

VARIAÇÕES NA PRODUTIVIDADE E IMPACTOS SOBRE O SETOR DE ENERGIA: UMA ANÁLISE DE EQUILÍBRIO GERAL

Fernando Salgueiro Perobelli
Ludmilla Rodrigues Costa
Eduardo Amaral Haddad
Edson Paulo Domingues

*TD. 003/2009
Programa de Pos-Graduação em Economia
Aplicada - FE/UFJF*

Juiz de Fora

2009

VARIAÇÕES NA PRODUTIVIDADE E IMPACTOS SOBRE O SETOR DE ENERGIA: UMA ANÁLISE DE EQUILÍBRIO GERAL

Fernando Salgueiro Perobelli – UFJF

Ludmilla Rodrigues Costa – UFJF

Eduardo Amaral Haddad – IPE/USP

Edson Paulo Domingues – CEDEPLAR/UFMG

Abstract

Energy is essential for the economic and social process in all the countries. The economic and social development and the environment are affected by the ways of energy production and consumption. Due to those reasons energy plays an important role in the private decisions and in the government policies. Energy can be viewed as a restriction for the industrialization process and for the economic growth. Thus the disposability of energy and the access to energy resources are fundamental questions in a specific region. This paper presents a computable general equilibrium model for the Brazilian economy and has as a principal aim make a wide analysis of energetic sector. The simulation exercises will enable us to verify how variations in the productivity (technical changes in the intermediate demand, capital use and household preferences) impact on macroeconomic variables and sectoral ones.

Key-words: Energy, Productivity, Computable general equilibrium models

Resumo:

A energia é essencial para a organização econômica e social de todos os países. O desenvolvimento econômico e social e o meio ambiente são afetados pelas formas de produção e consumo de energia. Por essas razões a energia ocupa um papel de destaque no processo de definição das estratégias empresariais e na agenda de políticas governamentais. A energia pode ser tomada como um fator limitante ao processo de industrialização e do crescimento econômico. Assim sendo, a disponibilidade e o acesso aos recursos energéticos se tornam questões fundamentais a uma região. Este artigo apresenta um modelo de equilíbrio geral construído para a economia brasileira e, que tem por objetivo fazer uma análise pormenorizada do setor de energia. Tal análise será realizada de forma ampla para que as vantagens da metodologia aqui adotada (*e.g* modelo de equilíbrio geral computável) sejam exploradas. Em outras palavras, os exercícios de simulação apresentados no presente artigo permitirão ao leitor verificar como variações na produtividade (mudanças técnicas na demanda intermediária, no uso do capital, no gosto das famílias) influenciam as variáveis macroeconômicas e os resultados setoriais.

Palavras-chave: Energia, Produtividade, Modelos de Equilíbrio Geral Computável

Introdução

A energia é essencial para a organização econômica e social de todos os países. O desenvolvimento econômico e social e o meio ambiente são afetados pelas formas de

produção e consumo de energia. Por essas razões a energia ocupa um papel de destaque no processo de definição das estratégias empresariais e na agenda de políticas governamentais. De fato, é impraticável pensar em desenvolvimento econômico e social sem suprimento de energia. (Pinto Jr, 2007). A energia pode ser tomada como um fator limitante ao processo de industrialização e do crescimento econômico. Assim sendo, a disponibilidade e o acesso aos recursos energéticos se tornam questões fundamentais a uma região.

É importante ressaltar que o sistema de geração de energia elétrica do Brasil é basicamente hidrelétrico. No ano de 2006, do total de energia gerado no Brasil, 76% foi hidrelétrica. O setor termoelétrico gerou 22% do total e o nuclear apenas 2%.

Energia desempenha um papel dual, tanto como bem de consumo como um insumo intermediário essencial. Ele é demandado tanto como uso direto (*e.g.* consumo privado) como uso indireto (*i.e* insumo no processo de produção ou transporte). Além da renda, o maior determinante da demanda de energia pelas famílias é o preço do uso da energia e dos bens dos setores produtivos. Um aumento no preço da energia reduz os gastos reais das famílias levando a uma redução na demanda de energia das mesmas assim como dos bens energéticos num primeiro momento. Como consequência, no lado da produção, há uma redução da demanda por trabalho e os salários reais diminuem. (Naqvi, 1997).

Pelo lado da oferta, o aumento no preço da energia traz dois efeitos conflitivos em todos os setores produtivos: (i) um aumento nos custos de produção como resultante do aumento no preço da energia que é usada como insumo intermediário e, ii) uma diminuição nos custos como resultante da diminuição dos salários. Portanto, se espera mudanças nos preços de todas as commodities. A direção e a magnitude da mudança nos preços de um bem dependem de fatores como: a) intensidade do fator trabalho e energia em sua produção e nas indústrias relacionadas ao setor e b) possibilidade de substituição do insumo energia.

A discussão anterior mostra que a questão de preços do setor de energia é complexa e não pode ser analisada de forma isolada. Assim sendo, a estrutura de um modelo de equilíbrio geral que considera a grande complexidade de *linkages* na economia é bastante compatível para este tipo de análise.

Nas últimas décadas os modelos de equilíbrio geral computável tem se tornado um campo estabelecido de estudo da economia aplicada. Os modelos de EGC têm sido amplamente utilizados para analisar uma variedade de questões colocadas pelos planejadores econômicos e pelos formuladores de política econômica. Dentre as questões tratadas pelos modelos de EGC é possível elencar as relativas à: formação de blocos de comércio; emissões de CO₂; degradação do meio ambiente; impostos; tarifas; e questões energéticas.

É possível elencar dois fatores que tem contribuído para a popularização esta metodologia. O primeiro é que tal metodologia permite o estabelecimento de modelos de larga escala que captura as interdependências e interações entre vários setores. O segundo ponto é que todas as relações no modelo são derivadas da teoria microeconômica e, consequentemente, suas aplicações não dependem de séries de tempo.

De acordo com Bergman (1988), a estrutura de um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) para analisar políticas de energia não precisa ser muito diferente de modelos EGC gerais. Apesar de que, se recomenda que a representação de substitutabilidade dos diferentes insumos deva ser mais elaborada nos modelos EGC que procuram modelar a energia.

O autor afirma que tais modelos EGC são muito úteis por dois motivos: a) estes modelos têm a capacidade de testar a relação entre crescimento do PIB e consumo de energia. A noção de relação geralmente constante entre consumo de energia e crescimento do PIB não pode ser justificada pela teoria econômica básica; de fato, ela pode ser rejeitada em termos empíricos através das aplicações dos modelos de equilíbrio geral computável; b) um modelo EGC tem a capacidade de mostrar os mecanismos através dos quais uma mudança na política energética afeta a economia, isto é, ele provê uma imagem detalhada e elucidativa dos mecanismos de substituição da economia.

Este artigo apresenta um modelo de equilíbrio geral construído para a economia brasileira e, que tem por objetivo fazer uma análise pormenorizada do setor de energia. Tal análise será realizada de forma ampla para que as vantagens da metodologia aqui adotada (*e.g* modelo de equilíbrio geral computável) sejam exploradas. Em outras

palavras, os exercícios de simulação apresentados no presente artigo permitirão ao leitor verificar como variações na produtividade (mudanças técnicas na demanda intermediária, no uso do capital, no gosto das famílias) influenciam as variáveis macroeconômicas e os resultados setoriais. Esses exercícios podem ser realizados em cenários de curto e longo-prazo. Para as simulações de curto-prazo foram analisados os impactos de variações técnicas, de preferência [(a1,(c,i,s)]; [a1cap(i)]; [a3(c,s)].

Espera-se com esse artigo: a) construir uma ferramenta de análise consistente que permita identificar, com detalhe, as questões inerentes ao setor, ou seja, as interdependências entre variações tecnológicas, as preferências das famílias, o comportamento dos componentes da demanda final e o setor de energia e demais setores econômicos; b) subsidiar os agentes privados e públicos na tomada de decisão. A partir dos resultados iniciais obtidos será possível construir várias extensões deste trabalho.

O presente artigo apresenta além desta introdução uma segunda seção que faz uma resenha sobre modelos de equilíbrio geral aplicados à economia brasileira e para análise do setor energético. Na terceira seção é discutida a estrutura do modelo EFES-ENERGY. Na quarta seção os resultados dos exercícios de simulação são descritos. E, por fim, são tecidas algumas considerações finais.

2. Revisão de Literatura:

2.1 Modelos de Equilíbrio Geral Computável

O trabalho de Johansen (1960) foi pioneiro ao propor a resolução do sistema walrasiano na forma de equações linearizadas em um estudo multissetorial 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 al., 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 calibrarem é referente ao ano de 1985.

O modelo B-MARIA-27 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 (Haddad *et alli*, 2003) é o tratamento detalhado dos fluxos interestaduais na economia brasileira, especificando mercados de origem e destino para as importações e exportações estaduais. O modelo BMARIA-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.

2.2 Modelos de Equilíbrio Geral Computável aplicados ao estudo de energia

3. Estrutura do Modelo EFES_ENERGY

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. Esta seção é dividida em três seções: As formas funcionais e hipóteses utilizadas para especificar o modelo computacional são apresentadas na primeira seção. Os fechamentos¹ adotados para o modelo são discutidos na segunda seção. Finalmente, o banco de dados e a calibragem são explicitados na

¹ O fechamento do modelo se refere à escolha das variáveis que poderão gerar choques exógenos.

terceira seção. A estrutura matemática e método de solução são descritos nos Anexos 1 a 4.

3.1 – 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).

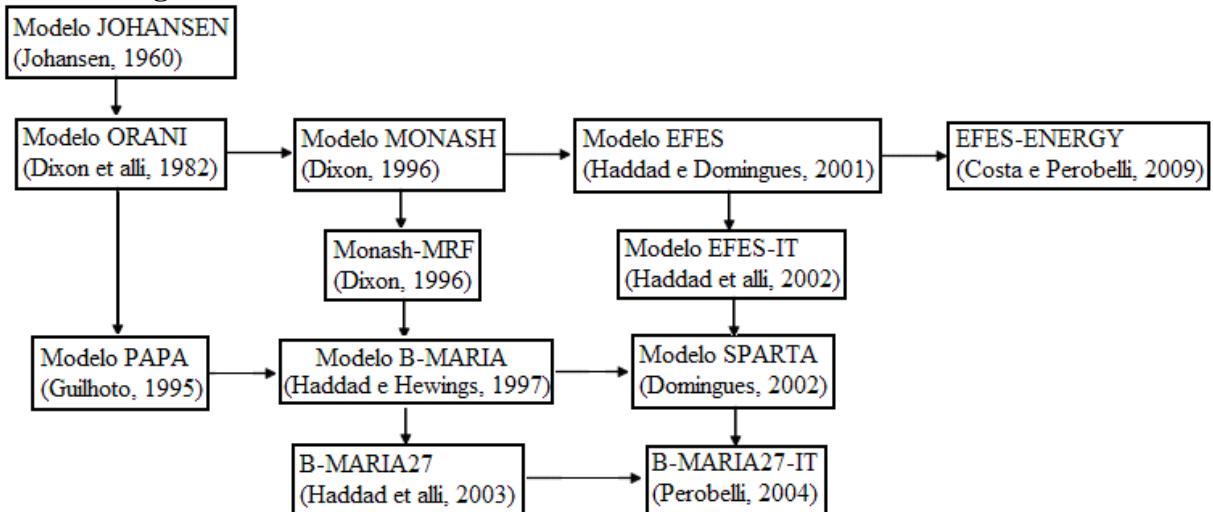
Neste contexto, o modelo *Economic Forecasting Equilibrium System*² (EFES) foi desenvolvido no âmbito do Projeto SIPAPE (Sistema Integrado de Planejamento e Análise de Políticas Econômicas), desenvolvido pela FIPE/USP, cujo objetivo geral é a especificação e implementação de um sistema de informações 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 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, 1999). 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

² Desenvolvido por Haddad e Domingues (2001).

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

A principal inovação no modelo EFES-ENERGY³ 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 2006.

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 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*). Para a construção da commodity energética que melhor represente os produtos do setor de

³ O modelo será implementado no programa GEMPACK (Harrison e Pearson, 1996).

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, será 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.

Quadro 1 - 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 ñ 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. ñ mercantis
I22	Fabricação calçados		

Fonte: elaboração própria com base no modelo EFES-ENERGY

Quadro 2 - *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 suíños	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 ñ metálicos	C55	Rações e out. alimentares
C17	Prod. siderúrgicos básicos	C56	Bebidas
C18	Laminados de aço	C57	Produtos diversos
C19	Prod. metalúrg. ñ 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. ñ 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. ñ 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.

3.2 – Especificações do modelo EFES-ENERGY

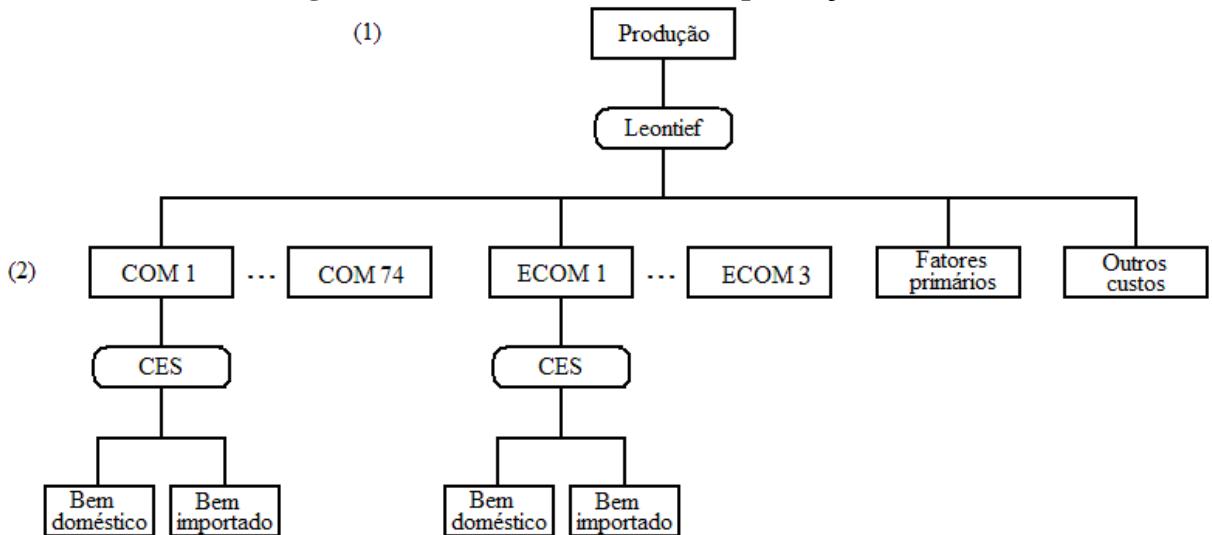
A estrutura central do modelo EFES-ENERGY é composta por blocos de equações que determinam relações de oferta e demanda, derivadas de hipóteses de otimização e condições de equilíbrio de mercado. Além disto, é estruturado de acordo com os seguintes blocos de equações: a) estrutura de produção; b) demanda 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.

A seguir, as principais características do modelo são descritas.

3.2.1 – 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, fatores primários com a incorporação da energia 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

3.2.2 – 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:

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

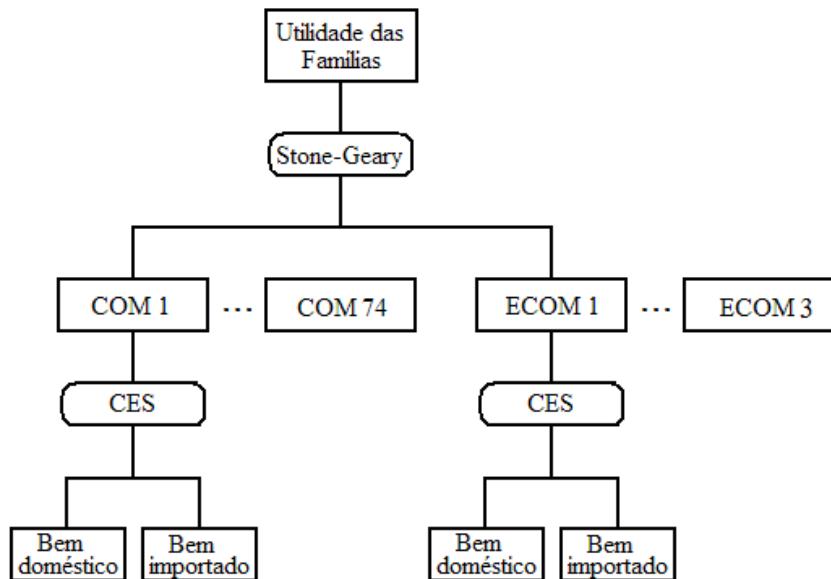
$$\sum_i \beta_i = 1$$

os vetores de parâmetros $X_{(i\bullet)}^{(3)}$ é o consumo agregado do bem i , $\gamma_{(i)}^r$ é a quantidade de subsistência, $\beta_{(i)}$ 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



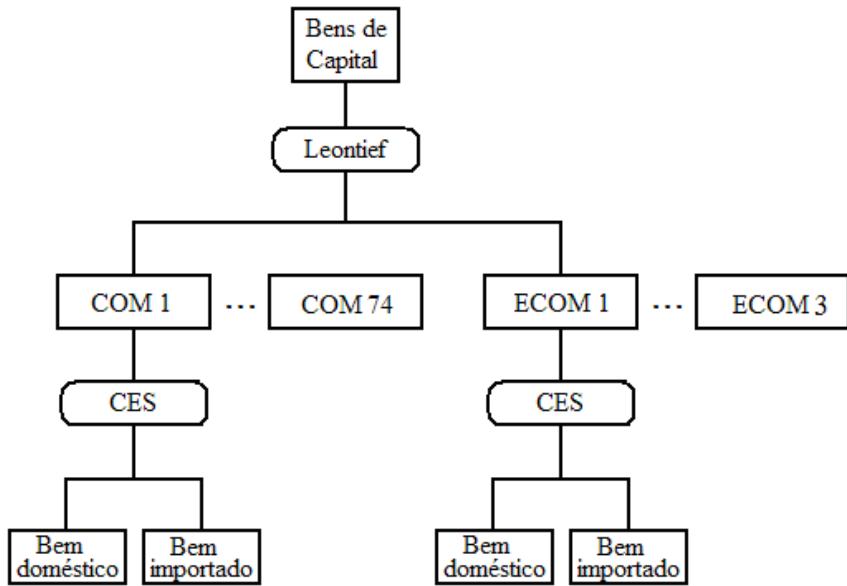
Fonte: elaboração própria com base no modelo EFES-ENERGY

3.2.3 – 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

3.2.4 – 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.

3.3 – 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 dependerá da especificação teórica e dos objetivos de simulação. A Tabela 7 é de grande utilidade, uma vez que identifica os 175 blocos de variáveis e 126 blocos de equações do modelo de acordo com suas dimensões básicas. Estas dimensões representam os bens (*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 1 - 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, consequentemente, 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 3 - 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 inter-setorialmente. 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.

3.4 – Construção do banco de dados

A base de dados necessária para o modelo de equilíbrio geral computável, 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).

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	V2BASE	V3BAS	V4BAS	V5BAS
Fluxos básicos energia	ECOM x SRC	V1BASE	V2BASE	V3BASE	V4BASE	V5BASE
Margens	COM x SRC x MAR	V1MAR	V2MARE	V3MAR	V4MAR	V5MAR
Impostos	COM x SRC x TAX	V1TAX	V2TAXE	V3TAX	V4TAX	V5TAX
Trabalho	1	V1LAB				
Capital	1	V1CAP				
Outros custos	1	VIOCT				

	Produção conjunta		Imposto de importação
	IND		1
COM	MAKE	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, remuneração dos fatores e o setor de energia).

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, os quais são utilizados na transferência dos bens entre vendedores e compradores. Além dos insumos intermediários, a produção corrente também faz uso de três categorias de fatores primários: trabalho, capital e energia (que será dividida em tipos diferentes de energia). 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 investidores⁴.

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 metodologicamente⁵ como forma de captar o custo dos serviços financeiros intermediários de cada atividade, a fim de não superestimar o valor adicionado por atividade e, consequentemente, 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

⁴ Para ver em detalhe tais modificações consultar a estrutura original do modelo em Haddad e Domingues (2001).

⁵ Ver Ramos (1997).

adicionado. O principal efeito desta alteração é inflar o item Serviços Financeiros para evitar a presença de atividades com remuneração do capital (*V1CAP*) negativa, mantendo-se as relações capital/trabalho prevalecentes na economia.

Os componentes do valor adicionado, trabalho (*V1LAB*) e capital (*V1CAP*) foram obtidos agregando itens da matriz do valor adicionado por atividade. O *V1LAB* é a soma dos itens Rendimento de Autônomos e Remunerações. O *V1CAP* refere-se ao Excedente Operacional Bruto. Os demais componentes do valor adicionado, Outros Tributos e Subsídios foram incluídos no item Outros Custos (*V1OCT*), que foi também utilizado para ajustar a base de dados. Dessa forma a soma de *V1LAB*, *V1CAP* e *V1OCT* 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 abertura⁶. 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

⁶ A metodologia empregada segue Haddad (1999).

elasticidade de preços) e elasticidade de substituição entre os insumos-energéticos pertencem ao modelo EFES-ENERGY.

Quadro 4 – 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. benefici.	-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 ñ 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. ñ 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. ñ 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	Adubos	-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. ñ mercantil privado	-1,05	-1,05	-2,09	0,00
C39	Fios têxteis artificiais	-0,95	-0,95	-1,89	0,47						

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.

3.5 – Análise descritiva da base de dados

Esta seção do presente relatório 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.

3.5.1 – Participação setorial das commodities energéticas

A estrutura de uso dos insumos energéticos no modelo EFES-ENERGY pode ser observada na Tabela 2. 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 extractiva 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 2 - 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%
Extractiva mineral	I2	25,30%
Limpeza pública	I33	19,60%
Mineral não 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. não mercantis	I43	12,20%

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

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 3 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 do setor. 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 3 - 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 não 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 neste trabalho 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 4 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 4 - 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 5 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 setores: elementos químicos (I16), metalurgia dos não ferrosos (I6), madeira e mobiliário (I13) e minerais não metálicos (I4).

Tabela 5 - 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. ñ 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 ñ 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.

3.5.2 – 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 6 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 6 - 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 7 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 7 - 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 3, 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 2.

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 (I11), peças e outros veículos (I12) e serviços prestados à família (I39) nas respectivas proporções: 31%, 25% e 20%. De acordo com a Tabela 6, 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 4 e 5, 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 2. 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 de grande importância 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 dotados de grande conteúdo energético, 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 nesta seção, os resultados das simulações serão analisados no próximo capítulo. A partir desses choques, 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. Resultados

O modelo EGC é flexível e permite aplicar diversos choques, ou seja, o modelo aqui adotado permite ao pesquisador interligar o tema energia com variações nos componentes da demanda final (e.g. consumo das famílias, investimento, gastos do governo, exportações). A estrutura do modelo também permite ao pesquisador verificar o impacto de mudanças nos coeficientes técnicos sobre o consumo de energia. Assim sendo, há uma variedade de possibilidades de análise. Cabe relembrar também que o modelo permite fechamentos de curto e longo-prazo.

Como afirmado na introdução nas simulações de curto-prazo foram analisados os impactos de variações técnicas, de preferência e de variações nas exportações $[(a1,(c,i,s)); [a1cap(i)]; [a3(c,s)]; [f4q(c,s)]$ e $[f4p(c,s)]$. Os resultados serão analisados em termos de impactos macroeconômicos e setoriais.

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 nível macroeconômico quanto setorialmente. 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 resultados⁷. A análise apresentada nesta seção procura trazer formas para um melhor entendimento dos resultados obtidos com o modelo, sem se prender em detalhes específicos.

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 a qual aproxima os resultados simulados da realidade, possibilitando aproximações por segmentações lineares sucessivas.

Para as simulações, utilizaram-se as seguintes variáveis de choque: a) o termo de mudança técnica na demanda intermediária $[a1(c,i,s)]$; b) termo de mudança técnica no uso de capital na indústria i $[a1cap(i)]$; c) investimento agregado real $[x2tot_i]$; d) consumo real das famílias $[x3tot]$; e) o termo de mudança nas preferências das famílias $[a3(c,i,s)]$; f) o termo de deslocamento do preço da demanda de exportação $[f4p(c,s)]$ e; g) o termo de deslocamento da quantidade demandada de exportação $[f4q(c,s)]$.

4.1 Variação no termo de mudança técnica na demanda intermediária $[a1(c,i,s)]$ – Curto-prazo

O termo $[a1(c,i,s)]$ pode ser entendido como uma variável tecnológica que pode ser usada na simulação dos efeitos de mudanças no uso de um insumo específico “ c ” por uma indústria “ i ”, ou por todas as indústrias “ IND ”. O termo ainda permite a distinção da fonte “ s ” em doméstica e importada.

O termo tecnológico tem impacto direto sobre a demanda intermediária dos bens da economia como dos preços da demanda por bens compostos (conforme mostra o TABLO do EFES_ENERGY – BOX1).

⁷ 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 40 setores da economia brasileira, para dois ambientes econômicos distintos (curto e longo prazo).

BOX 1 – TABLO EFES_ENERGY

```

E_x1          # Source-Specific Commodity Demands #
(All,c,COM) (All,i,IND) (All,s,SRC)
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        # Effective Price of Commodity Composite #
(All,c,COM) (All,i,IND)
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))});
```

Neste artigo utilizaremos as mudanças tecnológicas enfatizando aquelas nos bens energéticos (C14 – Petróleo e gás; C31 – Álcool da cana e cereais e C58 – Distribuição de energia elétrica). Este exercício de simulação permitirá evidenciar o impacto sobre os agregados macroeconômicos e sobre a produção setorial, ou seja, poder-se-á verificar qual a importância relativa para a indústria de mudanças no componente tecnológico.

4.1.1 Impactos Macroeconômicos

A Tabela 8 apresenta os resultados para os agregados macroeconômicos devido às mudanças tecnológicas, ou seja, variações na utilização dos insumos energéticos. O nível de atividade do setor de energia varia quando de mudanças tecnológicas nas commodities Petróleo e gás (C14) e Distribuição de energia elétrica (C58). Já o nível de atividade da economia em termos globais varia positivamente quando as mudanças tecnológicas ocorrem no setor de distribuição de energia. Isso pode ser explicado, devido à utilização desse insumo por uma grande parcela dos demais setores da economia. Esse resultado, de efeito multiplicador, pode ser corroborado pela variação positiva no emprego quando da mudança tecnológica no bem (C58).

Tabela 8. Variáveis Macroeconômicas: Variação [a1(c,i,s)]

Descrição	Variáveis	C14	C31	C58
(Mudança na razão (Balança Comercial/PIB)	delB	-0.000283	0.000011	0.00008
Emprego Agregado	employ_i	0.096173	-0.001688	0.043033
PIB Energia	pibener	0.080784	-0.037803	0.03768
PIB real	X0gdpexp	-0.035043	-0.006399	0.00559

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados das simulações

4.1.2 Impactos Setoriais

Esta subseção trata dos impactos setoriais. No presente relatório daremos ênfase ao resultado do nível de atividade por setor. Para fim de análise os setores serão divididos em setores “ganhadores” e setores “perdedores”, ou seja, setores nos quais há variação positiva e negativa no nível de atividade devido à mudanças tecnológicas no uso dos insumos energéticos (C14, C31 e C58).

No caso da variação no uso do bem Petróleo e gás (C14) tem-se 8 setores com valores positivos, ou seja, setores “ganhadores”, que foram: a) I34 – Construção civil; b) I4 – Mineral não metálico; c) I8 – Máquinas e equipamentos; d) I39 – Serviços prestados às famílias; e) I7 – Outros metalúrgicos; f) I3 - Energia; g) I33 – Limpeza pública; e h) I31 – Gás encanado.

No exercício de simulação de variação no uso do insumo Álcool de cana (C31) verificou-se 13 setores “ganhadores”, quais sejam: a) I9 – Material elétrico; b) I16 – Elementos químicos; c) I13 – Madeira e mobiliário; d) I8 – Máquinas e equipamentos; e) I39 – Serviços prestados às famílias; f) I1 – Agropecuária; g) I34 – Construção civil; h) I25 – Abate de animais; i) I17 – Químicos diversos; j) I23 – Indústria do café; k) I4 – Mineral não metálico; l) I6 – Metalurgia dos não ferrosos; m) I42 – Serviços privados não mercantis.

A simulação de variação tecnológica no uso do bem C58 – Distribuição de energia elétrica para todas as indústrias mostrou-se como a que mais setores ganhadores apresentaram. Esses foram em número de 23 setores. Tal resultado pode ser devido, em grande parte, ao uso difundido deste bem como insumo no processo produtivo. Assim

sendo, variações tecnológicas em tal insumo tende a contribuir para variações positivas no valor adicionado de um maior número de setores. Aqueles que tiveram as maiores variações foram: a) I8 – Máquinas e equipamentos – 34% de contribuição para a variação positiva do valor do nível de atividade da economia; b) I9 – Material elétrico (31%); c) I13 – Madeira e mobiliário (13%); d) I39 – Serviços prestados às famílias (5%); e) I1 – Agropecuária (4%).

O resultado mais positivo para a commodity (c58) – maior número de setores ganhadores, pode ser explicado, em parte, aos resultados de variações positiva no emprego e no PIB setorial e da economia (Ver Tabela 8).

4.2 - Variação no termo de mudança técnica no uso de capital na indústria i [a1cap(i)] – Curto-prazo

O termo [a1cap(i)] também pode ser entendido como uma variável tecnológica e mensura o uso do capital nas diversas indústrias, ou seja, um aumento na intensidade deste fator primário no processo produtivo. O termo [a1cap(i)] tem impacto direto sobre a demanda de capital pelos setores e na equação de preço dos termos de demanda por fator primário (Ver BOX 2).

Neste artigo os exercícios de simulação foram: i) uma variação na intensidade do uso de capital do setor I3 (indústria energética) e ii) uma variação na intensidade do uso de capital na economia (All IND). Apresentaremos discussões macroeconômicas e setoriais.

BOX 2 – TABLO EFES_ENERGY

```
E_x1cap      # Industry demands for capital #
(All, i, IND)
x1cap(i)-a1cap(i) = x1prim(i)-2*SIGMA1PRIM(i)*[p1cap(i)+a1cap(i)-
p1prim(i)];
```



```
E_p1prim    # Effective price term for factor demand equations #
(All, i, IND)
V1PRIM(i)*p1prim(i) = V1LAB(i)*(p1lab(i) + allab(i)) +
V1CAP(i)*(p1cap(i)+ a1cap(i));
```

4.2.1 Impactos Macroeconômicos

A Tabela 9 mostra os resultados macroeconômicos para os exercícios de simulação de variação no uso do capital para a indústria energética e para todas as indústrias. A mudança tecnológica tanto na Indústria de energia como em todas as indústrias faz com que aumenta a oferta doméstica de bens na economia (e.g. consumo, duráveis, industriais, bens não duráveis, etc). O resultado para todas as indústrias mostra um aumento no PIB do setor de energia e também no PIB da economia como um todo.

Tabela 9. Variáveis Macroeconômicas: Variação [a1cap(i)]

Descrição	Variáveis	a1cap (I3)	a1cap(IND)
(Mudança na razão (Balança Comercial/PIB)	delB	-0.0000380	0.00225
Emprego Agregado	employ_i	0.1156230	-0.05076
PIB Energia	x0gdpxp	-0.0040790	0.505917
PIB real	pibener	-0.2519600	3.213042
Oferta doméstica			
– bens de consumo	x0domconsu	0.0580830	1.363805
Oferta doméstica	x0domdur	0.0979090	1.175482
– bens duráveis			
Oferta doméstica	x0domindus	0.0256000	1.348834
– bens industriais			
Oferta doméstica	x0domnondur	0.0351590	1.454959
– bens não duráveis			
Oferta doméstica	x0domtrad	0.0061210	1.614122
– bens comerciais			

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados das simulações

4.2.2 Impactos Setoriais

Esta subseção trata dos impactos setoriais. Neste artigo daremos ênfase aos resultados do nível de atividade por setor e da oferta de bens domesticamente. Para fim de análise os setores e bens serão divididos em setores e bens “ganhadores” e setores e bens “perdedores”, ou seja, setores/bens nos quais há variação positiva e negativa no nível de atividade devido às mudanças tecnológicas no uso do insumo capital no setor de energia e na economia como um todo.

Na simulação de mudança tecnológica do insumo capital no setor de energia percebe-se que 54 setores tiveram variação positiva na oferta de bens domesticamente. Já na simulação com variação tecnológica para todas as indústrias verificou-se que 70 setores tiveram variação positiva. A Tabela 10 mostra os 10 principais setores, ou seja, aqueles que mais contribuíram para a variação positiva de oferta de bens domésticos.

Tabela 10. Impacto sobre oferta de bens domésticos: variação [a1cap(i)] na indústria de energia e na economia como um todo

x0dom	a1cap(I3)	x0dom	a1cap(IND)
C23	22.64%	C25	13.04%
C27	11.76%	C24	6.15%
C24	7.46%	C56	5.37%
C21	6.75%	C26	4.25%
C11	5.65%	C29	3.41%
C68	3.85%	C14	3.05%
C70	3.18%	C35	2.64%
C69	2.78%	C12	2.29%
C35	2.38%	C46	2.17%
C4	1.87%	C71	2.03%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Em relação ao primeiro exercício vale a pena salientar que a oferta doméstica das commodities energéticas têm o seguinte resultado: a) C31 – contribuição de 1.11% à variação total; b) C58 – contribuição de 0.58% e c) C14 – variou negativamente. Com relação ao segundo exercício se tem os seguintes resultados: i) C14 – contribuição de 3.05%, ii) C 31 – 1.66% e iii) C58 – contribuição de 0.47%.

O aumento na intensidade do uso de capital pelo setor de energia tem impacto positivo sobre o nível de atividade de 26 setores e o setor que mais contribui para este resultado é o I9 (Material elétrico). No caso de variação para a economia como um todo 39 setores têm variação positiva no nível e atividade sendo que o setor I11 (Automóveis, caminhões, ônibus) é o que mais contribui. O setor de energia também está entre os 10 setores que mais contribuem para a variação positiva do nível de atividade econômica.

Tabela 11. Impacto sobre nível de atividade econômica: variação [a1cap(i)] na indústria de energia e na economia como um todo

x1tot	a1cap(I3)	x1tot	a1cap(IND)
I9	33.25%	I11	20.62%
I13	16.88%	I10	9.71%
I10	10.27%	I12	6.78%
I8	8.86%	I15	5.38%
I39	4.80%	I3	5.21%
I1	4.42%	I18	4.33%
I18	3.58%	I29	4.20%
I25	2.51%	I2	3.55%
I17	2.06%	I40	3.54%
I16	1.90%	I35	2.86%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

4.3 Variações no termo de mudança nas preferências das famílias [a3(c,s)] – Curto-prazo

O termo [a3(c,s)] indica mudança nas preferências das famílias, ou seja, pode ser entendido como uma variação nos gostos das famílias e pode ser usado na simulação dos efeitos de mudanças na preferência pelo consumo de um bem específico “c”. O termo ainda permite a distinção da fonte “s” em bens domésticos ou importados.

Os exercícios de simulação para as famílias foram mudanças na preferência por consumo em relação às commodities energéticas (C14, C31 e C58). Seguindo a estrutura dos demais exercícios de simulação apresentaremos resultados para agregados macroeconômicos e para setores.

O termo tecnológico tem impacto direto sobre a demanda das famílias e sobre os preços da demanda por bens compostos (conforme mostra o TABLO do EFES_ENERGY – BOX3).

BOX 3 – TABLO EFES_ENERGY

```
E_x3          # Source-Specific Commodity Demands #
(A11, c, COM) (A11, s, SRC)
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          # Effective Price of Commodity Composite #

(A11, c, COM)
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));

```

4.3.1 Resultados Macroeconômicos

A Tabela 12 apresenta os resultados macroeconômicos. Percebe-se que as mudanças nas preferências das famílias por consumo de bens energéticos têm impacto positivo na economia, ou seja, há uma variação positiva tanto no PIB da economia quanto no PIB do setor de energia. O saldo da balança comercial tem resultado positivo, pois, pelo fechamento de curto prazo, o mesmo se ajuste na mesma direção do PIB (que é determinado pelo lado da oferta da economia). Há aumento no emprego, o que determina variações positivas no PIB. Em relação à oferta de bens domésticos os resultados mostram que há variações positivas para todos os tipos de bens (*i.e.* bens de consumo, duráveis, não duráveis, etc).

Tabela 12. Variáveis Macroeconômicas: Variação [a3(c,s)]

Descrição	Variáveis	a3(C14,DOM)	a3(C31,DOM)	a3(C58,DOM)
(Mudança na razão (Balança Comercial/PIB)	delB	0.000317	0.000021	0.000793
Emprego Agregado	employ_i	0.074726	0.000922	0.223859
PIB Energia	x0gdpxp	0.100115	0.002909	0.154508
PIB real	pibener	0.784718	0.018447	0.89851
Oferta doméstica				
– bens de consumo	x0domconsu	0.28044	0.009362	0.549884
Oferta doméstica				
– bens duráveis	x0domdur	0.325457	0.012823	1.105567
Oferta doméstica				
– bens industriais	x0domindus	0.344437	0.008299	0.613563
Oferta doméstica				
– bens não duráveis	x0domnondur	0.251672	0.007179	0.223449
Oferta doméstica				
– bens comerciais	x0domtrad	0.341839	0.010569	0.566178

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados das simulações

4.3.2. Resultados Setoriais

Esta subseção apresenta os impactos setoriais. No presente relatório daremos ênfase aos resultados do nível de atividade por setor e da oferta de bens domesticamente. Para fim de análise os setores e bens serão divididos em setores e bens “ganhadores” e setores e bens “perdedores”, ou seja, setores/bens nos quais há variação positiva e negativa no nível de atividade devido às mudanças tecnológicas no uso do insumo capital no setor de energia e na economia como um todo.

A mudança na preferência dos consumidores por mais bens energéticos em suas cestas traz efeitos positivos o nível de atividade da grande maioria dos setores da economia. A Tabela 13 apresenta os 10 setores que mais contribuíram para tal resultado em cada uma das simulações. Vale salientar o aumento do nível de atividade do setor de Energia (I3) que contribui em torno de 5% para a variação do nível de atividade econômica nos três exercícios de simulação propostos. Os resultados setoriais mostram que os setores I11 – Automóveis, caminhões e ônibus, I10 – Equipamentos eletrônicos situam-se entre os três mais impactados com os exercícios de simulação propostos.

Tabela 13. Impacto sobre nível de atividade econômica: variação [a3(c,s)] nos bens energéticos (C14, C31 e C58)

x1tot	sim_x3tot_c14	x1tot	sim_x3tot_c31	x1tot	sim_x3tot_c58
I11	26.78%	I9	17.32%	I8	31.71%
I12	6.91%	I16	15.52%	I10	6.67%
I10	6.88%	I10	11.62%	I11	6.23%
I29	6.31%	I13	8.56%	I15	5.39%
I15	6.14%	I11	6.10%	I18	5.10%
I40	5.57%	I3	4.32%	I3	5.08%
I3	5.17%	I12	3.60%	I40	4.24%
I18	4.50%	I18	3.41%	I12	3.62%
I24	3.17%	I1	2.84%	I22	2.88%
I22	2.73%	I15	2.71%	I35	2.78%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

CONCLUSÕES

O objetivo principal desse trabalho foi a construção de um modelo de equilíbrio geral computável que permitisse investigar a influência que as mudanças na demanda intermediária, no uso do capital, nas preferências, 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.

Este artigo 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 nas seções deste relatório, 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.

Referências

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.

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.

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.

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).

FOCHEZATTO, A. **Estabilização, ajuste estrutural e eqüidade 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 BLUMENSCHINE, F.; HADDAD, E.; ROCHA, F.; PONCZEK, V. **Relatório FIPE**, 1999. Mimeografado.

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.; PEROBELL, 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.

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

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

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

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

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