TOT_TVC	1	Custo total do setor têxtil, vestuário e de calçados
V2BAS(c,i,s)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC	Fluxos básicos do investimento
V2MAR(c,i,s,m)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Margem dos investimentos
V2PUR(c,i,s)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC	Valor das compras dos investimentos
V2PUR_S(c,i)	c ∈ COM, i ∈ IND	Valor das compras dos investimentos compostos
V2TAX(c,i,s,t)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC, t ∈ TAX	Receita dos impostos dos investimentos
V2TAX_CSI	1	Receita agregada dos impostos dos investimentos
V2TOT(i)	i ∈ IND	Total dos investimentos por indústria
V2TOT_I	1	Total dos investimentos
V3BAS(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Fluxos básicos da família
V3MAR(c,s,m)	c ∈ COM, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Margem da família
V3PUR(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Valor de compra das famílias
V3PUR_S(c)	c ∈ COM	Valor de compra das famílias compostas
V3TAX(c,s,t)	c ∈ COM, s ∈ SRC, t ∈ TAX	Receita dos impostos das famílias
V3TAX_CS	1	Receita agregada dos impostos das famílias
V3TOT	1	Total das compras por família
V4BAS(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Fluxos básicos de exportação
V4MAR(c,s,m)	c ∈ COM, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Margem de exportação
V4PUR(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Valor de compra das exportações
V4PUR_S(c)	c ∈ COM	Valor de compra das exportações compostas
V4TAX(c,s,t)	c ∈ COM, s ∈ SRC, t ∈ TAX	Receita dos impostos de exportação
V4TAX_CS	1	Receita agregada dos impostos de exportação
V4TOT	1	Valor total das exportações
V5BAS(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Fluxos básicos de outras demandas
V5MAR(c,s,m)	c ∈ COM, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Margem de outras demandas
V5PUR(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Valor de compra de outras demandas
V5PUR_S(c)	c ∈ COM	Valor de compra de outras demandas compostas
V5TAX(c,s,t)	c ∈ COM, s ∈ SRC, t ∈ TAX	Receita dos impostos de outras demandas
V5TAX_CS	1	Receita agregada dos impostos de outras demandas
V5TOT	1	Valor total das compras de outras demandas

Anexo 3 - Variáveis

Coef. / Parâmetro	Dimensão	Descrição
a1(c,i,s)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC	Termo de mudança técnica na demanda intermediária
a1_s(c,i)	c ∈ COM, i ∈ IND	Mudança técnica doméstico/importado, bens intermediário
a12twist	1	Termo de coeficiente técnico no uso de bens importados
a1cap(i)	i ∈ IND	Termo de mudança técnica no uso de capital na indústria i
a1lab(i)	i ∈ IND	Termo de mudança técnica no uso de trabalho
a1mar(c,i,s,m)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Termo de mudança técnica no uso intermediário
a1tot(i)	i ∈ IND	Todos os insumos A
a2(c,i,s)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC	Termo de mudança técnica na demanda por investimento
a2_s(c,i)	c ∈ COM, i ∈ IND	Mudança técnica na composição doméstico/importado, investimento
a2mar(c,i,s,m)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Termo de mudança técnica no uso do investimento
a2tot(i)	i ∈ IND	Mudança técnica neutra para investimento
a3(c,i,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Termo de mudança técnica na demanda das famílias
a3_s(c)	c ∈ COM	Mudança técnica doméstico/importado, uso do bem C pelas famílias
a3lux(c)	c ∈ COM	Mudança técnica na composição doméstico/importado, bens de luxo
a3mar(c,s,m)	c ∈ COM, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Termo de mudança técnica no uso das famílias
a3sub(c)	c ∈ COM	Mudança técnica doméstico/importado, bens de subsistência
a4mar(c,s,m)	c ∈ COM, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Termo de mudança técnica no uso das exportações
a5mar(c,s,m)	c ∈ COM, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Termo de mudança técnica no uso de outros
adom(c)	c ∈ COM	Termo de coeficiente técnico no uso domésticos
aimp(c)	c ∈ COM	Termo de coeficiente técnico no uso domésticos e importados
capcur(i)	i ∈ IND	Estoque de capital corrente
capnext(i)	i ∈ IND	Estoque de capital no próximo período
delB	1	Balanco do comércio dividido pelo PIB
delC	1	Dummy na equação curcap
delROR(i)	i ∈ IND	Taxa de retorno líquido corrente
employ_i	1	Emprego agregado
f0tax_s(c,t)	c ∈ COM, t ∈ TAX	Termo de deslocamento para os impostos gerais de venda
f1lab(i)	i ∈ IND	Termo de deslocamento para o salário
f1lab_i	1	Termo de deslocamento para o salário global
f1tax_csi(t)	t ∈ TAX	Termo de deslocamento nos impostos, uso intermediário
f2tax_csi(t)	t ∈ TAX	Termo de deslocamento nos impostos, investimentos
f2tot_i	1	Termo de deslocamento na razão IR/CR
f3tax_cs(t)	t ∈ TAX	Termo de deslocamento nos impostos, uso das famílias
f4p(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Termo de deslocamento do preço da demanda de exportação
f4q(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Termo de deslocamento da quantidade demanda de exportação
f4tax_c(t)	t ∈ TAX	Termo de deslocamento nos impostos de exportação
f5dom(c)	c ∈ COM	Termo de deslocamento para outras demandas domésticas
f5gen	1	Termo de deslocamento completo para outras demandas
f5imp(c)	c ∈ COM	Termo de deslocamento para outras demandas importadas
f5tax_cs(t)	t ∈ TAX	Termo de deslocamento nos impostos, outros usos
fcurcap(i)	i ∈ IND	Termo de deslocamento na equação curcap
fcurcap_1_i	1	Termo de deslocamento na equação curcap_1
finvsr(i)	i ∈ IND	Termo de deslocamento no investimento de curto prazo
fx2tot_F(i)	i ∈ IND	Termo de deslocamento na equação x2tot_F
omega	1	Taxa de retorno que equilibra o mercado
p0(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Preços básicos
p0cif_c	1	Índice de preço C.I.F. em moeda externa das importações
p0gdpexp	1	PIB índice de preços, gastos
p1(c,i,s)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC	Preço dos insumos intermediários
p1_s(c,i)	c ∈ COM, i ∈ IND	Preço composto dos insumos intermediários
p1cap(i)	i ∈ IND	Preço de aluguel do capital
p1lab(i)	i ∈ IND	Salário
p1prim(i)	i ∈ IND	Preço dos bens composto
p1tot(i)	i ∈ IND	Preço médio da razão insumo / produto
p2(c,i,s)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC	Preço de compra do investimento
p2_s(c,i)	c ∈ COM, i ∈ IND	Preço composto do investimento
p2tot(i)	i ∈ IND	Custo da unidade de capital
p2tot_i	1	Índice de preço do investimento
p3(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Preço de compra das famílias
p3_s(c)	c ∈ COM	Preço composto das famílias
p3tot	1	Índice de preços do consumidor

Coef. / Parâmetro	Dimensão	Descrição
pibali	1	PIB do setor de alimentos
pibalu	1	PIB do setor de aluguéis de imóveis
pibcomer	1	PIB do setor de comércio
pibcomun	1	PIB do setor de comunicação
pibcons	1	PIB do setor de construção
pibeqt	1	PIB do setor de equipamento de transporte
pibext	1	PIB do setor extrativo mineral
pibfin	1	PIB do setor de instituições financeiras
pibmaq	1	PIB do setor de máquinas
pibmtl	1	PIB do setor metalúrgico
pibot_ser	1	PIB de outros setores
pibout	1	PIB do setor de outras indústrias
pibpri	1	PIB do setor agropecuário
pibqui	1	PIB do setor químico
pibsec	1	PIB do setor industrial
pibsiup	1	PIB do setor do S.I.U.P.
pibter	1	PIB do setor de serviços
pibtrans	1	PIB do setor de transporte
pibtransf	1	PIB do setor de transformação
pibtvc	1	PIB do setor têxtil, vestuário e de calçados
q	1	Número de famílias
q1(c,i)	c ∈ COM, i ∈ IND	Bens produzidos pelas indústrias
t0imp(c)	c ∈ COM	Poder das tarifas
t1(c,i,s,t)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC, t ∈ TAX	Poder da tarifa de bens intermediários
t2(c,i,s,t)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC, t ∈ TAX	Poder da tarifa para investimento
t3(c,s,t)	c ∈ COM, s ∈ SRC, t ∈ TAX	Poder da tarifa para famílias
t4(c,s,t)	c ∈ COM, s ∈ SRC, t ∈ TAX	Poder da tarifa de exportação
t5(c,s,t)	c ∈ COM, s ∈ SRC, t ∈ TAX	Poder da tarifa para outras demandas
trend(i)	i ∈ IND	Tendência das taxas de crescimento do capital
utility	1	Utilidade por família
w0cif_c	1	Valor CIF das importações em moeda nacional
w0gdpexp	1	PIB nominal pela ótica dos gastos
w2tot_i	1	Investimento agregado nominal
w3lux	1	Gasto supranumerário
w3tot	1	Gasto total das famílias
w4tot	1	Valor limite das exportações em moeda nacional
w5tot	1	Gasto total de outras demandas
x0cif_c	1	Volume importado CIF Wts
x0dom(c)	c ∈ COM	Oferta de bens domésticos
x0domcap	1	Oferta de bens de capital doméstico
x0domconsu	1	Oferta de bens de consumo doméstico
x0domdur	1	Oferta de bens duráveis doméstico
x0domindus	1	Oferta de bens industrializados doméstico
x0domnondur	1	Oferta de bens não duráveis doméstico
x0domnontrad	1	Oferta de bens não comercializáveis doméstico
x0domtrad	1	Oferta de bens comercializáveis doméstico
x0gdpexp	1	PIB real pela ótica dos gastos
x0imp(c)	c ∈ COM	Oferta de bens importados
x0impcap	1	Venda de bens de capital doméstico
x0impconsu	1	Venda de bens de consumo doméstico
x0impdur	1	Venda de bens duráveis doméstico
x0impindus	1	Venda de bens industrializados doméstico
x0impnondur	1	Venda de bens não duráveis doméstico
x0impnontrad	1	Venda de bens não comercializáveis doméstico
x0imptrad	1	Venda de bens comercializáveis doméstico
x1(c,i,s)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC	Demanda intermediária
x1_s(c,i)	c ∈ COM, i ∈ IND	Compostos intermediários
x1cap(i)	i ∈ IND	Estoque de capital corrente
x1lab(i)	i ∈ IND	Emprego
x1mar(c,i,s,m)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Margem de bens intermediários
x1oct(i)	i ∈ IND	Destino da demanda para outros custos

Coef. / Parâmetro	Dimensão	Descrição
x2(c,i,s)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC	Demanda por investimento
x2_s(c,i)	c ∈ COM, i ∈ IND	Investimentos compostos
x2mar(c,i,s,m)	c ∈ COM, i ∈ IND, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Margem de investimento
x2tot(i)	i ∈ IND	Investimento por uso industrial
x2tot_i	1	Investimento agregado real
x3(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Demanda das famílias
x3_s(c)	c ∈ COM	Famílias compostas
x3lux(c)	c ∈ COM	Família supranumerário
x3mar(c,s,m)	c ∈ COM, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Margem das famílias
x3sub(c)	c ∈ COM	Nível de subsistência das famílias
x3tot	1	Consumo real das famílias
x4(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Demanda exportada
x4mar(c,s,m)	c ∈ COM, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Margem de exportação
x4tot	1	Volume exportado
x5(c,s)	c ∈ COM, s ∈ SRC	Outras demandas
x5mar(c,s,m)	c ∈ COM, s ∈ SRC, m ∈ MAR	Margem de outras demandas
x5tot	1	Consumo real de outras demandas

Anexo 4 - Equações

Equação	Descrição	Equação
1 - Produção		
E_x1lab	Demanda da indústria por trabalho efetivo	$x1lab(i) - a1lab(i) = x1prim(i) - 2 * SIGMA1PRIM(i) * [p1lab(i) + a1lab(i) - p1prim(i)];$
E_x1cap	Demanda da indústria por capital	$x1cap(i) - a1cap(i) = x1prim(i) - 2 * SIGMA1PRIM(i) * [p1cap(i) + a1cap(i) - p1prim(i)];$
E_p1prim	Termo de preço efetivo por fator demanda	$V1PRIM(i) * p1prim(i) = V1LAB(i) * (p1lab(i) + a1lab(i)) + V1CAP(i) * (p1cap(i) + a1cap(i));$
E_x1	Demanda por bens especificado por fonte	$x1(c,i,s) - a1(c,i,s) - (SOURCEDOM(s) * adom(c) + (1 - SOURCEDOM(s)) * aimp(c)) - a12twist = x1_s(c,i) - 1.6 * SIGMA1(c) * [p1(c,i,s) + a1(c,i,s) + a12twist + (SOURCEDOM(s) * adom(c) + (1 - SOURCEDOM(s)) * aimp(c)) - p1_s(c,i)];$
E_p1_s	Preço efetivo dos bens compostos	$p1_s(c,i) = Sum(s, SRC, S1(c,i,s) * [p1(c,i,s) + a1(c,i,s) + a12twist + (SOURCEDOM(s) * adom(c) + (1 - SOURCEDOM(s)) * aimp(c))]);$
E_x1_s	Demanda por bens compostos	$x1_s(c,i) = x1tot(i) + a1_s(c,i) + a1tot(i);$
E_x1prim	Demanda por fator primário composto	$x1prim(i) = x1tot(i) + a1tot(i);$
E_x1oct	Demanda por outros custos	$x1oct(i) = x1tot(i) + a1tot(i);$
E_q1	Oferta de bens por indústria	$q1(c,i) = x1tot(i) + SIGMA1OUT(i) * (p0(c, "dom") - p1tot(i));$
E_x1tot	Preço médio recebido por indústria	$MAKE_C(i) * p1tot(i) = Sum(c, COM, MAKE(c,i) * p0(c, "dom"));$
2 - Investimentos		
E_x2	Demanda por bens especificado por fonte	$x2(c,i,s) - a2(c,i,s) - (SOURCEDOM(s) * adom(c) + (1 - SOURCEDOM(s)) * aimp(c)) - a12twist = x2_s(c,i) - 1.1 * SIGMA2(c) * [p2(c,i,s) + a2(c,i,s) + a12twist + (SOURCEDOM(s) * adom(c) + (1 - SOURCEDOM(s)) * aimp(c)) - p2_s(c,i)];$
E_p2_s	Preço efetivo dos bens compostos	$p2_s(c,i) = Sum(s, SRC, S2(c,i,s) * [p2(c,i,s) + a12twist + (SOURCEDOM(s) * adom(c) + (1 - SOURCEDOM(s)) * aimp(c)) + a2(c,i,s)]);$
E_x2_s	Demanda por bens compostos	$x2_s(c,i) = x2tot(i) + a2_s(c,i) + a2tot(i);$
3 - Demanda das famílias		
E_x3	Demanda por bens especificado por fonte	$x3(c,s) - a3(c,s) - (SOURCEDOM(s) * adom(c) + (1 - SOURCEDOM(s)) * aimp(c)) - a12twist = x3_s(c) - 2.1 * SIGMA3(c) * [p3(c,s) + a12twist + (SOURCEDOM(s) * adom(c) + (1 - SOURCEDOM(s)) * aimp(c)) + a3(c,s) - p3_s(c)];$
E_p3_s	Preço efetivo dos bens compostos	$p3_s(c) = Sum(s, SRC, S3(c,s) * [p3(c,s) + a12twist + (SOURCEDOM(s) * adom(c) + (1 - SOURCEDOM(s)) * aimp(c)) + a3(c,s)]);$
E_x3sub	Demanda por bens de subsistência compostos	$x3sub(c) = q + a3sub(c);$
E_x3lux	Demanda por bens de luxo compostos	$x3lux(c) + p3_s(c) = w3lux + a3lux(c);$
E_x3_s	Demanda total das famílias por bens compostos	$x3_s(c) = B3LUX(c) * x3lux(c) + [1 - B3LUX(c)] * x3sub(c);$
E_utility	Termo de mudança da utilidade	$utility + q = Sum(c, COM, S3LUX(c) * x3lux(c));$
E_a3lux	Deslocamento padrão do gosto por bens de luxo	$a3lux(c) = a3sub(c) - Sum(k, COM, S3LUX(k) * a3sub(k));$
E_a3sub	Deslocamento padrão do gosto por bens de subsistência	$a3sub(c) = a3_s(c) - Sum(k, COM, S3_S(k) * a3_s(k));$
4 - Outras demandas		
E_x5	Acumulação de estoque e governo	$x5(c,s) - (SOURCEDOM(s) * adom(c) + (1 - SOURCEDOM(s)) * aimp(c)) - a12twist = SOURCEDOM(s) * f5dom(c) + (1 - SOURCEDOM(s)) * f5imp(c) + f5gen;$
5 - Demandas de exportações		
E_x4_A	Demanda de exportação de bens tradicionais	$x4(c,s) - (SOURCEDOM(s) * adom(c) + (1 - SOURCEDOM(s)) * aimp(c)) - a12twist - f4q(c,s) = EXP_ELAST(c,s) * [p4(c,s) - phi - f4p(c,s)];$
E_pex	Preço da exportação de bens tradicionais em moeda estrangeira	$pex(c,s) = p4(c,s) - phi - f4p(c,s);$
E_x4_B	Demanda de exportação de bens tradicionais	$x4(c,s) = x4_bas;$

E_p4_bas	Preço médio da exportação de bens básicos	$V4BASEXP*p4_bas = \text{Sum}(c, BASEXP, \text{Sum}(s, SRC, V4PUR(c,s))*p4(c,s));$
E_x4_bas	Demanda agregada de exportação de bens básicos	$x4_bas = EXP_ELAST_B*[p4_bas - phi - f4_bas];$
E_pex_bas	Preço agregado de exportação dos bens básicos em moeda estrangeira	$pex_bas = p4_bas - phi - f4_bas;$
E_x4_C	Demanda por bens exportados semi-manufaturados	$x4(c,s) = x4_smnf;$
E_p4_smnf	Preço médio das exportações de semi-manufaturados	$V4SMNFEXP*p4_smnf = \text{Sum}(c, SMNFEXP, \text{Sum}(s, SRC, V4PUR(c,s))*p4(c,s));$
E_x4_smnf	Demanda agregada de exportação de bens semi-manufaturados	$x4_smnf = EXP_ELAST_S*[p4_smnf - phi - f4_smnf];$
E_pex_smnf	Preço agregado de exportação dos bens semi-manufaturados em moeda estrangeira	$pex_smnf = p4_smnf - phi - f4_smnf;$
E_x4_D	Demanda de exportação de bens manufaturados	$x4(c,s) = x4_mnf;$
E_p4_mnf	Preço médio da exportação de bens manufaturados	$V4MNFEXP*p4_mnf = \text{Sum}(c, MNFEXP, \text{Sum}(s, SRC, V4PUR(c,s))*p4(c,s));$
E_x4_mnf	Demanda agregada de exportação de bens manufaturados	$x4_mnf = EXP_ELAST_M*[p4_mnf - phi - f4_mnf];$
E_pex_mnf	Preço agregado de exportação dos bens manufaturados em moeda estrangeira	$pex_mnf = p4_mnf - phi - f4_mnf;$
E_x4_E	Demanda de exportação de bens não tradicionais	$x4(c,s) = x4_ntrad;$
E_p4_ntrad	Preço médio da exportação de bens não tradicionais	$V4NTRADEXP*p4_ntrad = \text{Sum}(c, NTRADEXP, \text{Sum}(s, SRC, V4PUR(c,s))*p4(c,s));$
E_x4_ntrad	Demanda agregada de exportação de bens não tradicionais	$x4_ntrad = EXP_ELAST_NT*[p4_ntrad - phi - f4_ntrad];$
E_pex_ntrad	Preço agregado de exportação dos bens não tradicionais em moeda estrangeira	$pex_ntrad = p4_ntrad - phi - f4_ntrad;!$

6 - Margem de demanda

E_x1mar	Margem para os produtores	$x1mar(c,i,s,m) = x1(c,i,s) + a1mar(c,i,s,m);$
E_x2mar	Margem para os criadores de capital	$x2mar(c,i,s,m) = x2(c,i,s) + a2mar(c,i,s,m);$
E_x3mar	Margem para as famílias	$x3mar(c,s,m) = x3(c,s) + a3mar(c,s,m);$
E_x4mar	Margem para os exportadores	$x4mar(c,s,m) = x4(c,s) + a4mar(c,s,m);$
E_x5mar	Margem sobre outras demandas	$x5mar(c,s,m) = x5(c,s) + a5mar(c,s,m);$

7 - Sistema de preços

E_p1tot	Lucro zero na produção	$V1TOT(i)*[p1tot(i)-a1tot(i)] = \text{Sum}(c, COM, V1PUR_S(c,i))*[p1_s(c,i) + a1_s(c,i)] + V1PRIM(i)*p1prim(i) + V1OCT(i)*p1oct(i);$
E_p2tot	Lucro zero nos investimentos	$V2TOT(i)*[p2tot(i)-a2tot(i)] = \text{Sum}(c, COM, V2PUR_S(c,i))*[p2_s(c,i)+a2_s(c,i)];$

8 - Preços básicos de importação incluindo as tarifas

E_p0_A	Lucro zero nas importações	$p0(c, "imp") = pf0cif(c) + phi + t0imp(c);$
E_p1	Preço de compra dos produtores	$[V1PUR(c,i,s)+TINY]*p1(c,i,s) = [V1BAS(c,i,s)+(\text{Sum}(t, TAX, V1TAX(c,i,s,t)))+TINY]*[p0(c,s)+(\text{Sum}(t, TAX, t1(c,i,s,t)))+\text{Sum}(m, MAR, V1MAR(c,i,s,m))*p0(m, "dom")+a1mar(c,i,s,m)];$
E_p2	Preço de compra dos criadores de capital	$[V2PUR(c,i,s)+TINY]*p2(c,i,s) = [V2BAS(c,i,s)+(\text{Sum}(t, TAX, V2TAX(c,i,s,t)))+TINY]*[p0(c,s)+(\text{Sum}(t, TAX, t2(c,i,s,t)))+\text{Sum}(m, MAR, V2MAR(c,i,s,m))*p0(m, "dom")+a2mar(c,i,s,m)];$
E_p3	Preço de compra das famílias	$[V3PUR(c,s)+TINY]*p3(c,s) = [V3BAS(c,s)+(\text{Sum}(t, TAX, V3TAX(c,s,t)))+TINY]*[p0(c,s)+(\text{Sum}(t, TAX, t3(c,s,t)))+\text{Sum}(m, MAR, V3MAR(c,s,m))*p0(m, "dom")+a3mar(c,s,m)];$
E_p4	Preço de exportação no porto	$[V4PUR(c,s)+TINY]*p4(c,s) = [V4BAS(c,s)+(\text{Sum}(t, TAX, V4TAX(c,s,t)))+TINY]*[p0(c,s)+(\text{Sum}(t, TAX, t4(c,s,t)))+\text{Sum}(m, MAR, V4MAR(c,s,m))*p0(m, "dom")+a4mar(c,s,m)];$

E_p5	Preço de compra de outras demandas	$[V5PUR(c,s)+TINY]*p5(c,s) = [V5BAS(c,s)+(Sum(t,TAX,V5TAX(c,s,t)))+TINY]*[p0(c,s)+(Sum(t,TAX,t5(c,s,t)))]+Sum(m,MAR,V5MAR(c,s,m))*[p0(m,"dom")+a5mar(c,s,m)]$;
9 - Equações de equilíbrio		
E_x0dom	Total de bens domésticos produzidos	$[MAKE_I(c)+TINY]*x0dom(c) = Sum(i,IND,MAKE(c,i)*q1(c,i))$;
E_p0_B	Equilíbrio de mercado com ausência de margem	$[SALES(n) + TINY] * x0dom(n) = Sum(i,IND,V1BAS(n,i,"dom")*x1(n,i,"dom")+V2BAS(n,i,"dom")*x2(n,i,"dom"))+ V3BAS(n,"dom")*x3(n,"dom") + V4BAS(n,"dom")*x4(n,"dom")+V5BAS(n,"dom")*x5(n,"dom")$;
E_p0_C	Equilíbrio de mercado para bens com margem	$[SALES(m) + TINY] * x0dom(m) = Sum(i,IND,V1BAS(m,i,"dom")*x1(m,i,"dom")+V2BAS(m,i,"dom")*x2(m,i,"dom"))+ V3BAS(m,"dom")*x3(m,"dom")+V4BAS(m,"dom")*x4(m,"dom")+ V5BAS(m,"dom")*x5(m,"dom")+Sum(c,COM,Sum(s,SRV,V4MAR(c,s,m))*x4mar(c,s,m)+V3MAR(c,s,m)*x3mar(c,s,m)+ V5MAR(c,s,m)*x5mar(c,s,m)+Sum(i,IND,V1MAR(c,i,s,m))*x1mar(c,i,s,m)+ V2MAR(c,i,s,m)*x2mar(c,i,s,m))$;
E_dscap	Equilíbrio de mercado para o capital	$x1cap(i) = capcur(i)$;
E_x0imp	Volume das importações	$[V0IMP(c) + TINY] * x0imp(c) = Sum(i,IND,V1BAS(c,i,"imp")*x1(c,i,"imp")+V2BAS(c,i,"imp")*x2(c,i,"imp"))+ V3BAS(c,"imp")*x3(c,"imp") + V4BAS(c,"imp")*x4(c,"imp")+ V5BAS(c,"imp")*x5(c,"imp")$;
E_employ_i	Emprego agregado em salário	$V1LAB_I*employ_i = Sum(i,IND,V1LAB(i))*x1lab(i)$;
10 - Equações de impostos		
E_t1	Poder dos impostos nas vendas de bens intermediários	$t1(c,i,s,t) = f0tax_s(c,t) + f1tax_csi(t)$;
E_t2	Poder dos impostos nas vendas de investimentos	$t2(c,i,s,t) = f0tax_s(c,t) + f2tax_csi(t)$;
E_t3	Poder dos impostos nas vendas para as famílias	$t3(c,s,t) = f0tax_s(c,t) + f3tax_cs(t)$;
E_t4	Poder dos impostos na exportação	$t4(c,s,t) = f0tax_s(c,t) + f4tax_c(t)$;
E_t5	Poder dos impostos nas vendas de outras demandas	$t5(c,s,t) = f0tax_s(c,t) + f5tax_cs(t)$;
11 - Gastos agregados com indexadores de preços		
E_x2tot_i	Valor total real do investimento	$V2TOT_I*x2tot_i = Sum(i,IND,V2TOT(i))*x2tot(i)$;
E_p2tot_i	Índice de preço do investimento	$V2TOT_I*p2tot_i = Sum(i,IND,V2TOT(i))*p2tot(i)$;
E_w2tot_i	Valor total nominal do investimento	$w2tot_i = x2tot_i + p2tot_i$;
E_x3tot	Consumo real	$V3TOT*x3tot = Sum(c,COM,Sum(s,SRV,V3PUR(c,s))*x3(c,s))$;
E_x3totB		$V3TOT*x3tot = Sum(c,COM,Sum(s,SRV,V3PUR(c,s))*x3_s(c))$;
E_p3tot	Índice de preço ao consumidor	$V3TOT*p3tot = Sum(c,COM,Sum(s,SRV,V3PUR(c,s))*p3(c,s))$;
E_w3tot	Restrição orçamentária das famílias	$w3tot = x3tot + p3tot$;
E_x4tot	Volume exportado	$V4TOT*x4tot = Sum(c,COM,Sum(s,SRV,V4PUR(c,s))*x4(c,s))$;
E_p4tot	Índice de preço da exportação em moeda estrangeira	$V4TOT*p4tot = Sum(c,COM,Sum(s,SRV,V4PUR(c,s))*p4(c,s))$;
E_w4tot	Valor de fronteira exportado em moeda nacional	$w4tot = x4tot + p4tot$;
E_x5tot	Consumo real de outras demandas	$V5TOT*x5tot = Sum(c,COM,Sum(s,SRV,V5PUR(c,s))*x5(c,s))$;
E_p5tot	Índice de preço de outras demandas	$V5TOT*p5tot = Sum(c,COM,Sum(s,SRV,V5PUR(c,s))*p5(c,s))$;
E_w5tot	Restrição orçamentária de outras demandas	$w5tot = x5tot + p5tot$;
E_x0cif_c	Volume importado em valor CIF	$V0CIF_C*x0cif_c = Sum(c,COM,V0CIF(c))*x0imp(c)$;
E_p0cif_c	Índice de preço de importação em moeda nacional e em valor CIF	$V0CIF_C*p0cif_c = Sum(c,COM,V0CIF(c))*[phi+pf0cif(c)]$;
E_w0cif_c	Volume importado em moeda nacional e em valor CIF	$w0cif_c = x0cif_c + p0cif_c$;
E_x0gdpexp	PIB real pela ótica dos gastos	$V0GDPEXP*x0gdpexp = V3TOT*x3tot + V2TOT_I*x2tot_i + V4TOT*x4tot + V5TOT*x5tot - V0CIF_C*x0cif_c$;
E_p0gdpexp	Índice de preço para o PIB pela ótica dos gastos	$V0GDPEXP*p0gdpexp = V3TOT*p3tot + V2TOT_I*p2tot_i + V4TOT*p4tot + V5TOT*p5tot - V0CIF_C*p0cif_c$;

E_w0gdpepx	PIB nominal pela ótica dos gastos	$w0gdpepx = x0gdpepx + p0gdpepx;$
12 - Balança de comércio de outros agregados		
E_delB	Balança de comércio / PIB	$100*V0GDPEXP*delB = V4TOT*w4tot - V0CIF_C*w0cif_c - (V4TOT - V0CIF_C)*w0gdpepx;$
13 - Taxa de retorno de investimento		
E_curcap	Estoque de capital para a produção corrente	$QCAPCUR(i)*capcur(i) = 100*(QCAPNBASE(i) - QCAPBASE(i))*delC + 100*fcurcap(i);$
E_x2tot_F	Crescimento do investimento corrente	$(QCAPNEXT(i) + TINY)*capnext(i) = (1-DEP(i))*QCAPCUR(i)*capcur(i) + INV(i)*x2tot(i) + 100*fx2tot_F(i);$
E_p1cap	Taxa líquida de retorno do capital	$delROR(i) = GROR(i)/100*(p1cap(i) - p2tot(i));$
E_capnext	Previsão de crescimento do capital	$capnext(i) - capcur(i) = (100*BETAF(i)/(1 + ROR(i))*delROR(i) + trend(i) + fcurcap_1_i;$
E_x2tot_CS	Investimento de curto prazo	$*- BETASR(i)*(capnext(i) - capcur(i)) + 100/ROR(i)*delROR(i) = omega + finvsr(i);$
14 - Equações de indexação		
E_p1lab	Flexibilidade dos salários	$p1lab(i) = p3tot + f1lab_i + f1lab(i);$
E_p1oct	Indexação de preços para outros custos	$p1oct(i) = p3tot;$
E_ir_cr	Indexação de <i>ir</i> para <i>cr</i>	$x2tot_i = x3tot + f2tot_i;$
15 - Agregação setorial do PIB		
E_pibpri	PIB do setor agropecuário	$pibpri = x1tot("I1");$
E_pibsec	PIB do setor industrial	$V1TOT_SEC*pibsec = Sum(b,SEC,V1TOT(b)*x1tot(b));$
E_pibter	PIB do setor de serviços	$V1TOT_TER*pibter = Sum(d,TER,V1TOT(d)*x1tot(d));$
E_pibext	PIB do setor extrativo mineral	$V1TOT_EXT*pibext = Sum(e,EXT,V1TOT(e)*x1tot(e));$
E_pibtransf	PIB do setor de transformação	$V1TOT_TRANSF*pibtransf = Sum(f,TRANSF,V1TOT(f)*x1tot(f));$
E_pibcons	PIB do setor de construção	$pibcons = x1tot("I33");$
E_pibsiup	PIB do setor S.I.U.P	$pibsiup = x1tot("I32");$
E_pibcomer	PIB do setor de comércio	$pibcomer = x1tot("I34");$
E_pibtrans	PIB do setor de transporte	$pibtrans = x1tot("I35");$
E_pibcomun	PIB do setor de comunicação	$pibcomun = x1tot("I36");$
E_pibfin	PIB do setor de instituições financeiras	$pibfin = x1tot("I37");$
E_pibot_ser	PIB do setor de outros serviços	$V1TOT_OT_SER*pibot_ser = Sum(g,OT_SER,V1TOT(g)*x1tot(g));$
E_pibalu	PIB do setor de aluguel de imóveis	$pibalu = x1tot("I40");$
E_pibadmpub	PIB do setor de administração pública	$pibadmpub = x1tot("I41");$
E_pibmtl	PIB do setor de metalurgia	$V1TOT_MTL*pibmtl = Sum(g,MTL,V1TOT(g)*x1tot(g));$
E_pibmaq	PIB do setor de máquinas	$V1TOT_MAQ*pibmaq = Sum(g,MAQ,V1TOT(g)*x1tot(g));$
E_pibeqt	PIB do setor de equipamento de transporte	$V1TOT_EQT*pibeqt = Sum(g,EQT,V1TOT(g)*x1tot(g));$
E_pibqui	PIB do setor químico	$V1TOT_QUI*pibqui = Sum(g,QUI,V1TOT(g)*x1tot(g));$
E_pibtvc	PIB do setor têxtil, vestuário e de calçados	$V1TOT_TVC*pibtvc = Sum(g,TVC,V1TOT(g)*x1tot(g));$
E_pibali	PIB do setor de alimentos	$V1TOT_ALI*pibali = Sum(g,ALI,V1TOT(g)*x1tot(g));$
E_pibout	PIB do setor de outras indústrias	$V1TOT_OUT*pibout = Sum(g,OUT,V1TOT(g)*x1tot(g));$
16 - Preços do comércio mundial		
E_pcifmanuf	Preço de importação das manufaturas	$V0CIF_MANUF*pcifmanuf = Sum(c,MANUF,V0CIF(c)*pf0cif(c));$
E_pcifoil	Preço de importação do óleo	$pcifoil = pf0cif("C14");$
E_pcifnon_oil	Preço de importação de bens primários não-combustíveis	$V0CIF_NONOIL*pcifnon_oil = Sum(c,NON_OIL,V0CIF(c)*pf0cif(c));$
E_pciffood	Preço de importação de alimentos	$V0CIF_FOOD*pciffood = Sum(c,FOOD,V0CIF(c)*pf0cif(c));$
E_pcifbev	Preço de importação de bebidas	$pcifbev = pf0cif("C62");$
E_pcifag_raw	Preço de importação de materiais bruto agrícolas	$V0CIF_AG_RAW*pcifag_raw = Sum(c,AG_RAW,V0CIF(c)*pf0cif(c));$
E_pcifmet	Preço de importação de metais	$V0CIF_MET*pcifmet = Sum(c,MET,V0CIF(c)*pf0cif(c));$
E_pcifert	Preço de importação de fertilizantes	$pcifert = pf0cif("C38");$
17 - Nível de atividade por grupos de bens		
E_x0domdur	Oferta doméstica de bens duráveis	$SALES_DUR*x0domdur = Sum(c,DUR,SALES(c)*x0dom(c));$

E_x0domnondur	Oferta doméstica de bens não duráveis	$SALES_NONDUR*x0domnondur = Sum(c, NONDUR, SALES(c)*x0dom(c));$
E_x0domconsu	Oferta doméstica de bens de consumo	$SALES_CONSU*x0domconsu = Sum(c, CONSU, SALES(c)*x0dom(c));$
E_x0domcap	Oferta doméstica de bens de capital	$SALES_CAP*x0domcap = Sum(c, CAP, SALES(c)*x0dom(c));$
E_x0domindus	Oferta doméstica de bens industrializados	$SALES_IND*x0domindus = Sum(c, INDUS, SALES(c)*x0dom(c));$
E_x0domtrad	Oferta doméstica de bens comercializáveis	$SALES_T*x0domtrad = Sum(c, TRAD, SALES(c)*x0dom(c));$
E_x0domnontrad	Oferta doméstica de bens não comercializáveis	$SALES_NT*x0domnontrad = Sum(c, NONTRAD, SALES(c)*x0dom(c));$
<hr/>		
18 - Demanda de importação		
E_x0impdur	Oferta importada de bens duráveis	$V0CIF_DUR*x0impdur = Sum(c, DUR, V0CIF(c)*x0imp(c));$
E_x0impondur	Oferta importada de bens não duráveis	$V0CIF_NONDUR*x0impondur = Sum(c, NONDUR, V0CIF(c)*x0imp(c));$
E_x0impconsu	Oferta importada de bens de consumo	$V0CIF_CONSU*x0impconsu = Sum(c, CONSU, V0CIF(c)*x0imp(c));$
E_x0impcap	Oferta importada de bens de capital	$V0CIF_CAP*x0impcap = Sum(c, CAP, V0CIF(c)*x0imp(c));$
E_x0impindus	Oferta importada de bens industrializados	$V0CIF_IND*x0impindus = Sum(c, INDUS, V0CIF(c)*x0imp(c));$
E_x0imptrad	Oferta importada de bens comercializáveis	$V0CIF_T*x0imptrad = Sum(c, TRAD, V0CIF(c)*x0imp(c));$
E_x0impontrad	Oferta importada de bens não comercializáveis	$V0CIF_NT*x0impontrad = Sum(c, NONTRAD, V0CIF(c)*x0imp(c));$