UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

**MODELAGEM E AVALIAÇÃO DE FENÔMENOS RELACIONADOS AO USO DA
TERRA NO BRASIL**

Weslem Rodrigues Faria

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Amaral Haddad

São Paulo

2012

Prof. Dr. João Grandino Rodas
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Reinaldo Guerreiro
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Profa. Dra. Elizabeth Maria Mercier Querido Farina
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Pedro Garcia Duarte
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

WESLEM RODRIGUES FARIA

**MODELAGEM E AVALIAÇÃO DE FENÔMENOS RELACIONADOS AO USO DA
TERRA NO BRASIL**

Tese apresentada ao Departamento de
Economia da Faculdade de Economia,
Administração e Contabilidade da
Universidade de São Paulo como requisito
para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Amaral Haddad

Versão Original

SÃO PAULO

2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Faria, Weslem Rodrigues

Modelagem e avaliação de fenômenos relacionados ao uso da terra no Brasil / Weslem Rodrigues Faria. -- São Paulo, 2012.
275 p.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2012.
Orientador: Eduardo Amaral Haddad.

1. Economia regional 2. Uso do solo 3. Produção agrícola 4. Mudança climática I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. II. Título.

CDD – 338.09

Dedico este trabalho aos meus amados familiares

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Economia da FEA/USP a excelente estrutura e o profissionalismo oferecidos durante o curso, que contribuiu de forma decisiva para a minha formação. Ao Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP (NEREUS), o ambiente de pesquisa que tornou possível tanto a assimilação de conhecimento quanto a experiência e a evolução como pesquisador a partir da interação com pesquisadores de excelência na área, como os Professores Eduardo Haddad, Joaquim Guilhoto, Carlos Azzoni, Edson Domingues, Fernando Perobelli, Gervásio Santos, Eduardo Almeida e Alexandre Porsse, que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Neste sentido, cito também o *Regional Economics Applications Laboratory* (REAL) da Universidade de Illinois, que, sob a tutela do Professor Geoffrey Hewings, ofereceu-me um ambiente valioso para o desenvolvimento da minha Tese durante o estágio sanduíche nos Estados Unidos.

Agradeço em especial ao meu orientador, o Professor Eduardo Haddad, que me estimulou a conquistar novos conhecimentos e que me apresentou novas oportunidades. Ademais, devo agradecer os seus valiosos conselhos e ensinamentos sobressalentes à esfera acadêmica e profissional e incidentes sobre minha vida pessoal. Terei-os comigo para sempre. Agradeço, enfim, o seu futebol, que nos conduziu a belas vitórias e conquistas.

Ao Professor Fernando Perobelli, o incentivo e apoio constantes; desde a graduação serviu-me como inspiração e terei-o para sempre como mentor. Ao Professor Edson Domingues, os estímulos que me ajudaram a alcançar importantes objetivos. Da mesma forma, agradeço à minha amiga Ana Barufi, sem cuja ajuda ingressar no programa de Doutorado em Teoria Econômica da FEA/USP teria sido mais difícil.

Aos colegas de NEREUS — Otávio, Renato, Luiz Gustavo, Paula, Lucas, Denise, Maria Carolina e Sarah — e àqueles cativados nos EUA — Admir, Deco, Raulzito, Rafael, Aline, Marcela, Jun e Carol —, a amizade que contribuiu para a superação de certas dificuldades. Agradeço aos colegas e companheiros de pesquisa Alexandre Nunes e Eduardo Barbosa a disposição e a atenção empregada nos trabalhos. Agradeço ao meu amigo Diego Calori, grande companheiro, as boas conversas e também o esforço atribuído no trabalho de revisão do texto desta Tese.

Gostaria de agradecer ao CNPq, à Rede Clima e à Fipe o apoio financeiro.

Por fim, agradeço especialmente à minha família o suporte que me proporcionou tranquilidade durante minha jornada e o constante apoio e amor, que me estimularam a superar muitas barreiras e, com isso, alcançar muitos objetivos na vida.

RESUMO

O objetivo principal desta Tese foi desenvolver um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) com especificação detalhada do uso da terra para o Brasil. Primeiramente, pelo lado da demanda, isso foi alcançado com a introdução de uma estrutura aninhada para o fator terra com possibilidades de substituição entre os usos do composto de lavouras, pecuária e floresta. No nível mais inferior desta estrutura, o composto de lavouras definiu as possibilidades de substituição entre diferentes usos de terras de lavouras. Em segundo, pelo lado da oferta, os usos da terra pelas atividades agrícolas foram definidos em termos físicos. Desta forma, modificações no retorno relativo da terra conduzem as variações do uso da terra de acordo com os diferentes usos possíveis. A estratégia de identificação dos usos da terra no modelo foi realizada atrelando os usos às atividades agrícolas correspondentes, mostrando-se distinta das estratégias encontradas na literatura. A capacidade analítica do modelo é ampla, podendo ser aplicado para investigar políticas que afetam direta ou indiretamente o uso da terra. Duas aplicações foram realizadas no contexto de análise de desenvolvimento do modelo. A primeira foi a mensuração dos efeitos econômicos de mudanças climáticas sobre o Brasil. Para a construção dos choques foi adotada uma estratégia de integração entre os resultados de um modelo econométrico do uso da terra, que forneceu a sensibilidade da alocação de terra entre os usos possíveis a mudanças climáticas, e o modelo de equilíbrio geral. A integração foi definida de forma que as mudanças climáticas produzissem deslocamentos na função de demanda por terra neste modelo. Para a construção dos choques foram consideradas projeções para temperatura e precipitação com base em dois cenários do IPCC, A2 e B2. Os resultados desta análise indicaram uma redução do PIB real nacional em ambos os cenários e nos intervalos de projeção. As atividades agrícolas foram as mais afetadas negativamente. A economia da maioria dos estados apresentou variação negativa do PIB real. A outra análise implementada foi a avaliação dos impactos regionais da mudança na produtividade da terra agrícola das lavouras entre 1996 e 2006. A mudança na produtividade agrícola produziu efeitos positivos sobre o PIB real nacional e da maioria dos estados.

ABSTRACT

The main objective of the dissertation was to develop a computable general equilibrium (CGE) model with detailed specification of land use for Brazil. First, in the demand side, it was achieved with the introduction of a nested structure for land with substitution possibilities among the uses of crops composite, livestock and forestry. At the lowest level of this structure, the crops composite defined the substitution possibilities among different uses of crop land. Second, in the supply side, the land uses by agricultural activities have been defined in physical terms. Thus, changes on relative return of land drive the changes in land use according to the different possible uses. The strategy of identification of land uses in the model was peculiar wherein the land uses were linked to the corresponding agricultural activities, being distinct from the strategies found in the literature. The analytical capability of this model is broad and it can be applied to investigate policies that directly or indirectly affect land use. Two applications were made using the model. The first one was to measure the economic effects of climate change on Brazil. For the construction of the shocks was adopted a strategy of integration between the results of an econometric model of land use, which provided the sensitivity of the allocation of land among the possible uses to climate change, and the general equilibrium model. The integration was set so that the climate changes produce shifts in the demand function for land in this model. For the construction of the shocks were considered projections for temperature and precipitation based on two IPCC scenarios, A2 and B2. The results of this analysis indicated a reduction in national real GDP in both scenarios and projection intervals. Agricultural products were the most adversely affected. The economies of most states showed negative change in real GDP. A further analysis was implemented to evaluate the impact of the regional change in productivity of agricultural crops between 1996 and 2006. The change in agricultural productivity had positive effects on national real GDP and the majority of states.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
1. ASPECTOS RELACIONADOS AO USO DA TERRA E A MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL	13
1.1. Uso da terra no Brasil.....	13
1.2. Mudanças climáticas no Brasil.....	18
2. USO DA TERRA, MODELAGEM INTER-REGIONAL DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL E ESTRATÉGIAS DE INCORPORAÇÃO DO FATOR TERRA NA MODELAGEM	25
2.1. Uso da terra na teoria econômica e aspectos relacionados à NGE.....	25
2.2. Modelagem de equilíbrio geral.....	30
2.3. Modelos Inter-regionais de Equilíbrio Geral Computável	33
2.3.1. Tradição australiana de modelagem EGC	35
2.3.2. Experiência brasileira de modelagem EGC.....	37
2.4. Modelagem EGC com uso da terra: uma revisão considerando as estratégias de incorporação	41
2.4.1. Desenvolvimentos para análise regional	54
3. ESTRUTURA DO MODELO BLUE	61
3.1. Características do modelo.....	62
3.2. Estrutura teórica do modelo.....	64
3.2.1. Núcleo do modelo EGC.....	65
3.2.1.1. Demanda por insumos no processo de produção, oferta de terra e fronteira de transformação de terra	65
3.2.1.2. Estrutura da demanda por investimentos.....	75
3.2.1.3. Estrutura da demanda das famílias	76
3.2.1.4. Estrutura da demanda dos governos por bens públicos.....	78
3.2.1.5. Demanda externa	78
3.2.2. Mercado de trabalho regional.....	79
3.2.3. Finanças públicas.....	79
3.2.4. Acumulação de dívida externa	80
3.2.5. Módulo de emissões	80
3.3. Acumulação de capital, investimento e dinâmica recursiva.....	82
3.4. Estrutura matemática e método de solução	86
3.5. Fechamentos	89
3.5.1. Fechamento de curto prazo.....	90
3.5.2. Fechamento de longo prazo.....	91
3.6. Teste de homogeneidade	91
3.7. Análise de sensibilidade sistemática.....	92
3.8. Dados e parâmetros comportamentais.....	92
3.8.1. Dados relativos ao núcleo do modelo.....	92
3.8.2. Dados do uso da terra	97
3.8.3. Dados de emissões.....	103
3.8.4. Parâmetros	108
4. CARACTERIZAÇÃO DA ECONOMIA BRASILEIRA EM 2007 E A MUDANÇA NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA.....	113
4. 1. Relações de insumo-produto do Brasil em 2007	113
4.1.1. Ligações de insumo-produto na economia brasileira em 2007	125
4.1.1.1. Índices de Rasmussen-Hirschman	125

4.1.1.2. Campo de influência.....	128
4.2. Diferencial de produtividade agrícola no Brasil entre 1996 e 2006.....	138
4.2.1. Introdução.....	138
4.2.2. Dados.....	140
4.2.3. Produtividade agrícola regional.....	141
4.2.4. Metodologia.....	148
4.2.4.1. Análise exploratória de dados espaciais.....	148
4.2.4.2. Análise de convergência.....	149
4.2.4.3. Econometria espacial.....	151
4.2.4.4. Matriz de peso espacial.....	153
4.2.5. Resultados.....	153
5. RESULTADOS DAS APLICAÇÕES DO MODELO.....	159
5.1. Efeitos sistemáticos nas relações causais do mecanismo de funcionamento do modelo.....	159
5.2. Estratégia de integração entre a modelagem EGC do uso da terra e a modelagem do uso da terra às variações climáticas e os efeitos econômicos de mudanças climáticas.....	164
5.2.1. Elasticidades, dados e choques.....	172
5.2.2. Efeitos econômicos de mudanças climáticas globais.....	178
5.2.2.1. Resultados macroeconômicos.....	179
5.2.2.2. Resultados sobre as atividades econômicas.....	182
5.2.2.3. Resultados regionais.....	188
5.2.2.4. Resultados sobre nível de emissões.....	191
5.3. Mensuração dos efeitos da mudança na produtividade agrícola.....	195
5.3.1. Resultados macroeconômicos.....	196
5.3.2. Resultados sobre as atividades e regiões.....	198
5.4. Análise de sensibilidade sistemática.....	200
5.4.1. Efeitos de mudanças climáticas.....	201
5.4.2. Análise da mudança na produtividade agrícola.....	210
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	213
APÊNDICE 1. ESPECIFICAÇÃO DO NÚCLEO CENTRAL DO MODELO BLUE.....	247
APÊNDICE 2. AGREGAÇÃO DOS PRODUTOS A PARTIR DO NOVO SISTEMA DE CONTAS NACIONAIS.....	259
APÊNDICE 3. AGREGAÇÃO DOS SETORES A PARTIR DOS SETORES DO NOVO SISTEMA DE CONTAS NACIONAIS.....	261
APÊNDICE 4. TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADES PARA TONELADAS.....	262
APÊNDICE 5. CULTURAS EXCLUÍDAS DA “PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA SUJA”.....	263

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Média de aquecimento global da superfície terrestre projetada para o século XXI (Mudança na temperatura, em °C, para o período de 2090 a 2099 em relação ao período de 1980 a 1999).....	20
Tabela 2 — Atividades e produtos do modelo BLUE.....	63
Tabela 3 — Participação (em %) na oferta interna de energia por fonte	96
Tabela 4 — Participação (em %) no consumo residencial de eletricidade por Grandes Regiões do Brasil.....	96
Tabela 5 — Participação (em %) no consumo final de energia por setor	96
Tabela 6 — Uso da terra (em hectares)	99
Tabela 7 — Participação (em %) da terra utilizada e elasticidades de substituição na oferta do uso da terra	101
Tabela 8 — Tipos de emissões e métrica de ponderação	104
Tabela 9 — Emissões fugitivas por atividade	105
Tabela 10 — Emissões totais do inventário nacional calculadas por estados e emissões consideradas com base no Censo Agropecuário de 2006 (em GWP)	108
Tabela 11 — Parâmetros das elasticidades de Armington regionais.....	109
Tabela 12 — Elasticidades de substituição entre os produtos da lavoura	110
Tabela 13 — Participação das atividades na produção regional	115
Tabela 14 — Participação do consumo intermediário nas vendas por estado.....	116
Tabela 15 — Participação da criação de capital nas vendas por estado.....	117
Tabela 16 — Participação do consumo das famílias nas vendas por estado.....	118
Tabela 17 — Participação das exportações nas vendas por estado	119
Tabela 18 — Participação da demanda dos governos regionais nas vendas por estado	120
Tabela 19 — Participação da demanda do governo federal nas vendas por estado	121
Tabela 20 — Participação do fator terra no custo total	122
Tabela 21 — Participação do fator terra no total do custo com fatores primários.....	122
Tabela 22 — Índices de ligação para frente (LF) e para trás (LP) de Rasmussen-Hirschman — Estados das regiões Norte, Centro-Oeste e Sul	132
Tabela 23 — Índices de ligação para frente (LF) e para trás (LP) de Rasmussen-Hirschman — Brasil e estados das regiões Nordeste e Sudeste.....	133
Tabela 24 — Produtividade agrícola das atividades de lavoura nos estados em 1996	143
Tabela 25 — Produtividade agrícola das atividades de lavoura nos estados em 2006	144
Tabela 26 — Variação da produtividade agrícola das atividades de lavoura nos estados entre 1996 e 2006 (em variação %).....	145
Tabela 27 — Índice de autocorrelação espacial global das culturas selecionadas.....	154
Tabela 28 — Regressão MQO da análise de convergência das culturas selecionadas (1996-2006) e testes de dependência espacial.....	157
Tabela 29 — Estimções dos modelos espaciais da análise de convergência para as culturas de Café em Grão e Outros produtos da lavoura (1996-2006).....	157
Tabela 30 — Efeitos sobre o PIB real do aumento em 1% na temperatura em cada região (em variação %).....	170
Tabela 31 — Efeitos sobre o PIB real do aumento em 2% na temperatura em cada região (em variação %).....	171
Tabela 32 — Elasticidades regionais da demanda por terra em relação à temperatura	173
Tabela 33 — Elasticidades regionais da demanda por terra em relação à precipitação.....	174
Tabela 34 — Variações (em °C, mm e %) de temperatura e precipitação do período 2010-2039 em relação a 1975-2005.....	176

Tabela 35 — Variações (em °C, mm e %) de temperatura e precipitação do período 2040-2069 em relação a 1975-2005.....	177
Tabela 36 — Variações (em °C, mm e %) de temperatura e precipitação do período 2070-2099 em relação a 1975-2005.....	178
Tabela 37 — Resultados agregados de longo prazo dos efeitos de mudanças climáticas (em variação %).....	179
Tabela 38 — Resultados de longo prazo dos efeitos de mudanças climáticas, nível de atividade (em variação %).....	185
Tabela 39 — Resultados de longo prazo por atividade e região do efeito de mudanças climáticas para o período 2070-99 do cenário A2, nível de atividade (em variação %).....	187
Tabela 40 — Impactos regionais de longo prazo do efeito de mudanças climáticas, PIB real (em variação %).....	188
Tabela 41 — Efeitos de mudanças climáticas sobre emissões do uso de energia, por usuário (em variação %).....	194
Tabela 42 — Efeitos de mudanças climáticas sobre emissões fugitivas (em variação %)	195
Tabela 43 — Resultados agregados de longo prazo dos efeitos da mudança na produtividade agrícola entre 1996 e 2006	197
Tabela 44 — Análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição regional e internacional, PIB real (em variação %).....	203
Tabela 45 — Análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição do composto da agropecuária, PIB real (em variação %).....	204
Tabela 46 — Análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição entre os produtos de lavouras, PIB real (em variação %).....	205
Tabela 47 — Análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição de terra do composto da agropecuária, PIB real (em variação %).....	206
Tabela 48 — Análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição de terra entre produtos de lavouras, PIB real (em variação %)	207
Tabela 49 — Análise de sensibilidade em relação ao parâmetro de retornos decrescente de escala do uso da terra, PIB real (em variação %)	208
Tabela 50 — Análise de sensibilidade em relação a todos os seis grupos de parâmetros, PIB real (em variação %).....	209
Tabela 51 — Análise de sensibilidade em relação aos parâmetros selecionados, PIB real (em variação %).....	211

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Área colhida segundo as lavouras e pecuária em 1996.....	15
Figura 2 — Área colhida segundo as lavouras e pecuária em 2006.....	16
Figura 3 — Localização das usinas produtoras de álcool	17
Figura 4 — Experiência brasileira de modelagem EGC como herança da tradição australiana	38
Figura 5 — Estrutura aninhada da tecnologia de produção.....	66
Figura 6 — Estrutura da oferta de terra segundo os modos de utilização	72
Figura 7 — Curvas de oferta de terra (assíntota escalonada para 1) para o Espírito Santo e para o Amapá e suas posições na curva de oferta.....	74
Figura 8 — Estrutura aninhada da demanda regional por investimento	76
Figura 9 — Estrutura aninhada da demanda regional das famílias	77
Figura 10 — Biomas brasileiros	106
Figura 11 — Campo de influência das atividades das regiões Norte e Nordeste.....	134
Figura 12 — Campo de influência das atividades das regiões Centro-Oeste e Sul.....	135
Figura 13 — Campo de influência das atividades da região Sudeste e do Brasil	136
Figura 14 — Campo de influência regional do Brasil.....	137
Figura 15 — Participação (em %) regional no produto das lavouras em 1996.....	146
Figura 16 — Participação (em %) regional no produto das lavouras em 2006.....	147
Figura 17 — Relações causais do mecanismo de funcionamento do modelo no uso da terra às mudanças climáticas	160
Figura 18 — Relações causais entre o mecanismo de funcionamento do modelo no uso da terra às mudanças na produtividade da terra	163
Figura 19 — Resultados de longo prazo dos efeitos de mudanças climáticas, nível de atividade (em variação %).....	186
Figura 20 — Resultados regionais de longo prazo dos efeitos de mudanças climáticas, nível de atividade (em variação %)	190
Figura 21 — Efeitos de mudanças climáticas sobre emissões regionais do uso da terra (em variação %).....	193
Figura 22 — Efeitos de longo prazo sobre as atividades da mudança na produtividade da terra agrícola entre 1996 e 2006 (em variação %).....	199
Figura 23 — Efeitos regionais de longo prazo da mudança na produtividade da terra agrícola entre 1996 e 2006 (em variação %).....	200

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABARE: *Australian Bureau of Agricultural and Resources Economics*
 AEZ: *Agro-Ecological Zones*
 ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica
 BEN: Balanço Energético Nacional
 BLUE: *Brazilian Land Use Energy*
 B-MARIA: *Brazilian Multisectoral and Regional/Interregional Analysis*
 CAP: *Common Agricultural Policy*
 CES: *Constant Elasticity of Substitution*
 CET: *Constant Elasticity of Transformation*
 CGE: *Computable General Equilibrium*
 CoPS: *Centre of Policy Studies*
 CPTEC: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
 CRESH: *Constant Ratios of Elasticities of Substitution Homogeneous*
 CRU: *Climatic Research Unit*
 DRAM: *Dutch Regionalized Agricultural Model*
 EFES: *Economic Forecasting Equilibrium System*
 EGC: Equilíbrio Geral Computável
 EPA: *Environmental Protection Agency*
 FAO: *Food and Agriculture Organization*
 FGV: Fundação Getúlio Vargas
 Fipe: Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
 FLONAS: Florestas Nacionais
 FOB: *Free on Board*
 GAMS: *General Algebraic Modeling System*
 GDP: *Gross Domestic Product*
 GEMPACK: *General Equilibrium Modeling Package*
 GIS: *Geographic Information System*
 GTAP: *Global Trade Analysis Project*
 GTP: *Global Temperature Potential*
 GWP: *Global Warming Potential*
 IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 IEA: *International Energy Agency*
 IEGC: Inte-regionais de Equilíbrio Geral Computável
 IMAGEM-B: *Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model — Brazil*
 INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
 IPCC: *Intergovernmental Panel on Climate Change*
 ISUR: *Iterative Seemingly Unrelated Equations*
 LES: *Linear Expenditure System*
 LFA: *Less Favoured Areas*
 LISA: *Local Indicators of Spatial Association*
 LM: *Lagrange Multiplier*
 MCT: Ministério da Ciência e Tecnologia
 MDIC: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio
 MMRF: *The Monash Multi-Regional Forecasting*
 MODIS: *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*
 MQO: Mínimos Quadrados Ordinários
 NEREUS: Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP

NGE: Nova Geografia Econômica
NMVOCs: *Non-Methane Volatile Organic Compounds*
OCDE: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PAC: Pesquisa Anual de Comércio
PAIC: Pesquisa Anual da Indústria da Construção
PAPA: Planejamento e Análise de Políticas Agrícolas
PAS: Pesquisa Anual de Serviços
PEM: *Policy Evaluation Model*
PFC: Perfluorocarbonetos
PIA: Pesquisa Industrial Anual
PIB: Produto Interno Bruto
PNAD: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNLT: Plano Nacional de Logística e Transportes
POF: Pesquisa de Orçamentos Familiares
PPM: Pesquisa Pecuária Municipal
PRB: Produto Regional Bruto
PRECIS: *Providing Regional Climates for Impact Studies*
PRODES: Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite
SAGE: *Sustainability and the Global Environment*
SIDRA: Sistema IBGE de Recuperação Automática
SPARTA: São Paulo *Applied Regional Trade Analysis*
TERM: *The Enormous Regional Model*

INTRODUÇÃO

O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) com especificação detalhada do uso da terra. Dois problemas de pesquisa foram analisados sob o contexto desenvolvido na modelagem: i) mensurar os efeitos econômicos de mudanças climáticas globais; e ii) capturar os efeitos da mudança no padrão espacial da produtividade agrícola. O tratamento do uso da terra em modelos EGC é relativamente recente e poucos trabalhos com o intuito de analisar políticas em contextos regionais foram observados. A maioria dos trabalhos encontrados é referente aos estudos desenvolvidos no âmbito do projeto do GTAP para análises a nível global. No modelo desenvolvido neste trabalho, o foco e a forma com que a terra é considerada na estrutura EGC são diferentes daqueles aplicados pelos estudos feitos utilizando o GTAP. Basicamente, as mudanças dizem respeito à forma de classificação do uso da terra. No presente trabalho, a terra é classificada da mesma forma que as atividades agrícolas da economia. Assim, tem-se a terra demandada por cada atividade agrícola juntamente com a quantidade física de terra alocada para sua produção (oferta). Neste caso, políticas que afetam a demanda por terra provocam mudanças nos retornos relativos dos diferentes usos, o que afeta a economia de forma sistêmica. No GTAP, usualmente se tem uma classificação da terra de acordo com seus aspectos físicos, não apresentando a correspondência entre os bens da economia e o tipo de uso da terra.

Não obstante, o estudo econômico das mudanças climáticas globais é relativamente recente na literatura e pouco foi estudado acerca dos seus impactos sobre o Brasil. Esta escassez de estudos voltados para o País abre oportunidade para que novos métodos sejam criados, adaptados e aperfeiçoados para uma análise mais adequada. Isso se mostrou pertinente em termos de possibilidade de aplicação do modelo desenvolvido no presente trabalho, que possui características bem definidas para a realização deste tipo de análise, considerando o fato de que os principais efeitos de mudanças climáticas sobre a economia são sentidos via produção agrícola. Ademais, os efeitos de mudanças climáticas podem ter implicações diferentes sobre a produção de diferentes atividades e nas diferentes regiões do Brasil. Isso tende a ocorrer em razão da forma com que o clima afeta as regiões em termos relativos e aos aspectos biofísicos condizentes com o desenvolvimento da produção agrícola. Assim, espera-se que regiões do Brasil de temperaturas mais baixas possam ser beneficiadas relativamente por atrair novas culturas que o clima mais frio não permitiria.

Outra oportunidade que a construção do modelo evidenciou foi a de analisar os impactos da mudança na produtividade agrícola das culturas agrícolas entre 1996 e 2006. Concomitantemente, é possível obter os efeitos econômicos que podem ter ocorrido devido à reestruturação espacial da produção agrícola das lavouras. Neste período, puderam-se observar ganhos de produtividade das culturas na maioria dos estados, com destaque para as culturas de arroz em casca, milho em grão, cana-de-açúcar e soja em grão. No entanto, verificar apenas os efeitos econômicos da mudança na produtividade representa uma análise incompleta. Por trás dos resultados que podem ser obtidos desta análise residem algumas questões. Por exemplo, dada a estrutura produtiva agrícola de cada região, o que isso representa em termos relativos regionalmente? (Para responder esta questão, foram realizadas análises complementares apresentadas no Capítulo 4 do trabalho).

Para investigar os efeitos econômicos de mudanças climáticas e da variação na produtividade agrícola, uma estratégia de modelagem comum foi adotada: introdução de uma especificação mais detalhada no modelo EGC com relação ao fator de produção primário terra. Isso significa que fatores relacionados às estruturas da demanda e da oferta por terra foram introduzidos. Nestas etapas de trabalho, inicialmente, pelo lado da demanda, foi inserida a remuneração da terra por tipos de atividades da agropecuária em cada região. No lado da oferta, basicamente foram consideradas duas categorias de terra: i) terra utilizada na produção, que corresponde à quantidade de terra compatível com os respectivos retornos proporcionados por cada categoria de uso; e ii) terra disponível regionalmente, que representa a quantidade de terra total que os estabelecimentos produtivos podem utilizar na produção. A diferença entre o total de terra disponível e a quantidade de terra correntemente empregada na produção corresponde a áreas de florestas. Dessa forma, políticas que tendem a deslocar a demanda por terra provocam mudanças no uso da terra pelo lado da oferta.

A ferramenta construída, observada na metodologia de modelagem EGC com especificação do uso da terra, detém os elementos fundamentais para a realização de análises de políticas que dependem de forma mais direta e intensiva da configuração espacial da produção agrícola, isto é, das oportunidades e custos associados advindos da utilização da terra na produção agrícola. O fato de o modelo captar as mudanças nestas oportunidades representa uma de suas principais virtudes.

Os principais resultados indicam um efeito negativo das mudanças climáticas sobre a economia nacional em todos os períodos e cenários analisados. Os efeitos das mudanças climáticas também são negativos sobre a economia da maioria dos estados. Em termos das atividades, os efeitos são negativos sobre grande parte destas. Isso se deve à sua interligação na cadeia de insumos para produção. Como o nível de atividade agrícola diminui, isso significa que menos produto é ofertado, o que tem implicações adversas sobre a produção de outras atividades. A principal exceção são as atividades energéticas pouco intensivas em insumos agrícolas. A avaliação dos efeitos da mudança na produtividade agrícola indica um impacto positivo sobre o PIB nacional. Em termos regionais, a maioria dos estados apresentou variação positiva do PIB real, principalmente aqueles localizados nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. Os resultados desta análise são condizentes com aquele encontrado na análise de convergência da produtividade agrícola das lavouras. Como as regiões Sul e Sudeste apresentam os níveis mais elevados de produtividade agrícola, a existência de convergência da produtividade agrícola de algumas lavouras entre 1996 e 2006 contribuiu para a redução das disparidades regionais em termos de PIB, no Brasil.

As aplicações, fruto da forma com que o modelo foi preparado, representaram oportunidades que se mostraram pertinentes dentro do contexto da pesquisa. O restante do trabalho foi estruturado como está indicado a seguir. No Capítulo 1, são apresentadas algumas informações sobre o uso da terra no Brasil e os principais fatos relacionados às mudanças climáticas no Brasil, o que inclui informações sobre variações de temperatura e precipitação projetadas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e alguns resultados já observados por outros estudos para o Brasil. O Capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura, com enfoque inicial no papel do uso da terra na ciência regional. Em seguida, são discutidos aspectos da modelagem EGC e os desenvolvimentos realizados na ligação entre uso da terra e tal metodologia, com concentração na estratégia de incorporação.

O Capítulo 3 descreve a estrutura completa do modelo, com caracterização da modelagem dos agentes e atividades. De forma diferencial, são descritas a forma de incorporação do uso da terra, em termos de demanda e oferta. Nesse capítulo, também é descrito o conjunto de dados utilizados para calibrar o modelo, o que inclui informações sobre o uso da terra, emissões e parâmetros comportamentais. O Capítulo 4 traz, inicialmente, uma análise do banco de dados do modelo, correspondente às relações de insumo-produto consideradas por este. Em seguida, é feita uma análise acerca da mudança no padrão espacial de produtividade agrícola entre os

anos de 1996 e 2006, anos dos dois últimos Censos Agropecuários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), complementada com uma análise de convergência para verificar se houve mudança significativa ou não neste padrão. Tal análise servirá como base para a verificação dos efeitos econômicos sistêmicos desta mudança no padrão espacial da produtividade agrícola. O Capítulo 5 apresenta os resultados das análises empreendidas sobre os efeitos de mudanças climáticas e da variação da produtividade agrícola entre 1996 e 2006 e finaliza-se com os resultados da análise de sensibilidade sistemática de alguns parâmetros utilizados para calibrar o modelo. Ainda, algumas considerações finais são pontuadas.

1. ASPECTOS RELACIONADOS AO USO DA TERRA E A MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL

O objetivo desta parte do trabalho é apresentar alguns fatos relacionados ao uso da terra no Brasil. Com relação a este tópico, o interesse foi identificar algumas mudanças no padrão espacial do uso da terra entre 1996 e 2006. Além disso, buscou-se fornecer informações sobre as hipóteses admitidas em cada cenário e as projeções climáticas em cada um e, por fim, são discutidos os estudos que focaram na avaliação dos efeitos de mudanças climáticas no Brasil.

1.1. Uso da terra no Brasil

Serão apresentadas informações sobre o uso da terra no Brasil com o objetivo de facilitar o melhor entendimento sobre o padrão de localização das atividades agrícolas. Dessa forma, tais informações podem ser relevantes no estabelecimento mais apropriado da ligação entre o uso da terra e os problemas de pesquisa — avaliação dos efeitos de mudanças climáticas e da variação da produtividade agrícola.

As Figuras 1 e 2 mostram o padrão de uso da terra no Brasil segundo as atividades de lavouras e pecuária em 1996 e 2006, respectivamente. A construção dos mapas foi feita com base nas informações microrregionais dos Censos Agropecuários de 1996 e 2006 e da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM), ambas as fontes do IBGE. A discussão de interesse é verificar, de forma breve, as principais mudanças no padrão espacial de localização da atividade agrícola entre estes dois anos.¹ São mostrados os movimentos relacionados a onze diferentes culturas — arroz em casca, milho em grão, trigo em grão, cana-de-açúcar, soja, mandioca, fumo, algodão, frutas cítricas, café, outras lavouras — e pecuária, sendo aquelas medidas em hectares e esta, em número de cabeças.² As culturas de cana-de-açúcar e soja e a pecuária foram tratadas de forma mais aprofundada nesta análise.

No período em questão, a cultura de cana-de-açúcar apresentou poucas mudanças em termos da localização de sua atividade. Em 1996, as microrregiões do Estado de São Paulo formavam um grande bloco principal da localização desta atividade. Microrregiões de parte do Litoral do

¹ Maiores informações sobre o movimento da produtividade agrícola entre 1996 e 2006 são apresentadas no Capítulo 4.

² Estas culturas, juntamente com a pecuária, representam o conjunto de atividades agrícolas consideradas na especificação do modelo.

Nordeste, entre Alagoas e Rio Grande do Norte, formavam outra divisão em que a cana-de-açúcar ocupava extensa área de produção. Naquele ano, áreas de produção no Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Goiás e Minas Gerais também podem ser observadas. Em 2006, percebe-se um padrão menos disperso das áreas de produção de cana-de-açúcar. Áreas foram utilizadas de forma mais intensa no Estado de São Paulo e no Litoral Nordestino. Entre 1996 e 2006, a intensidade do uso da terra nesta atividade aumentou também no Triângulo Mineiro e no Sul de Goiás. Nas outras regiões, houve redução (Figuras 1 e 2).

Isso pode estar relacionado ao estabelecimento das usinas. A Figura 3 mostra a distribuição das usinas produtoras de álcool. Localizam-se principalmente nas regiões Norte do Estado do Paraná e Noroeste do Estado de São Paulo. A localização das usinas de produção de álcool segue o padrão da cana-de-açúcar, em razão da maior facilidade de transporte do álcool processado do que daquele produto *in natura*. Também, a localização tanto dos canaviais quanto das usinas depende de fatores como custos de arrendamento da terra e condições naturais de clima, solo e topografia.

Com relação à soja e à pecuária, a discussão maior corresponde à intensificação do uso da terra nestas atividades em direção à região Amazônica. No período analisado, no entanto, isso não parece ocorrer de forma significativa com relação à cultura de soja. Ocorreu aumento do uso da terra por esta atividade no Mato Grosso, principalmente em direção ao norte do estado, mas não houve forte avanço para os Estados do Amazonas e do Pará. A pecuária, em contrapartida, mostrou avanço importante na região Amazônica, principalmente nos Estados do Pará, de Rondônia e no norte do Estado de Mato Grosso. Isso representa a tendência de expansão da fronteira da agropecuária em direção à região Amazônica, devida, sobretudo, à ocupação da área pela atividade da pecuária (Figuras 1 e 2).

Figura 1 — Área colhida segundo as lavouras e pecuária em 1996

Figura 2 — Área colhida segundo as lavouras e pecuária em 2006

Figura 3 — Localização das usinas produtoras de álcool

Fonte: Base de dados georreferenciada do PNLT (2010), ano de referência 2007.

O movimento relacionado ao uso da terra segundo estas categorias de ocupação evidencia uma tendência ao longo do tempo que pode representar uma forma alternativa para geração de renda regional, mas também pode trazer consequências adversas sobre o meio ambiente, em especial no caso do avanço da pecuária em direção a regiões de floresta. Outras questões, como conflitos sociais pela divisão e posse, também emergem nestes casos. Como destacou Lambin *et al* (2003), modelar o uso da terra não é uma questão trivial, pois pode ser dirigida por combinações de fatores sinérgicos de escassez de recursos que conduzem ao aumento da pressão da produção sobre recursos, mudanças de oportunidades criadas pelos mercados, intervenção de políticas exógenas, perda de capacidade adaptativa e mudanças na organização social e atitudes.

A não trivialidade desta tarefa é observada também pelo fato de que as mudanças nos bens e serviços do ecossistema que resultam das mudanças no uso da terra podem ter efeitos de retroalimentação nos fatores que governam as mudanças no uso da terra. O presente trabalho, no entanto, busca identificar efeitos econômicos relacionados a problemas de pesquisa que envolve o processo de conversão de terra. Aqui, vale destacar que o conceito de conversão de terra empregado no trabalho refere-se à mudança de uma categoria de cobertura da terra³ para outra, como no caso da expansão da agricultura e desmatamento. Isso é distinto de

³ Cobertura da terra define-se pelos atributos da superfície e subsuperfície intermediária terrestre, incluindo biota (conjunto de seres vivos, flora e fauna, que habitam ou habitavam um determinado ambiente geológico), solo, topografia, mananciais e estruturas humanas (LAMBIN *et al*, 2003).

modificações da cobertura da terra que são mais sutis e afetam o caráter da cobertura da terra sem mudar sua classificação média (LAMBIN *et al*, 2003).

1.2. Mudanças climáticas no Brasil

Um dos problemas de pesquisa analisados corresponde à mensuração dos efeitos de mudanças climáticas globais⁴ sobre a economia brasileira. Isso tem como base o fato de que o referido fenômeno tem ocorrido ao longo do tempo.⁵ Em muitos casos, tal fenômeno é discutido sob diversas óticas conjuntas, indicando que as preocupações acerca de suas consequências ultrapassam a esfera econômica e atingem a humanidade de forma geral, em termos sociais, de saúde pública, de sustentabilidade etc.

Antes de descrever alguns fatos relacionados aos efeitos das mudanças climáticas no Brasil, algumas informações sobre o tema valem ser fornecidas. O IPCC tem publicado as principais informações referentes às previsões de variações de temperatura e precipitação. Para isso, realizam-se algumas hipóteses acerca do comportamento econômico, utilização de combustíveis fósseis, uso da terra e adoção de fertilizantes, iniciativas sociais, valorização do meio ambiente etc. Tais hipóteses correspondem a cenários cujas características são assumidas ocorrerem ao longo do tempo. O Quadro 1 resume os principais cenários adotados pelo IPCC na geração das estimativas dos indicadores de mudanças climáticas.

⁴ Utiliza-se aqui o seguinte conceito de mudanças climáticas (<http://www.ipcc.ch>): “mudança climática é entendida como uma variação estatisticamente significativa em um parâmetro climático médio ou sua variabilidade, persistindo um período extenso (tipicamente décadas ou por mais tempo). A mudança climática pode ser devido a processos naturais ou forças externas ou devido a mudanças persistentes causadas pela ação do homem na composição da atmosfera ou do uso da terra”.

⁵ Não é objetivo do trabalho discutir se as causas das mudanças climáticas são naturais ou antrópicas. No entanto, especificamente para a Amazônia, Salati (2001) e Nobre *et al* (2007) apresentaram três diferentes aspectos relacionados às forças de transformação que levam às variações climáticas na região: i) variações climáticas na região podem ser devidas às variações climáticas globais, decorrentes de causas naturais; ii) mudanças climáticas de origem antrópica, decorrentes de alterações do uso da terra dentro da própria região amazônica; e iii) variações climáticas decorrentes das mudanças climáticas globais provocadas por ações antrópicas.

Quadro 1 — Resumo dos cenários do IPCC¹

A1	Descreve um mundo de crescimento econômico rápido, crescimento populacional que atinge o pico em meados deste século e rápida introdução de tecnologias novas e mais eficientes. Principais questões subjacentes são a convergência entre regiões, a capacitação e o aumento das interações culturais e sociais, com uma redução substancial das diferenças regionais na renda <i>per capita</i> . ²
A2	É caracterizado por um mundo heterogêneo. As principais questões são a autossuficiência e a preservação das identidades locais. Padrões de fertilidade entre as regiões convergem muito lentamente, o que resulta no aumento contínuo da população. Desenvolvimento econômico é orientado primeiramente para a região e o crescimento econômico <i>per capita</i> e as mudanças tecnológicas são mais fragmentados e mais lentos do que nos outros cenários.
B1	Descreve um mundo convergente com a mesma população global, que chega ao valor mais alto em meados deste século, assim como no cenário A1, e declina em seguida, mas com rápida mudança nas estruturas econômicas em direção a uma economia de serviços e informações, com reduções da intensidade do uso de materiais e a introdução de tecnologias limpas e de recursos tecnológicos mais eficientes. A ênfase é dada nas soluções globais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental, incluindo a melhoria da equidade, mas sem iniciativas climáticas adicionais.
B2	Descreve um mundo em que a ênfase reside em soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. Neste mundo, a população global aumenta continuamente, mas a uma taxa inferior à prevista pelo cenário A2. Prevalecem níveis intermediários de desenvolvimento econômico, com mudanças tecnológicas menos rápidas e mais diversas do que nos cenários B1 e A1. Neste cenário, a orientação para a proteção ambiental e a equidade social ocorre nos níveis local e regional.

Notas: 1) Este quadro sumariza os cenários do Relatório Especial do IPCC sobre Emissões (IPCC, 2007).

2) A família de cenários A1 se desdobra em três grupos que descrevem direções alternativas da mudança tecnológica no sistema energético. Os três grupos A1 distinguem-se por sua ênfase tecnológica: intensiva em fósseis (A1FI), em fontes de energia não fóssil (A1T), ou um equilíbrio entre todas as fontes (A1B).

Como base nos cenários que definem as hipóteses acerca da trajetória do mundo, estimativas de temperatura foram calculadas e divulgadas pelo IPCC. Os valores estão reportados na Tabela 1. As estimativas variam de acordo com o cenário, sendo que o valor médio mais brando para o aquecimento global para o período 2090-2099 é de 1,8°C, relativo ao cenário B1, e o mais rigoroso, de 4°C, no cenário A1F1. Com relação à precipitação, em razão da existência de um clima futuro mais quente, os modelos de previsão indicam que há aumento de forma generalizada nas áreas de máxima precipitação tropical regional (*e.g.*, regimes de monções) e sobre o Pacífico tropical. Além disso, é previsto redução da precipitação nas regiões subtropicais e aumento em áreas de altas latitudes, em razão da intensificação do ciclo hidrológico global. As médias globais de vapor de água, evaporação e precipitação têm projeção de aumento (MEEHL *et al*, 2007).

Com base em hipóteses acerca das mudanças climáticas, como as apresentadas pelo Quadro 1 e pela Tabela 1, alguns estudos tiveram como foco a análise dos efeitos de mudanças climáticas no Brasil. Os primeiros desenvolvimentos foram realizados considerando a modelagem ricardiana da terra. Nesta abordagem, fatores biofísicos, como tipos de solo e regimes de chuvas segundo estações, são levados em conta. Essa análise baseia-se em modelos econométricos em que os produtores objetivam maximizar suas funções de receita de acordo com a alocação da terra nos diferentes usos possíveis. Variáveis climáticas fazem parte do processo de decisão dos agentes. Alguns resultados para o Brasil preveem queda do valor da terra proporcionada pelo efeito conjunto do aumento de temperatura e da variação na precipitação, ocorrendo de forma mais intensiva nos estados do Centro-Oeste, enquanto que Rio Grande do Sul e Santa Catarina poderiam experimentar aumento do valor da terra (SANGUI *et al*, 1997; SANGHI; MENDELSONH, 2008).

Tabela 1 — Média de aquecimento global da superfície terrestre projetada para o século XXI (Mudança na temperatura, em °C, para o período de 2090 a 2099 em relação ao período de 1980 a 1999)

Cenários	Melhor estimativa	Intervalo provável
<i>B1</i>	1,8	1,1–2,9
<i>A1T</i>	2,4	1,4–3,8
<i>B2</i>	2,4	1,4–3,8
<i>A1B</i>	2,8	1,7–4,4
<i>A2</i>	3,4	2–5,4
<i>A1FI</i>	4,0	2,4–6,4

Fonte: IPCC (2007).

Usando essa metodologia, os resultados de outro estudo preveem, com base em cenários sobre temperatura e regimes de chuvas, que o aumento da temperatura no verão poderia aumentar a alocação da terra em pastagem em todas as regiões, exceto na região Sul, principalmente em detrimento das áreas de floresta e cultura permanente. O aumento de temperatura no inverno, por outro lado, poderia causar redução da alocação da terra em pastagem com aumento de áreas de floresta, exceto na região Sul; aumento de cultura temporária no Norte, Nordeste e Centro-Oeste e aumento de cultura permanente no Sul, Sudeste e Minas Gerais (TIMMINS, 2006). Outros estudos apontam para resultados semelhantes para o Brasil, os quais indicam queda do valor da terra, da capacidade de produção e do produto potencial agrícola como consequência das mudanças climáticas (CLINE, 2007; LOBELL *et al*, 2008).

Nessa linha de modelagem econométrica, valem-se destacar ainda os resultados do trabalho de Feres *et al* (2009), que buscou identificar o efeito de mudanças climáticas globais sobre a alocação do uso da terra no Brasil. Tal uso foi dividido entre lavoura, pasto e floresta, nos estabelecimentos agrícolas. Os autores basearam-se em resultados do modelo *Providing Regional Climates for Impact Studies* (PRECIS), do CPTEC/INPE, sobre variação de temperatura e precipitação para os cenários de emissões A2 e B2, do IPCC. Os principais resultados indicam que em ambos os cenários as mudanças climáticas criaram uma pressão positiva para a redução da alocação de florestas, principalmente devido ao aumento da área de pastagem. A expansão da lavoura ocorreria de forma mais significativa a partir de 2050 e mais concentradamente na região Sul do País. Além disso, os efeitos das mudanças climáticas ocorrem de forma distinta nas regiões do Brasil, tendo como consequência maior pressão para expansão da fronteira agrícola em direção à região Amazônica.

Em termos de modelagem EGC, um grande estudo foi realizado para mensurar os efeitos de mudanças climáticas no Brasil. Tal trabalho, realizado no âmbito de estudo da “Economia da mudança do clima no Brasil”, teve como base projeções macroeconômicas até o ano de 2050 que forneceram as condições de contorno da evolução da economia brasileira e mundial. A trajetória da economia nacional em nível setorial foi projetada de forma consistente com esta evolução da economia mundial e com os cenários de mudanças climáticas do IPCC A2 e B2. Além das projeções macroeconômicas, a estratégia metodológica considerou um grande procedimento de integração de modelos, levando em consideração projeções para agricultura e uso da terra, energia e demografia. Os resultados desse trabalho indicam reduções de 0,5% e 2,3% no PIB do Brasil projetadas para 2050, considerando a existência das mudanças climáticas dos cenários A2 e B2, respectivamente. As perdas devidas a este fenômeno significariam, em 2008, um custo entre R\$ 719 bilhões e R\$ 3,6 trilhões ou um ano de crescimento econômico em um horizonte temporal de quarenta anos (MARGULIS; DUBEUX, 2010).

Recentemente, outro estudo foi realizado para a avaliação dos efeitos de mudanças climáticas sobre Minas Gerais. Este estudo baseou-se nas hipóteses e na estratégia estabelecidas pelo trabalho citado anteriormente. Assim, o objetivo de análise focalizou sobre o Estado de Minas Gerais de forma a produzir resultados desagregados ao nível de microrregiões. A consistência dos resultados ao nível estadual foi preservada em relação ao estudo nacional. Isso quer dizer que os resultados para as microrregiões são consistentes com os resultados para o Estado de

Minas Gerais e para o Brasil realizados no estudo nacional. O principal resultado do estudo para Minas Gerais sugere variações do PIB do estado de -0,53% e -1,00% no cenário A2-BR em 2035 e 2050, respectivamente. No cenário B2-BR, o PIB de Minas Gerais cairia -1,67% em 2035 e -2,69% em 2050. No cenário A2-BR para o horizonte de tempo até 2050, a redução do PIB do estado pode equivaler a R\$ -155 bilhões, em valores de 2008 supondo uma taxa de desconto de 1%. No cenário B2-BR, sobre o mesmo contexto de análise, o PIB cairia R\$ -446 bilhões. Foi projetado que, exceto os da agricultura, silvicultura e exploração florestal, todos os outros setores do estado contemplados na análise seriam afetados negativamente no cenário B2-BR em 2035. Em termos regionais, o estudo conclui que as mudanças climáticas contribuem para o aumento das disparidades entre as regiões, uma vez que os efeitos negativos deste fenômeno podem ser mais intensos sobre as regiões mais pobres do estado (FEAM, 2011).

Além destes dois trabalhos, outro estudo baseado na metodologia EGC foi realizado para mensurar efeitos de mudanças climáticas no Brasil. Os resultados deste estudo projetam efeitos negativos deste fenômeno sobre a agricultura. Ademais, indicadores agregados como PIB, emprego e salários são adversamente impactados (FERREIRA FILHO; HORRIDGE, 2010).

Vale ser destacado, por fim, um estudo conduzido pela Embrapa (2008),⁶ embora não tenha sido utilizado nenhum dos instrumentais econômicos mencionados anteriormente, mas sim análise de Zoneamento de Riscos Climáticos. Definiram-se áreas aptas ou inaptas para cada tipo de lavoura e simularam-se cenários climáticos para o Brasil, a partir do modelo climático PRECIS. Os resultados deste estudo acerca da avaliação dos efeitos do aquecimento global sobre a configuração espacial da produção agrícola no Brasil indicaram que o aumento da temperatura poderia provocar um prejuízo para o setor agrícola de R\$ 7,4 bilhões até 2020 e de R\$ 14 bilhões até 2070. Foi projetado que a cultura de soja seria a mais afetada, mas os efeitos seriam distintos sobre as diferentes culturas, uma vez que apresentam intensidade de produção distinta de acordo com sua região. Dessa forma, regiões mais afetadas negativamente, como o Nordeste e o Centro-Oeste, poderiam ter suas culturas mais prejudicadas. Além disso, as mudanças climáticas poderiam promover uma espécie de efeito realocativo, tornando culturas, até então aptas em suas regiões tradicionais, inaptas nestas

⁶ Os seguintes trabalhos utilizando modelos EGC foram desenvolvidos com base nos resultados deste estudo: Domingues *et al* (2008) e Moraes (2010).

regiões diante dos cenários de aumento de temperatura, mas aptas em outras, pouco tradicionais. Assim, a região Sul poderia se tornar o destino de algumas culturas, como as de café, mandioca e cana-de-açúcar.

Em geral, os resultados desses estudos indicam que os efeitos de mudanças climáticas podem ser adversos sobre a economia, sendo mais ou menos intensos dependendo do cenário considerado.⁷ Por outro lado, outras óticas, além da econômica, são importantes para fornecer *insights* mais gerais e abrangentes acerca das consequências deste fenômeno. Por exemplo, com relação à trajetória da saúde da população mundial, as mudanças climáticas podem ter repercussões sobre o nível de produtividade do emprego no longo prazo. Alguns estudos dirigiram foco para a avaliação dos efeitos de mudanças climáticas sobre indicadores de saúde no Brasil (e.g., CONFALONIERI, 2008; PATTANAYAK *et al*, 2009; BARCELLOS *et al*, 2009). Outro ponto que tem tido foco de atenção no Brasil, em termos relativos, é a ligação deste fenômeno com a ocorrência de eventos extremos e seus efeitos. As análises realizadas por Marengo (2009a; 2009b) indicaram que secas e enchentes no Brasil têm provocado danos consideráveis não apenas econômicos, mas também no âmbito social. No Nordeste, por exemplo, tem havido secas frequentes, o que poderia, no longo prazo, contribuir para o aumento da fragilização da região.

Embora outras óticas sejam importantes, o foco de pesquisa concentra-se na esfera econômica. Na apresentação dos resultados já encontrados acerca dos efeitos de mudanças climáticas no Brasil, teve-se como objetivo retratar informações relevantes para contextualizar os possíveis resultados que podem ser obtidos nesta Tese. A metodologia EGC foi empregada poucas vezes para mensurar os efeitos deste fenômeno no Brasil. Mesmo quando aplicada, não foi observado tratamento específico no que diz respeito ao uso da terra, fator este diretamente ligado ao desempenho potencial das atividades agrícolas a choques exógenos. Trabalhos baseados em outras metodologias também não são numerosos. Isso suscita o fato

⁷ De acordo com Mendelsohn *et al* (2001), o estágio de desenvolvimento dos países condiciona suas sensibilidades às mudanças climáticas. Países desenvolvidos têm vantagem neste caso, pois a forma com que o desenvolvimento é afetado devido à sensibilidade ao clima depende de como a tecnologia condiciona a interação entre capital e clima. Assim, a possibilidade de adaptação dos produtores agrícolas pode fornecer uma perspectiva importante sobre o comportamento econômico dos agentes, tendo implicações fundamentais nos impactos de mudanças climáticas sobre o desenvolvimento dos países. O Brasil, cujo estágio de desenvolvimento define-se como médio, pode apresentar resultados em que, ao longo do tempo, o valor das propriedades agrícolas por hectare torna-se menos sensível às mudanças no clima. Por outro lado, países mais desenvolvidos tendem a ser menos sensíveis à variação do clima, uma vez que dispõem de fatores tecnológicos que facilitam sua adaptação a novas condições de temperatura e precipitação.

de que avanços em métodos de análises para avaliar este tema são relevantes, principalmente para aplicação ao caso do Brasil, país com grande dimensão territorial, que pode ser bastante afetado ao longo do tempo.

2. USO DA TERRA, MODELAGEM INTER-REGIONAL DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL E ESTRATÉGIAS DE INCORPORAÇÃO DO FATOR TERRA NA MODELAGEM

Este capítulo tem como objetivo apresentar os principais fundamentos teóricos que dão suporte à análise realizada no que diz respeito ao estabelecimento da relação entre rendimentos da terra e nível de produção agrícola. Ao longo dos anos, no desenvolvimento dos fundamentos em que esta relação se apoiava, passou-se a considerar o espaço como um fator não desprezível no processo de decisão dos agentes. Os modelos construídos com base nas ideias da Nova Geografia Econômica (NGE) consideram explicitamente este problema. Além disso, é apresentada também a estrutura teórica dos modelos Inter-regionais de Equilíbrio Geral Computável (IEGC) e as principais estratégias desenvolvidas por modelos de equilíbrio geral na incorporação do uso da terra.

2.1. Uso da terra na teoria econômica e aspectos relacionados à NGE

A análise desenvolvida neste trabalho tem como base os fundamentos teóricos básicos dos estudos de Ricardo (1817), Von Thünen (1966) e Alonso (1966). A ideia de Ricardo, assim como a de muitos outros autores clássicos, empregou grande ênfase nas questões relacionadas à agricultura e à fertilidade da terra. Este autor, no contexto de uso da terra, baseou-se na renda diferenciada desta, que dependia do nível de escassez da terra e do diferencial de produtividade entre os seus tipos possíveis. A hipótese que este autor assumia como plausível era de que o crescimento populacional forçaria a utilização de quantidades crescentes de terra para produção agrícola. Inicialmente, as terras mais produtivas⁸ seriam empregadas na produção, o que geraria certo nível de renda aos proprietários. Devido à necessidade de se aumentar a produção agrícola, terras menos produtivas passariam a ser adotadas no processo produtivo; gerariam uma renda inferior àquela proporcionada pelas terras mais produtivas. Assim, a capacidade de criação de excedentes⁹ no sistema econômico seria decrescente em relação à utilização marginal ascendente da quantidade de terra. Avançando-se ao limite da ocupação de terras menos férteis, o excedente marginal das terras menos produtivas seria suficiente apenas para cobrir os custos de produção. Isso comprometeria a acumulação de capital da economia, com consequências sobre o nível de investimento e expansão do sistema.

⁸ O conceito de produtividade, neste caso, estava relacionado à fertilidade natural da terra.

⁹ Corresponde ao lucro que seria simplesmente referente ao resíduo do produto após a dedução dos custos; ou ao produto líquido.

Von Thünen, com relação aos fundamentos relacionados ao uso da terra, integra a discussão pela via de suas teorias sobre a formação das cidades. Este autor aplicou a teoria dos retornos provenientes do uso da terra para explicar a localização das atividades agrícolas em torno das cidades. Nesta abordagem, as terras localizadas distante do centro da cidade foram consideradas de “menor qualidade”, tomando como referência a análise ricardiana. Portanto, a atividade produtiva agrícola deparava-se com um *trade-off* entre acessibilidade ao mercado consumidor (localização) e o uso da terra com nível mais elevado de fertilidade. A qualidade da terra era definida de modo decrescente à medida que a sua distância do centro da cidade aumentasse. Como resultado, a cidade era rodeada por anéis concêntricos de uso da terra sob diferentes maneiras. Esta ideia simples foi adotada na construção de modelos para a definição de escolhas de localização das atividades econômicas dentro de uma cidade, adotando como referência o centro desta em vez da cidade como um todo e a área metropolitana ou cidade urbana em vez da área de maior influência em termos econômicos da cidade (NIEHANS, 1990; KYUREGHIAN, 2000).

Alonso adotou esta ideia na formulação do seu modelo para economia urbana. O modelo de Alonso considerava a renda fundiária ou renda da terra como resultado da competição no espaço por terra entre residentes, firmas e agricultores. Assumiu-se tal competição ocorrer supondo um comportamento monopolístico, uma vez que a terra foi definida como um bem de propriedade. Assim, a configuração espacial do uso da terra, segundo os três usuários, dependia do preço da oferta de terra. As ideias de Alonso inspiraram o desenvolvimento de outros modelos de localização urbana. Fujita (1991), tendo como referência os trabalhos de Von Thünen e Alonso, usou uma abordagem baseada em “curvas de *bid rent*” para estudar o processo de escolha residencial dentro das cidades. Uma característica deste modelo foi o tratamento adotado para a terra: os tamanhos das propriedades não foram restringidos e a terra foi assumida ser um bem divisível. Este modelo teve como implicação um resultado em que a separação espacial dos agentes nas cidades ocorreria ao longo das linhas de renda¹⁰. A discussão acerca da distribuição do tamanho das cidades ou do tamanho relativo das cidades, assim como outros tópicos, também tem ocorrido na literatura (HENDERSON, 1974). Basicamente, os modelos desenvolvidos para analisar isso tentam identificar fatores ligados

¹⁰ O padrão de uso da terra baseado em Alonso foi utilizado por muitos outros trabalhos, que, assumindo hipóteses sobre a distância relativa, traçavam um intervalo de geometria urbana para definir uma distribuição dos tamanhos das cidades (FUJITA; KRUGMAN, 1995; FUJITA; THISSE, 1996; FUJITA *et al*, 1999).

ao crescimento das cidades e ocupação do espaço (KRUGMAN, 1996a; IOANNIDES; OVERMAN, 2003; DURANTON, 2006).

As ideias apresentadas pelos autores clássicos formam um contexto básico de análise para muitos trabalhos já desenvolvidos ou em desenvolvimento que consideram o uso da terra e seu relacionamento com os rendimentos que os diferentes tipos de usos podem fornecer. No caso das teorias ricardianas, trabalhos atuais têm empregado seus princípios gerais na estruturação teórica de seus modelos, em conformidade com o fato de que os rendimentos da terra podem ser associados a um parâmetro para definição da qualidade desta (MENDELSON *et al*, 1994; DARWIN, 1999; SCHLENKER *et al*, 2005; TIMMINS, 2006). Além disso, a hipótese de retornos decrescentes de escala no uso da terra para produção agrícola é aceita entre alguns modelos econômicos e seu mecanismo é explicado muitas vezes pela ideia de A. R. J. Turgot com relação à margem “intensiva”. Esta ideia defende que o declínio da produtividade é derivado da aplicação de doses sucessivas de capital e trabalho à mesma porção de terra, o que se contrapõe ao conceito da chamada margem “extensiva” de cultivo, utilizada por Ricardo para se referir ao declínio da produtividade derivado da utilização de terras menos férteis (SHEPHARD; FÄRE, 1974; MANESCHI, 1987). Estes pensamentos foram seminais para explicar os fatos básicos que podem estar presentes na definição de padrões de uso da terra.

As externalidades, por sua vez, são também tratadas com o suporte da teoria clássica nos modelos, e o exemplo da interação entre duas propriedades agrícolas, uma destinada à apicultura e a outra à produção de frutas, é comumente utilizado na literatura para ilustrar tal conceito (JOHNSON, 1973; SIEBERT, 1980; OLMSTEAD; WOOTEN, 1987). Alguns mecanismos criados para o tratamento de problemas econômicos relacionados ao uso da terra vieram como reflexo, em parte, dos trabalhos recentes desenvolvidos no âmbito da NGE. Por um bom período, após as contribuições da geografia econômica cunhada pela literatura alemã da análise da localização (Alfred Weber) e da teoria do lugar central (Walter Christaller e August Lösch), pouco foi desenvolvido em termos teóricos sobre o tema. Segundo Hubacek e Van der Bergh (2006), a agricultura ao longo do tempo passou a ser um setor econômico menor, principalmente nos países desenvolvidos, em que a integração vertical dominou o esquema de produção, contexto este sobre o qual boa parte da teoria econômica moderna foi estabelecida (HERTEL *et al*, 2008a).

O uso da terra, neste período, foi também tratado como um fator de menor interesse. A distância, sendo um fator importante na estratégia de modelagem acerca dos custos de transação, era frequentemente parametrizada via adoção de custos de transporte *iceberg* sem um modelo bidimensional explícito da superfície terrestre (SAMUELSON, 1954). Krugman (1998a) enxergou isso como consequência do fato de que a formação das cidades poderia apenas ser explicada por uma combinação de externalidades provenientes de congestionamento e aglomeração. Neste contexto, o modelo de Dixit e Stiglitz (1977) representou um novo marco em termos teóricos para explicar a formação das cidades tendo como base a hipótese de concorrência monopolística. A possibilidade de obtenção de retornos crescentes de escala (economias de aglomeração) seria possível em razão de um ambiente de competição imperfeita e existência de externalidades pecuniárias (KRUGMAN, 1991).

Em meio a este período, as contribuições notáveis realizadas na linha da geografia econômica de Isard (1959) e Isard *et al* (1998), forneceram suporte técnico à análise de questões espaciais e sugeriram métodos preocupados com a avaliação, a nível regional, de problemas econômicos. Destas iniciativas, a *Regional Science* foi cunhada para representar a forma de economia geográfica e espacial baseada na aplicação de teoria econômica matemática para estudar a localização das atividades econômicas e seus problemas relacionados (MARTIN, 1999). O diferencial das abordagens desenvolvidas nesta linha é com relação à aplicabilidade dos métodos: podem ser utilizados para análise empírica considerando fenômenos desde locais até globais. Os avanços realizados na linha da NGE se preocuparam mais com o rigor matemático na construção dos modelos, com uso de microfundamentos baseados em sistemas de equilíbrio geral das atividades no espaço (KRUGMAN, 1998b).

Parte considerável dos modelos da NGE fundamenta-se em uma teoria da localização baseada em retornos crescentes de escala provenientes de economias de aglomeração. Nesta visão, retornos crescentes são essencialmente fenômenos regionais e locais. Diferentes autores observam, de formas distintas, os retornos crescentes da aglomeração. Como apontou Martin (1999), uma destas visões entende que as forças de aglomeração (centrípetas) correspondem basicamente à tríade das externalidades de localização marshalliana, relativa ao agrupamento no mercado de trabalho, transbordamentos técnicos e efeitos de encadeamento na demanda e oferta de produtos intermediários. A atuação desta força tende a concentrar as atividades econômicas localmente (*local clustering*). Ao nível regional mais amplo, as externalidades pecuniárias, que se devem ao tamanho do mercado, conduzem a um padrão centro-periferia de

grande proporção no processo de desenvolvimento econômico dentro das nações. As forças contrárias a este movimento (centrífugas), relativas aos fatores que induzem a uma maior dispersão das atividades, ao nível local, surgem da competição no mercado de produtos e fatores. Assim, custos de transporte e mobilidade do trabalho foram os principais fatores verificados para determinar o estabelecimento de um padrão essencialmente de aglomeração ou dispersão. A atuação de forças espaciais aglomerativas tende a prevalecer sobre a de forças de dispersão quanto menor os custos de transporte e maior a mobilidade do trabalho (KRUGMAN, 1991; KRUGMAN; VENABLES, 1996; PUGA; VENABLES, 1997a; 1997b; VENABLES, 1996a; 1996b; OTTAVIANO; PUGA, 1997).

Alguns destes elementos essencialmente formalizados no contexto da NGE foram adotados por outras abordagens. Uma delas relaciona retornos crescentes de escala com a teoria de crescimento endógena para analisar questões relativas à transferência de capital humano e progresso técnico localizado como mecanismos subjacentes à concentração locacional das atividades econômicas. Alguns autores utilizaram esta estratégia para verificar como mobilidade de capital e migração poderiam influenciar no crescimento de algumas regiões, conduzindo ou não a um equilíbrio de maior ou menor concentração (BERTOLA; ICHINO, 1995); e como inovação pode gerar economias de aglomeração (BALDWIN, 1999; MARTIN; OTTAVIANO, 1999; 2001). A ideia dos retornos crescentes de escala também foi empregada para modelar o crescimento das cidades. Basicamente, estes modelos apoiam-se na hipótese de que as pessoas se concentram nas cidades porque estas oferecem maiores salários relativos e maior variedade de bens, e de que as firmas lá se concentram em razão da existência de maiores mercados consumidores (KRUGMAN, 1993a; 1993b; 1996b; HENDERSON, 1996).

A desvantagem dos modelos da NGE em relação à “*old economic geography*” (HERTEL *et al*, 2008a) — correspondente aos modelos sugeridos por Isard — é quanto às possibilidades de aplicação numérica, bem restritas, especialmente para a análise de questões envolvendo uso da terra e mudanças climáticas, que envolve escolhas com base no comportamento dos agentes e calibragem de informações. Segundo Martin (1999), estes modelos não conduzem facilmente por si só à aplicação ou estimação empírica; ao mesmo tempo em que possuem muitas simplificações, podem ser muito abstratos e idealizados: muitos fatores são mantidos constantes ou ignorados, o que comprometeria o significado dos resultados à luz do mundo real.

2.2. Modelagem de equilíbrio geral

Anteriormente foi discutido o papel do uso da terra na teoria econômica, principalmente no contexto da NGE, e as formas que seu tratamento assumiu ao longo do tempo na literatura. Muitos modelos, no entanto, apenas teorizam como o comportamento dos agentes e processos estruturais de organização do espaço podem ocorrer com o emprego do uso da terra. A aplicação destes modelos é limitada ainda em razão da existência de poucos testes de validação e falta de informações para calibragem (OTTAVIANO; PUGA, 1997). Os modelos EGC representam uma solução alternativa para esta questão, com capacidade de avaliação de problemas econômicos reais. Além disso, tais modelos podem ainda englobar algumas características dos modelos da NGE, como aglomeração e economias de escala (paramétricas). Mesmo estes modelos tendo a capacidade de apresentar resultados numéricos, algumas hipóteses quanto à modelagem são assumidas.

Os modelos EGC têm como base as hipóteses clássicas de modelagem de equilíbrio geral. Os modelos teóricos de equilíbrio geral tomam como válida a existência de uma economia walrasiana quanto ao equilíbrio nos mercados, sendo o seu sistema de equações fundamentado na formalização realizada por Arrow e Debreu (1954). No desenvolvimento desse trabalho e de antecessores, buscou-se tratar a economia sob o aspecto matemático para responder questões emergentes da economia neoclássica, em termos da viabilidade e eficiência do sistema de mercado, com o respaldo de premissas metodológicas de racionalidade dos agentes, as quais buscam maximizar lucro e utilidade e equilíbrio nos mercados (ARROW, 1951; DEBREU, 1951). Nos modelos de equilíbrio geral, a principal preocupação é com a alocação dos bens, que pode se dar entre diferentes regiões, indivíduos, através do tempo, sob incertezas etc.

Nesses modelos, os bens da economia são tratados como objetos quantificáveis, e produção e consumo são definidos em termos de transformação de bens. Esta definição foi realizada para distinguir os bens de outros objetos, como os ativos financeiros. Em uma economia com H consumidores, cada consumidor h tem um plano de consumo (preferência). Assim, os consumidores fazem escolhas entre planos diferentes de consumo, não somente com relação a bens específicos. Cada consumidor tem uma dotação inicial de bens, que, juntamente com as preferências, tem sua demanda por bens definida. Para as preferências, são assumidas hipóteses de completeza, transitividade, convexidade e não saciedade. Assim, a agregação das

curvas de demanda dos H consumidores corresponde à demanda do consumidor representativo da economia, que depende dos preços e é contínua, não negativa e homogênea de grau zero. Os consumidores também são racionais e podem “aprender”, no sentido de que suas taxas marginais de substituição podem depender do estado da natureza, mas essa taxa que podem aprender independe da produção ou consumo. Cada indivíduo h da economia também pode deter uma participação na propriedade das j indústrias. As indústrias transformam os bens de acordo com sua capacidade tecnológica e, nos planos de produção, componentes negativos correspondem aos insumos e componentes positivos, aos produtos. São assumidos para os planos de produção convexidade, retornos não crescentes de escala e impossibilidade de ganhos de especialização. Outras duas hipóteses sobre o ambiente econômico são feitas: irredutibilidade e não distinção dos bens com relação a qual firma os produz ou quem os consome. Os preços são apenas sensíveis (e mensuráveis) como uma relação entre dois bens, *i.e.*, como preços relativos. No equilíbrio, as firmas obtêm lucro zero e os ajustes em todos os mercados e entre todos os consumidores ocorre simultaneamente, definindo os preços e níveis de produção e consumo compatíveis (GEANAKOPOLOS, 2004).

Os modelos EGC representam uma forma de aplicação numérica de um sistema que utiliza como referência a estrutura do modelo Arrow-Debreu. A forma de aplicação dos modelos de equilíbrio geral para análise empírica teve como base duas vertentes. Uma delas foi o desenvolvimento do método de solução numérica de Scarf (1967a; 1967b) e Scarf e Hansen (1973). O método de Scarf foi desenvolvido a partir de um algoritmo que, por meio de iterações simuladas entre os agentes, fornecia um conjunto possível de soluções para o problema de equilíbrio geral. Aumentando de forma suficiente o número de iterações, o conjunto possível de soluções poderia ser pequeno o bastante para escolher um ponto de corte, compatível com um vetor de preços de equilíbrio do mercado. Vale ressaltar que Scarf não construiu um modelo de equilíbrio geral aplicado, mas sim contribuiu com uma técnica numérica útil na avaliação de consequências para a economia de uma mudança no ambiente econômico (KEHOE *et al*, 2005).

O algoritmo de Scarf foi a base para a realização de análises em que vetores de preços poderiam ser encontrados como solução do modelo de equilíbrio geral, dados choques exógenos e ajustamentos necessários. O método sugerido por Scarf foi utilizado seminalmente por Shoven e Whalley (1972) para análise de efeitos de tributação do capital nos Estados Unidos, e novamente por estes mesmos teóricos (1973) na descrição do procedimento

computacional para determinação de um equilíbrio competitivo em um ambiente com tributação de bens de produção e consumo. Outros detalhes sobre o procedimento computacional foram descritos por Scarf (1982). A estratégia de modelagem baseada nesta vertente é reconhecida na literatura como tradição americana de modelagem, utilizada na maioria das vezes para verificar se aspectos teóricos da ciência econômica são observados no mundo real (*e.g.*, TAYLOR; BLACK, 1974; STAELIN, 1976; SCHÄFER; JACOBY, 2006). Nesta vertente, o sistema de equações de equilíbrio geral é tratado como não linear e os resultados são apresentados em nível. Como consequência, os custos computacionais da aplicação destes modelos são maiores.

A outra vertente é baseada em Johansen (1960). Esta vertente se apoiou na estratégia de transposição do sistema de equações do modelo para uma forma linear. O principal objetivo deste autor foi analisar “os desvios da uniformidade no processo de crescimento” (1960, p. 5), em contraste com o equilíbrio geral de Arrow-Debreu ou teoria de crescimento típica, que defendia a hipótese de um crescimento equilibrado em todos os setores. Para isso, inicialmente construiu um “modelo estocástico de insumos fixos” em torno dos dados fornecidos por definições de sistemas de contas nacionais. A razão da natureza estocástica do ano base residia no fato de que dados completos para outros anos geralmente não são disponíveis e, mesmo se séries temporais dos dados estivessem disponíveis, a estrutura da economia poderia mudar significativamente ao longo do tempo. Em seu modelo, uma matriz de insumo-produto foi utilizada para calibrar o banco de dados. Funções de produção para as firmas e demanda para os consumidores foram definidas e elasticidades do comércio intersetorial e entre trabalho e capital foram parametrizadas. Investimento e exportações foram mantidos fixos e assumidos iguais à poupança e importações, respectivamente. Os resultados das simulações dependiam da escolha do comportamento da relação entre os diferentes setores e fatores, com base na definição das variáveis endógenas (MITRA-KAHN, 2008).

Os modelos EGC desenvolvidos com base nesta vertente correspondem à tradição norueguesa/australiana de modelagem. Neste caso, a aplicação computacional ocorreria para um sistema linearizado em que as variáveis do modelo seriam medidas em termos de variação percentual. Choques nos preços não provocariam mudanças sobre variáveis reais e ajustes eventuais nos coeficientes poderiam ocorrer. Esta tradição de modelagem ganhou popularidade para aplicação na avaliação de políticas, por permitir maior detalhamento do

banco de dados e possibilidade de estabelecimento de relações mais realistas de interdependência setorial e regional.

Desde as contribuições de Scarf e Johansen muitos trabalhos foram realizados com base no desenvolvimento de modelos EGC para análises diversas. Em geral, ambas as formas de modelagem baseiam-se no paradigma walrasiano de equilíbrio geral, formalizado por Arrow-Debreu, na teoria microeconômica. No entanto, como ressaltou Mitra-Kahn (2008), o desenvolvimento de novos modelos exige que estes sejam complexos e com um sistema de equações e mapeamento em um formato padrão, para a solução de um problema de equilíbrio geral sobre novos regimes de políticas.¹¹ Na literatura, alguns trabalhos devotaram sua atenção a documentar os modelos EGC desenvolvidos (SHOVEN; WHALLEY, 1984; PEREIRA; SHOVEN, 1988; DECALUWÉ; MARTENS, 1988; BERGMAN, 1990; BANDARA, 1991; ROBINSON, 1991; DIXON; PARMETER, 1996; ROBINSON, 2006).

2.3. Modelos Inter-regionais de Equilíbrio Geral Computável

Os modelos IEGC constituem uma ferramenta de análise mais flexível, por permitir que interações e processos de substituição entre setores regionais possam ocorrer. As características destes modelos em relação aos modelos nacionais ou que consideram apenas uma região são: i) maior detalhamento do banco de dados, o que exige a especificação de fluxos de comércio regionais, da utilização de bens de insumo pelos setores no processo de produção ou formação de unidade padrão de demanda final. Esta especificação ocorre na forma de um sistema que define pares de regiões de origem e destino, o que tem implicações na estrutura do modelo com relação às possibilidades de detalhamento das margens de transporte; ii) possibilidade de realização de simulações considerando políticas específicas ao nível regional. Neste sentido, maior grau de liberdade é adicionado à modelagem para execução de análises de políticas; e iii) maior complexidade estrutural. Consideram substituição sistêmica de insumos regionais, a qual, governada por funções de substituição e parâmetros de sensibilidade, introduzem na modelagem aspectos de análise tais quais competitividade e desigualdade regional. Essa complexidade também é verificada no balanceamento das hipóteses realizadas quanto aos ambientes de simulação a serem adotados, podendo-se permitir ou não competição em mercados específicos, *e.g.*, mercado de terra.

¹¹ Thissen (1998) destacou a dificuldade de realizar um *survey* sobre modelos EGC, argumentando que existem muitos modelos EGC diferentes para cobrir problemas diversos em economia.

Neste sentido, pode-se inserir maior flexibilidade nos mecanismos governadores da demanda e oferta deste fator.

Dentre outras características que podem ser citadas acerca dos modelos IEGC¹², vale destacar a forma com que estes podem ser estruturados em termos de especificação e banco de dados. Existem duas abordagens para modelagem multirregional: *bottom-up* e *top-down*. Os modelos *bottom-up* consideram as características mencionadas acima, no que condiz a detalhamento da especificação e do banco de dados. Nesta abordagem, o comportamento dos agentes da economia é considerado ao nível regional, sendo o resultado de equilíbrio obtido da interação simultânea entre os processos de escolha que cada um possui em mercados específicos. Quando agregados, os relacionamentos que definem o comportamento dos agentes regionais representam o comportamento dos agregados nacionais. O sistema é estruturado de forma interdependente, de forma que políticas regionais podem ser realizadas para produzir efeitos sobre a escala nacional e vice-versa. Os modelos *top-down* têm como base, inicialmente, um modelo nacional ou uma estrutura que considera apenas uma região. Em seguida, variáveis regionais ou de escala regional inferior são introduzidas por meio de um relacionamento unidirecional estabelecido com as variáveis nacionais. Normalmente isso é feito com o uso de uma variável *proxy*, *e.g.*, estrutura produtiva regional. Assim, os resultados regionais são obtidos via um conjunto de hipóteses estabelecido quanto à forma de desagregação dos resultados nacionais, sem considerar efeitos de *feedback*. Os resultados regionais dependem dos resultados nacionais, enquanto que o contrário não se verifica (LIEW, 1984).

Os modelos *bottom-up* apresentam claras vantagens sobre a abordagem *top-down*, em razão das consequências de se poder considerar os efeitos de *feedback* sistêmicos, não apenas entre agregados nacionais e desempenho regional, mas também entre os mercados regionais. A abordagem *top-down* tem a facilidade de exigir um banco de dados menos detalhado e especificação menos complexa do sistema. A escassez de informações é uma das principais dificuldades de trabalhar com modelo IEGC. Além disso, é exigido grande esforço adicional na geração de informações dos fluxos regionais, o que pode ser uma tarefa não trivial em razão do número elevado de procedimentos sequenciais a serem executados. Existe também a abordagem híbrida de modelagem regional que incorpora aspectos de ambas as formas. A aplicação desta abordagem representa uma alternativa quando informações regionais

¹² Para uma revisão, v. Partridge e Rickman (1998).

encontram-se disponíveis apenas parcialmente (HIGGS *et al*, 1988). Na literatura, alguns trabalhos devotaram sua atenção a especificar ambas as abordagens ou testar uma contra a outra, segundo diferentes contextos de aplicação: uso da terra (CASTELLA *et al*, 2007), mudanças climáticas (WING, 2006), emissão de gases causadores do efeito estufa (VAN VUUREN *et al*, 2009) e energia (BÖHRINGER, 1998; FREI *et al*, 2003).

2.3.1. Tradição australiana de modelagem EGC

Os modelos da tradição australiana advêm da estratégia de implementação proposta por Johansen (1960) quanto ao tratamento para aplicação computacional. O funcionamento destes modelos segue de uma interface entre um sistema de equações linearizado e um conjunto de banco de dados. Os principais modelos desenvolvidos nesta tradição tiveram origem no *Centre of Policy Studies (CoPS)*, da *Monash University*. São eles: ORANI, MONASH, *The Monash Multi-Regional Forecasting (MMRF)* e o *The Enormous Regional Model (TERM)*. Estes modelos serviram como ponto de partida para a criação de outras versões que considerassem aspectos específicos de interesse. Além disso, foram utilizados como base para a construção de modelos EGC para aplicação em diversos outros países ou regiões.¹³

O modelo ORANI foi um modelo estático construído para a economia australiana, o qual reconhecia 113 setores, oito ocupações distintas e demanda por margens proporcional à demanda direta por bens e serviços pertinentes (DIXON *et al*, 1982). Este modelo foi referência para o desenvolvimento de outros modelos e algumas de suas características, como a representação de termos de mudança tecnológica e de preferência para os fluxos de bens e fatores, foram base para muitas análises empíricas subsequentes. Extensões deste modelo foram criadas para considerar questões relacionadas à energia. O ORANI-FUEL foi desenvolvido para considerar processos de substituição entre tipos de energia (TRUONG, 1986). A partir deste modelo, o ORANI-E foi implementado para definir aspectos tecnológicos da oferta de energia e consideração de emissões (MACDOUGALL, 1993a;

¹³ Powell e Snape (1993) apresentaram detalhes sobre as contribuições da abordagem australiana de modelagem e como isso pode ter colaborado para a disseminação dos modelos EGC como ferramenta de análise de política em outros países.

1993b). O ORANI-INT adicionou um módulo intertemporal à versão original, para denotar os procedimentos sequenciais ano-a-ano de políticas exógenas (MALAKELLIS, 2000).¹⁴

O modelo MONASH para a economia australiana foi desenvolvido a partir do modelo ORANI com a introdução de um módulo de dinâmica recursiva por meio de equações de acumulação do capital e mercado de trabalho (DIXON; RIMMER, 2002). Aplicações para exercícios de “previsão” utilizando este modelo incluem, dentre outras, cortes de tarifas de importação para a indústria automobilística (DIXON; RIMMER, 1998) e avaliação do mercado de trabalho (MEAGHER *et al*, 2000). A abordagem *top-down* foi inserida posteriormente neste modelo. O modelo MONASH-MRF (MMRF), em relação ao modelo MONASH, foi especificado para acomodar uma estrutura regional *bottom-up* para oito regiões da Austrália. O tratamento regional do comportamento dos agentes permitiu que análises específicas ao nível regional pudessem ser realizadas; além disso, um módulo separado para o governo regional pôde ser introduzido. A implicação essencial deste tratamento foi a possibilidade de obtenção de efeitos sistêmicos de substituição inter-regional nos mercados, via competição por insumos intermediários e fatores. A especificação do mercado de trabalho juntamente com indicadores demográficos poderiam sinalizar movimentos com relação à dinâmica de migração (PETER *et al*, 1996).

Este modelo foi atualizado para representar de forma detalhada processos de substituição de energia e para considerar emissões de CO₂. Uma estrutura *top-down* também foi adicionada dentro de cada região para a obtenção de resultados em níveis espaciais mais finos. Tal versão, o MMRF-GREEN (ADAMS *et al*, 2002; 2010), foi utilizada para a elaboração de análises relacionadas a emissões, como sobre comércio de carbono (ADAMS *et al*, 2000a) e imposição de medidas de eficiência para redução do nível de emissões (ADAMS *et al*, 2000b), e relacionadas a uso de energia e emissões provenientes do carbono (ADAMS, 2002). Por fim, vale destacar o modelo TERM, que, em relação aos outros modelos, foi estruturado para lidar com um número maior de regiões e setores, considerando-se o *trade-off* entre maior detalhamento do banco de dados e menor sofisticação teórica. Isso possibilitou que análises mais detalhadas e específicas ao nível regional e de setores pudessem ser alcançadas. Tal

¹⁴ Recentemente uma versão técnica do ORANI foi construída, o ORANI-G. O “G” na nomenclatura do modelo é para representar o caráter “genérico” desta versão, normalmente utilizada para propósitos acadêmicos de ensino ou como referência para a construção de novos modelos (HORRIDGE, 2003).

modelo foi aplicado na avaliação de impactos de secas (HORRIDGE *et al*, 2005) e comércio de água (DIXON *et al*, 2011).

Como pôde ser visto, tais modelos foram desenvolvidos para abarcar questões pertinentes de políticas com vistas a aplicações em economias reais, e muitas modificações foram inseridas nas versões originais destes modelos para análise de políticas. No entanto, com relação à especificação detalhada do uso da terra, explicitando equações de demanda e oferta, não foi observada nenhuma aplicação de uma versão subsequente de algum desses modelos. Como se observará adiante, a introdução de aspectos do uso da terra ocorreu, na maioria dos casos, no âmbito de análise global do modelo GTAP, cuja estrutura também segue a abordagem Johansen de modelagem EGC. Entretanto, mesmo as abordagens adotadas no contexto do modelo GTAP diferenciam-se da utilizada neste trabalho. Antes de prosseguir com a análise das estratégias empregadas pelos modelos EGC no tratamento do uso da terra, vale contextualizar a experiência brasileira na modelagem EGC, em que o presente trabalho também se insere, como herança da tradição australiana.

2.3.2. Experiência brasileira de modelagem EGC

A Figura 4 apresenta os modelos EGC para a economia brasileira que foram desenvolvidos a partir dos modelos para a economia australiana citados anteriormente. O primeiro a ser construído teve como base o ORANI e foi o modelo para Planejamento e Análise de Políticas Agrícolas (PAPA), capacitado para investigar políticas relacionadas ao setor agrícola. Exercícios de simulação realizados neste modelo incluíram redução de barreiras tarifárias de comércio, aumento do preço internacional do café e eliminação de subsídios do setor de moagem do trigo (GUILHOTO, 1995).

O modelo seguinte foi o *Brazilian Multisectoral and Regional/Interregional Analysis* (B-MARIA), desenvolvido por Haddad (1999) a partir do modelo MONASH-MRF para investigar processos de desigualdade regional e mudanças estruturais inerentes à economia brasileira. Este modelo foi o primeiro capacitado para análise inter-regional para o Brasil e reconhecia três regiões distintas: Centro-Sul, Nordeste e Resto do Brasil. Este modelo foi um marco na trajetória da modelagem EGC para o contexto de análise da economia brasileira, pois forneceu o centro de referência para as especificações subsequentes.

* Documentação completa deste modelo é apresentada em Dixon e Rimmer (2002).
Fonte: Modificado a partir de Santos (2010).

A partir deste modelo, desenvolvimentos sequenciais foram observados. Em ordem cronológica, o modelo B-MARIA-SP foi construído de forma a considerar duas regiões: São Paulo e Restante do Brasil. Tal estratégia foi empregada para verificar efeitos sistêmicos da geração de um diferencial regional relativo na alíquota de impostos indiretos (DOMINGUES; HADDAD, 2003). Esta mesma estratégia foi também utilizada por Porsse (2005), cujo modelo reconhecia duas regiões: Rio Grande do Sul e Restante do Brasil. O objetivo desse trabalho foi duplo: projetar efeitos de uma renúncia parcial de impostos indiretos por aquele estado e verificar, sob diferentes ambientes econômicos, os efeitos de competição tributária regional.

Etapas de trabalhos relacionadas à construção do modelo *Economic Forecasting Equilibrium System* (EFES) foram sendo concluídas em paralelo ao desenvolvimento de outros modelos baseados no B-MARIA. Aquele modelo teve como referência o MONASH, e a sua finalidade era aplicação na geração de projeções econômicas anualizadas, com possibilidade de obtenção de resultados desagregados por setor e região, e análise de políticas econômicas. A estratégia de implementação deste modelo fundou-se na sua integração com um modelo de consistência macroeconômica, para permitir a geração de resultados consistentes com cenários macroeconômicos preestabelecidos (HADDAD; DOMINGUES, 2001). Duas extensões deste modelo foram desenvolvidas: O EFES-REG (HADDAD *et al*, 2002c) e o EFES-IT (HADDAD *et al*, 2002b). O primeiro introduziu a possibilidade de desagregação de projeções nacionais para os estados do Brasil, e o segundo desagregou o módulo de demanda externa em blocos de comércio.

Com base nos modelos B-MARIA-SP e EFES-IT, Domingues (2002) desenvolveu o modelo São Paulo *Applied Regional Trade Analysis* (SPARTA), que reconhecia duas regiões domésticas, São Paulo e Restante do Brasil, e diferentes regiões de comércio externo. Com base neste modelo, o B-MARIA-IT foi construído para analisar as interações de comércio entre os estados brasileiros e com o setor externo, possibilitando a verificação dos principais *links* de interdependência econômica regional (PEROBELLI, 2004). O modelo B-MARIA-27 representou uma segunda etapa no que diz respeito à trajetória de desenvolvimento de modelos EGC para análise de problemas reais na economia brasileira. Foi especificado para reconhecer os 27 estados do Brasil e oito setores produtivos. Em relação ao B-MARIA, este modelo, além de ter apresentado uma estrutura regional mais desagregada, por meio do tratamento detalhado dos fluxos interestaduais na economia brasileira e da especificação dos

mercados de origem e destino para as importações e exportações estaduais, considerou uma desagregação mais fina das contas públicas. Além disso, na estrutura deste modelo foram inseridos elementos de flexibilidade correspondentes à análise de custos de transporte e possibilidade de utilização de retornos não constantes de escala (HADDAD, 2004).

Com base neste modelo, quatro extensões foram desenvolvidas. O B-MARIA-PORT foi estruturado para acomodar ligações na malha de transporte do Brasil e analisar eficiência portuária (HADDAD *et al*, 2007b). O B-MARIA-MG foi também desenvolvido para análise de transporte em um sistema integrado entre sete regiões (HADDAD *et al*, 2008). O B-MARIA-27-COM apresentou uma estrutura mais flexível com relação às possibilidades de produção; assim, foi permitido neste modelo que os setores da economia produzissem mais de um produto, *i.e.*, incorporando a possibilidade de produção secundária (HADDAD *et al*, 2009). A extensão mais recente do B-MARIA-27 é o modelo ENERGY-BR, que introduziu uma mudança na estrutura setorial para reconhecer, a partir do setor de serviços públicos relacionado à provisão de eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana, sete setores de geração de energia elétrica, mais os setores de transmissão e distribuição de energia elétrica, distribuição urbana de gás natural e provisão de água, esgoto e limpeza urbana. Além disso, com base no modelo MMRF-GREEN, introduziu processos de substituição entre setores energéticos (SANTOS, 2010).

Quatro outros modelos podem ser destacados, embora não estejam relacionados com a família dos modelos B-MARIA. Em ordem cronológica, o modelo MIBRA foi desenvolvido para analisar questões relacionadas ao meio ambiente, com a especificação de materiais orgânicos, inorgânicos, particulados; sulfatos, água, energia, CO₂. Tal modelo reconhecia as cinco macrorregiões brasileiras, e análises de projeção temporal foram implementadas com base em cenários econômicos. Foco especial foi dado à Amazônia, no que diz respeito à expansão das atividades agrícolas sobre áreas de floresta, ao uso de água no Nordeste e à poluição proveniente das regiões Sudeste e Sul (GUILHOTO *et al*, 2002). O modelo MINAS-SPACE foi estruturado para acomodar *links* de transporte inter-regional por meio da incorporação de custos de transportes e realizar exercícios de estática comparativa. As características deste modelo quanto à especificação dos custos de transporte indica uma modelagem espacial de equilíbrio geral computável (ALMEIDA, 2003). O modelo MOSAICO foi desenvolvido a partir do modelo GTAP para analisar questões relacionadas aos processos de mudança tecnológica na agricultura brasileira (FERREIRA FILHO; HORRIDGE, 2004). Por fim, a

partir do modelo TERM, o modelo *Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model - Brazil* (IMAGEM-B) foi estruturado para reconhecer os 27 estados do Brasil, sendo utilizado para analisar políticas de transporte e sociais e comércio inter-regional (DOMINGUES *et al*, 2009).¹⁵

Parte considerável do mérito dos modelos EGC desenvolvidos para investigar efeitos de políticas relacionadas à economia brasileira reside, em especial com relação aos modelos correspondentes à família do B-MARIA, além de nas mudanças estruturais realizadas para tornar a análise mais consistente com a realidade, também no trabalho de calibragem dos modelos. O uso de informações mais recentes na calibragem exige que numerosas etapas de trabalhos sejam cumpridas, incluindo processos de validação das informações e estimação de parâmetros de sensibilidade. O presente estudo propõe um modelo a partir das estruturas de três modelos apresentados na Figura 4: B-MARIA-27, ENERGY-BR e MMRF-GREEN. O primeiro foi utilizado em razão da especificação de um sistema em que cada setor produz apenas um produto, o segundo forneceu a estrutura dos setores e produtos energéticos e o terceiro a especificação do módulo de emissões. Como será discutido posteriormente, detalhes de outros trabalhos foram incorporados. Vale destacar que o modelo proposto no presente trabalho preenche a lacuna nesta trajetória de modelagem com a especificação mais detalhada do fator terra, no que diz respeito aos processos de substituição entre diferentes tipos de uso com base nos retornos ligados à sua oferta física. Esta estratégia permite também a obtenção de ligações sistêmicas com os insumos energéticos e processos de substituição dos produtos agrícolas.

2.4. Modelagem EGC com uso da terra: uma revisão considerando as estratégias de incorporação

Os modelos EGC são amplamente utilizados em diversas áreas da economia, como na do comércio internacional e na da tributação. No entanto, a incorporação do uso da terra em modelos EGC é relativamente recente em comparação a essas análises. Embora muitos economistas clássicos tenham desenvolvido seus trabalhos baseando-os na utilização do fator de produção terra, parte do interesse sobre o tema foi diminuindo ao longo do século XX. Como mencionou Barbier (2001), os economistas não foram os primeiros cientistas a

¹⁵ Para uma revisão acerca de outros modelos EGC desenvolvidos para análise de problemas relacionados à economia brasileira, v. Domingues (2002) e Haddad (2004).

voltarem atenção para as consequências da destruição de áreas de florestas e da perda de biodiversidade. No entanto, o recente debate sobre os efeitos das mudanças climáticas globais pode ter estimulado os pesquisadores a superarem as principais dificuldades técnicas associadas à ligação entre o uso terra e modelos EGC. A grande maioria dos trabalhos encontrados na literatura, como se poderá identificar abaixo, liga uso da terra a um modelo EGC para análises relacionadas às mudanças climáticas, política de mitigação de emissões e política energética voltada para o uso mais intensivo de biocombustíveis. Neste contexto, também foram observados trabalhos que focaram na análise de taxaço e na trajetória de desenvolvimento da economia.

A principal vantagem de utilizar modelos EGC para análise do uso da terra é que tais modelos captam de forma sistêmica os efeitos de mudanças no padrão do uso da terra. Estes modelos são atrativos para este tipo de análise, uma vez que conseguem incorporar o comportamento dos produtores com relação à demanda por terra segundo as diferentes possibilidades de uso. Como estes modelos consideram preços relativos e, dado o comportamento otimizador dos produtores, a alocação da terra é direcionada ao uso produtivo de forma a fornecer o maior retorno. Como os trabalhos desenvolvidos para analisar uso da terra a partir de modelos EGC são recentes e pouco abundantes foram encontrados apenas dois estudos de revisão de literatura sobre o tema: Heistermann *et al* (2006) e Hertel *et al* (2008a).

A principal dificuldade de considerar de forma conjunta o uso da terra e a modelagem EGC recai sobre o modo com que o uso da terra é especificado no modelo EGC ou sobre o modo de integração. Assim, o foco desta seção será a investigação da estratégia utilizada pelos trabalhos na implementação do uso da terra em modelos EGC e, quando for o caso, identificação das variáveis ou equações de ligação. O trabalho de Heistermann *et al* (2006) concentrou-se em estudos que realizaram algum tipo de tratamento do uso da terra, seja no contexto de modelagem EGC ou não. Os modelos discutidos nesse estudo foram classificados em três categorias: econômicos, geográficos e integrados.

Quadro 2 — Modelagem EGC com uso da terra

Literatura	Modelo EGC	Dados	Contexto espacial	Resolução temporal	Objetivo/motivação	Estratégia de incorporação do uso da terra
Darwin <i>et al</i> (1995)	FARM	GTAP, FAO e outros estudos	Global	Estático	Avaliar efeitos econômicos de mudanças climáticas	Integração EGC com modelo GIS
Darwin <i>et al</i> (1996)	FARM	GTAP, FAO e outros estudos	Global	Estático	Avaliar efeitos sobre floresta tropical de mudanças climáticas	Integração EGC com modelo GIS
Darwin e Tol (2001)	FARM	GTAP, FAO e outros estudos	Global	Estático	Avaliar efeitos sobre aumento do nível dos oceanos de mudanças climáticas	Integração EGC com modelo GIS
Burniaux (2002)	GTAP-E	GTAP (versão 5) e IMAGE2.1	Global	Estático	Efeito de mudanças nas emissões e uso de energia sobre o padrão de uso da terra	Integração do modelo GTAP ao modelo IMAGE
Burniaux e Lee (2003)	GTAP-E	GTAP (versão 5) e IMAGE2.2	Global	Estático	Efeito de mudanças nas emissões e uso de energia sobre o padrão de uso da terra	Integração do modelo GTAP ao modelo IMAGE
Lee (2004)	GTAP-AEZ	GTAP (versão 5), FAO e SAGE	Global	Estático	Efeito de mudanças no uso da terra da redução do nível de emissões	Especificação do sistema AEZ no modelo EGC
Ahmmad e Mi (2005)	GTEM	Lee <i>et al</i> (2005)	Global	Estático	Descrever os procedimentos da adoção de diferentes estratégias de incorporação do uso da terra	Alocação da terra governada pelo retorno do uso e incorporação de fertilizantes
Lee <i>et al</i> (2005)	GTAP-EPA	GTAP (versão 5), FAO, SAGE e US-EPA	Global	Estático	Aperfeiçoar o banco de dados para análise do uso da terra na modelagem EGC	Especificação do sistema AEZ no modelo EGC
Golub <i>et al</i> (2006)	GTAP-Dyn	Lee <i>et al</i> (2005) e outras fontes	Global	Dinâmico	Aperfeiçoar a modelagem da demanda e oferta de terra para adequar a análise de mudanças climáticas no longo prazo	Distinção de tipos de terra por AEZ na demanda e diferentes tipos de mobilidade na oferta
Van Meijl <i>et al</i> (2006)	GTAP-E	GTAP (versão 6), FAO e outras fontes	Global	Estático	Mensurar os efeitos de cenários econômicos e ambientais sobre o uso da terra	Integração do modelo GTAP ao modelo IMAGE
Gurgel <i>et al</i> (2007)	EPPA	GTAP e US-EPA	Global	Dinâmico	Mensurar os efeitos de aumento da produção global de combustíveis no uso da terra e na economia	Sistema AEZ com alocação da terra governada pelo retorno do uso
Banse <i>et al</i> (2008)	GTAP	GTAP (versão 6) e GTAP-E	Global	Estático	Mensurar impactos na produção agrícola e no uso da terra de mandatos de biocombustíveis	Introdução de uma curva de oferta para representar o processo de conversão de terra endogenamente
Birur <i>et al</i> (2008)	GTAP-AEZ	GTAP (versão 6) e GTAP-E	Global	Estático	Mensurar impactos na produção agrícola e no uso da terra de mandatos de biocombustíveis	Sistema AEZ para capturar competição entre uso da terra agrícola para biocombustíveis e outros usos
Bussolo <i>et al</i> (2008)	ENVISAGE	GTAP e outras fontes	Global	Dinâmico	Mensurar de efeitos econômicos e sociais de mudanças climáticas	A terra foi modelada como um fator de produção cuja oferta era governada por uma função CET

Continuação

Eickhout <i>et al</i> (2008)	LEITAP	GTAP (versão 6) e FAO	Global	Estático/dinâmico	Verificar como cenários climáticos poderiam afetar a produção de alimentos	Integração do modelo LEITAP ao modelo IMAGE
Golub <i>et al</i> (2008)	GTAP-AEZ-GHG	Lee <i>et al</i> (2008), US-EPA e outros estudos	Global	Estático	Retratar o papel da mobilidade da terra entre diferentes usos de taxaço de emissões	Sistema AEZ com alocação da terra governada pelo retorno do uso
Hertel <i>et al</i> (2008b)	GTAP-AEZ	Lee <i>et al</i> (2005)	Global	Estático	Efeito de taxaço de emissões sobre uso da terra	Especificação do sistema AEZ no modelo EGC
Keeney e Hertel (2008)	GTAP-BIO	GTAP (versão 6) e GTAP-E	Global	Estático	Mensurar impactos no uso da terra de mandatos de biocombustíveis dos Estados Unidos	Sistema AEZ para capturar competição entre uso da terra agrícola para biocombustíveis e outros usos
Lee <i>et al</i> (2008)	GTAP-AEZ	GTAP (versão 6), FAO e outros estudos	Global	Estático	Adicionar a análise mais atividades específicas de agropecuária e floresta	Especificação do sistema AEZ no modelo EGC juntamente com estimativas de produtividade das culturas
Monfreda <i>et al</i> (2008)	GTAP-AEZ	GTAP-AEZ, FAO, SAGE e outros estudos	Global	Estático	Aprimorar banco de dados para análise de mudanças climáticas a partir de modelos EGC globais	Sensoriamento remoto e inventários de dados de uso da terra pelas atividades agrícolas a partir de imagens de satélites
Sohngen <i>et al</i> (2008)	GTAP	GTAP	Global	Estático/dinâmico	Discutem o papel que o setor de floresta pode desempenhar para reduzir o nível de emissões	Sugerem a modelagem da atividade floresta e seu uso de forma temporal
Lee (2009)	GTAP-AEZ	GTAP (versão 6), FAO e modelo MESSAGE ¹	Global	Estático	Efeito de mudanças na oferta de alimentos e uso da terra de cenários de mudanças climáticas	Especificação do sistema AEZ no modelo EGC
Ronneberger <i>et al</i> (2009)	KLUM@GTAP	GTAP-E e FAO	Global	Estático	Verificar efeitos globais de mudanças climáticas sobre alocação da terra e economia	Integração do modelo GTAP-EFL ao modelo KLUM
Al-Riffai <i>et al</i> (2010)	MIRAGE	GTAP (versão 7.1), GTAP-E e GTAP-AEZ	Global	Dinâmico	Verificar efeitos de mandatos de biocombustíveis da União Europeia sobre a economia, uso da terra e emissões	Sistema AEZ com incorporação da estrutura detalhada uso da terra para produção de etanol e biodiesel, bem como uso de fertilizantes
Bouët <i>et al</i> (2010)	MIRAGE	GTAP (versão 7), GTAP-E e GTAP-AEZ	Global	Dinâmico	Verificar efeitos de mandatos de biocombustíveis da União Europeia sobre produção agrícola, uso da terra e emissões	Sistema AEZ com incorporação da estrutura detalhada uso da terra para produção de etanol e biodiesel, bem como uso de fertilizantes

Continuação

Laborde e Valin (2011)	MIRAGE-BioF	GTAP (versão 7), GTAP-E e FAO	Global	Dinâmico	Avaliar efeitos de mandatos de biocombustíveis sobre uso da terra, produção e emissões	Sistema AEZ com incorporação da estrutura do uso da terra na produção de etanol, biodiesel e fertilizantes
Hertel <i>et al</i> (2010)	GTAP-AEZ	GTAP (versão 6) e GTAP-E	Global	Estático	Mensurar impactos econômicos e uso da terra de mandatos de biocombustíveis	Sistema AEZ para capturar competição entre uso da terra agrícola para biocombustíveis e outros usos
Oladosu e Kline (2010)	GTAP-ORNL	GTAP-E, GTAP-AEZ e SAGE	Global	Estático	Verificar como a adoção de diferentes hipóteses e instrumentos de políticas podem afetar os resultados da expansão de biocombustíveis	Utilização de dois sub-modelos: um relativo a demanda por terra e outro a oferta
Taheripour <i>et al</i> (2010)	GTAP-BIO	GTAP-E e GTAP-AEZ	Global	Estático	Verificar a relevância da incorporação de biocombustíveis por produto	Detalhamento no sistema AEZ dos diferentes produtos para a produção de biocombustíveis
Tyner <i>et al</i> (2010)	GTAP-BIO-ADV	GTAP-E e GTAP-AEZ	Global	Estático	Verificar efeitos da expansão da produção de etanol sobre uso da terra	Sistema AEZ com incorporação da estrutura detalhada uso da terra para produção de etanol
Britz e Hertel (2011)	GTAP	GTAP e CAPRI	Global	Estático	Verificar como mandatos de biocombustíveis impactam o meio ambiente na União Europeia	Integração entre o modelo GTAP e o modelo CAPRI
Timilsina e Mevel (2011)	GTAP	GTAP (versão 7), Lee <i>et al</i> (2008) e IEA ²	Global	Estático	Verificar os efeitos de mandatos de biocombustíveis sobre o nível de emissões	Sistema AEZ com estrutura CET para descrever o aninhamento da terra
Boyd e Seldon (1991)	CGE para os Estados Unidos	Fullerton <i>et al</i> (1984)	Estados Unidos	Estático	Verificar efeitos de taxação sobre produção e uso da terra, via efeitos de transbordamentos	A terra modelada como um fator primário na produção das atividades de floresta, lavouras e pecuária
Wong e Alavalapati (2003)	GTAP	GTAP (versão 4)	Estados Unidos	Dinâmico	Projetar os efeitos de plantações de florestas no uso da terra e no nível de emissões	Integração do modelo EGC ao modelo FARM
Antoine <i>et al</i> (2008)	EPPA	GTAP e US-EPA	Estados Unidos	Dinâmico	Verificar efeitos de ampliação de áreas de florestas sobre produção de biocombustíveis	Sistema AEZ com alocação da terra governada pelo retorno do uso e caracterização da atividade de floresta
Winston (2009)	USAGE	Secretaria de Análise Econômica (BEA) e Departamento de Agricultura (USDA)	Estados Unidos	Dinâmico	Adaptar o modelo para analisar questões envolvendo o uso da terra como reestruturação setorial e produção agrícola para biocombustíveis	Competição por terra entre usos e utilização dos tipos de terra como critério de definição do contexto espacial

Continua

Continuação

Patriquin <i>et al</i> (2003)	CGE para o Canadá	Matriz de Contabilidade Social (MCS) e Censo do Canadá	Canadá	Estático	Verificar como a redução na área de floresta produtiva poderia ser compensada pelo turismo na região	Competição por terra entre uso agrícola e atividade de turismo e recreação
Trink <i>et al</i> (2010)	CGE regional para a Áustria	MCS de 2003 e Instituto de Estatística da Áustria	Áustria	Estático	Analisar impactos econômicos e uso da terra de políticas de serviços de biomassa	Competição por terra entre uso agrícola para alimentos e biomassa. Alocação governada pelos retornos dos usos
Ignaciuk (2007)	CGE para a Polônia	MCS para a Polônia a partir do GTAP, Escritório de estatísticas e outros estudos	Polônia	Estático	Investigar os efeitos sobre o uso da terra e produção do aumento da participação de bioeletricidade	Terra desagregada em quatro tipos para refletir a competição no uso para produção de alimentos e biocombustíveis
Giesecke <i>et al</i> (2010)	POLTERM	EUROSTAT, Banco de dados regionais e Escritório de estatísticas principais	Polônia	Estático	Verificar os efeitos econômicos de políticas de incentivo a produção agrícola do CAP	Consideração da demanda e oferta de terra segundo uso definido em razão do acesso ao programa LFA
Helming <i>et al</i> (2006)	GTAP regionalizado para a Holanda	GTAP (versão 6) e DRAM	Holanda	Estático	Promover a ligação entre o GTAP e o modelo DRAM e verificar efeitos sobre o uso da terra de cenários econômicos	Integração do GTAP ao modelo DRAM
Sorda <i>et al</i> (2009)	LEITAP	GTAP-E, GTAP-AEZ e Licht (2007)	Alemanha	Estático	Mensurar efeitos de mandatos de biocombustíveis sobre a produção agrícola global e doméstica	Adoção de uma curva para a oferta de terra e alocação governada pelo retorno dos diferentes usos
Fraser e Waschik (2005)	Monash	Monash	Austrália	Dinâmico	Mensurar os efeitos sobre a produção e bem-estar social da mudança do uso de terra na produção agrícola para conservação	Terra modelada como insumo primário na produção agrícola que foi desagregada para considerar floresta e terra de pastorei
Resosudarmo <i>et al</i> (2009)	CGE regional para a Indonésia	Agência estatística da Indonésia	Indonésia	Dinâmico	Avaliar os efeitos econômicos da redução das atividades de extração de madeira	Alocação da terra governada pelo retorno dos usos e especificação da atividade de floresta
Bashaasha <i>et al</i> (2001)	CGE para Uganda	MCS de Uganda, Censo e estatísticas de Agências do governo do país	Uganda	Estático	Verificar como o uso da terra respondia endogenamente a variações de produtividade agrícola	Alocação da terra governada pelo retorno dos diferentes usos: floresta, lavouras e pecuária
Arndt <i>et al</i> (2011)	CGE para Moçambique	MCS de Moçambique e Censo	Moçambique	Dinâmico	Investigar os impactos econômicos da expansão de biocombustíveis	Competição por terra entre o uso agrícola para alimento e biocombustíveis

Continua

Continuação

Glomsrød <i>et al</i> (2011)	CGE para Tanzânia	Dados de outros estudos	Tanzânia	Estático	Verificar como uma política de mitigação via plantações de árvores afetaria a produção agrícola	Competição por terra entre o uso agrícola e áreas de conservação
Cattaneo (2001)	CGE regional para o Brasil	Tabela de insumo-produto, Censo Agrícola, FGV ³ e outros estudos	Brasil	Estático	Avaliar os impactos sobre o desmatamento na Amazônia de políticas diversas	Sistema de transformação e conversão da terra de acordo com um processo de Markov
Giesecke <i>et al</i> (2008)	CGE regional para o Brasil	Modelo EGC	Brasil	Estático	Projetar efeitos da expansão de biocombustíveis sobre a economia e uso da terra	Competição por terra entre produção de cana-de-açúcar e outros usos
Domigues <i>et al</i> (2008)	TERM-CEDEPLAR	IBGE, Pesquisas e outros estudos	Brasil	Estático	Mensurar os efeitos de cenários de mudanças climáticas sobre a economia do Nordeste	Insumo intermediário na produção da agropecuária
Pattanayak <i>et al</i> (2009)	ADAGE	GTAP, Nações Unidas e Cattaneo (2001)	Brasil	Dinâmico	Mensurar os efeitos da expansão de áreas de florestas sobre a economia e saúde da população	Competição por terra entre culturas, pecuária e floresta. Foram consideradas de áreas de conservação
Moraes (2010)	TERM-BR	IBGE, Pesquisas e outros estudos	Brasil	Estático	Mensurar os efeitos de cenários de mudanças climáticas sobre a produção agrícola	Insumo intermediário na produção da agropecuária
Margulis e Dubeux (2010)	EFES-Green	IBGE, Pesquisas e outros estudos	Brasil	Dinâmico	Mensurar os efeitos econômicos de mudanças climáticas globais	Utilização de termos tecnológicos pelo modelo EGC para realizar a integração com outros modelos

Notas: 1) Messner e Strubegger (1995); 2) Sigla de *International Energy Agency*; 3) Fundação Getulio Vargas.

O principal objetivo de Hertel *et al* (2008a) foi destacar três pontos: i) a importância da análise do uso da terra em modelos econômicos; ii) a importância do uso da terra nas estratégias de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, uma vez que o uso da terra está diretamente ligado à emissão de gases causadores do efeito estufa, via desmatamento, por exemplo; e iii) a não estruturação da maioria dos trabalhos sobre modelos EGC encontrados na literatura para acomodar usos da terra alternativos e associá-los a alguma estratégia de mitigação. Uma dificuldade apontada em se trabalhar com uso da terra em modelos EGC é a falta de dados, especialmente para análise global. Uma solução apontada foi à utilização de dados desagregados do uso da terra de acordo com suas características biofísicas.

O Quadro 2 apresenta, de forma sintetizada, os estudos que utilizaram modelos EGC com tratamento diferenciado do uso da terra para avaliar questões diversas, como mudanças climáticas, políticas de incentivo à expansão da produção de biocombustíveis e redução de emissões de gases causadores do efeito estufa. Este quadro mostra, sem maiores detalhes, o modelo utilizado em cada estudo, bem como os dados, o contexto espacial, a resolução temporal (*i.e.*, estática ou dinâmica), o objetivo e a estratégia empregada para incorporação do uso da terra ao modelo EGC. Possui a vantagem de resumir e retratar a trajetória temporal do desenvolvimento dos modelos e as estratégias adotadas na incorporação do uso da terra nos modelos EGC, nos casos de análise global. No caso dos modelos regionais, foram apresentados os trabalhos de acordo com a região de análise. Além disso, especifica-se o banco de dados utilizado por cada estudo, dado ao qual não se concedeu muita atenção ao longo do texto. O foco, no texto, foi a identificação das estratégias de incorporação do uso da terra na modelagem EGC, com a ordem de apresentação dos trabalhos seguindo esta lógica. A seguir, são apresentados maiores detalhes sobre como os trabalhos realizaram tal tarefa. Foge do escopo desta seção a discussão dos resultados encontrados por estes estudos. Estes resultados, em muitos casos, variaram muito entre si, mesmo quando os objetivos eram similares. A principal razão disso são as diferentes estratégias adotadas na consideração da estrutura produtiva, como o nível de desagregação dos setores energéticos e a forma como a alocação da terra era governada (OLADOSU; KLINE, 2010).

O primeiro trabalho amplamente conhecido de modelagem EGC com uso da terra foi o de Darwin *et al* (1995). Estes autores empregaram uma estratégia de modelagem integrada, chamada *Future Agricultural Resources Model* (FARM), para avaliar como mudanças climáticas poderiam afetar crescimento populacional, comércio internacional e economia. A

modelagem FARM era constituída de dois módulos: i) geográfico-ambiental, representado por um modelo de circulação geral, calibrado com informações georreferenciadas, que fazia a ligação do clima com a disponibilidade de terra e água; e ii) econômico, representado por um modelo EGC. A parte geográfica do FARM classificava a terra em seis classes, segundo a duração do período de crescimento das lavouras (estações). Estas classes funcionavam como subsetores dentro de cada uma das atividades de cultura, pecuária e floresta. As informações biofísicas dentro do módulo geográfico-ambiental, *e.g.*, solo e umidade, foram computadas no cálculo das estações. O conjunto de informações geradas por este módulo era utilizado para alimentar o módulo econômico. Não foi permitida interação entre os dois módulos, caracterizando uma integração no estilo *soft link*. Assim, variações de temperatura e precipitação foram simuladas no módulo geográfico do FARM gerando um novo equilíbrio do uso da terra. Este novo equilíbrio foi utilizado como choque exógeno no modelo EGC. Neste modelo, a terra foi utilizada como fator primário de produção de acordo com os seis usos possíveis e oferta fixa. O fator terra foi utilizado na produção de todos os setores; no entanto, os setores agrícolas o utilizaram mais intensivamente do que os outros. O modelo também considerou água como fator primário de produção. Este método foi aplicado também para projetar os impactos de mudanças climáticas sobre áreas de floresta tropical (DARWIN *et al*, 1996) e aumento do nível dos oceanos (DARWIN; TOL, 2001).

O modelo GTAP (HERTEL, 1997) foi central para o desenvolvimento da análise de uso da terra em modelos EGC, e algumas versões deste modelo, criadas para acomodar de forma mais detalhada a estrutura da terra, foram observadas. O GTAPE-L foi construído para acomodar processos de substituição de energia e incorporar o uso da terra. A estratégia de incorporação do uso da terra foi análoga à realizada no modelo FARM, *i.e.*, integração EGC com o modelo IMAGE. Neste caso, o modelo IMAGE forneceu matrizes de transição do uso da terra que descreviam o padrão de mudanças do uso da terra observado em relação ao ano de referência, dada uma variação no nível de emissões. Assim, foi possível verificar quanto de terra foi convertida de floresta para outros usos (BURNIAUX, 2002). O modelo GTAPE-L também foi utilizado para projetar os efeitos globais sobre mudança do uso da terra da redução nas emissões de gases causadores do efeito estufa (BURNIAUX; LEE, 2003). O modelo GTAPE-L permitiu, em relação à estratégia adotada no FARM, a identificação dos tipos de uso da terra e da oferta de terra agregada. Isso foi feito para enfatizar a importância da identificação das fontes principais de emissões provenientes da mudança no uso da terra.

Ao mesmo tempo, isso permitiu que aspectos biofísicos fossem considerados na análise e que mudanças na alocação da terra ocorressem de forma mais realista.

Um desenvolvimento a partir desta abordagem foi a incorporação de informações do modelo PEM¹⁶ da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), para melhorar a especificação da estrutura produtiva agrícola, e a definição de curvas de oferta regional de terra, empregada na determinação do movimento de alocação da terra em termos da intensidade do uso. A integração entre o GTAPE-L e o IMAGE foi feita com base em simulação de cenários econômicos e ambientais, na qual foi permitida a obtenção de resultados a partir de um mecanismo iterativo. Nesta abordagem, o resultado de equilíbrio ocorre como parte do exercício de simulação integrada, quando é alcançada a convergência (VAN MEIJL *et al*, 2006). Outra estratégia de integração observada foi o KLUM@GTAP, que teve como referência os modelos GTAP-E (BURNIAUX; TRUONG, 2002; McDOUGALL; GOLUB, 2007) e KLUM. Neste caso, a integração ocorreu da seguinte forma: variações de temperatura e precipitação foram simuladas no modelo KLUM, que considerava aspectos biofísicos da terra, cujos efeitos sobre a mudança no uso da terra eram computados no modelo GTAPE-L. Este modelo calculava os efeitos da mudança na alocação da terra sobre preços e fatores relacionados ao gerenciamento da terra (*e.g.*, substituição entre fatores primários e insumos intermediários). Estas informações eram utilizadas para retroalimentar o modelo KLUM. Tal sistema de acoplamento entre os dois modelos foi testado de forma iterativa (RONNEBERGER *et al*, 2009).

No entanto, a maioria das análises envolvendo o uso da terra em modelos EGC foi realizada considerando a estratégia de incorporação adotada na construção do modelo GTAP-AEZ (LEE, 2004). Este modelo foi desenvolvido para retratar emissões relacionadas ao uso da terra e descrever o processo utilizado para a consideração de aspectos biofísicos, *e.g.*, temperatura, precipitação, tipos de solo e condições da terra, no procedimento de calibragem do modelo EGC. O uso da terra foi considerado em termos de Zonas Agroecológicas (AEZ), com dezoito AEZ globais identificadas (FAO, 2000; FISCHER *et al*, 2002). As dezoito AEZ foram classificadas de acordo com três zonas climáticas, cada uma formada por seis AEZ. Cada AEZ possuía uma característica própria, sendo a vocação de cada AEZ definida pelo principal produto da região. Dentro de cada AEZ, poderia existir competição entre os diferentes tipos

¹⁶ Sigla de *Policy Evaluation Model*.

de lavouras, formando um composto, que, por sua vez, competiria com pastagem. A competição entre o composto de lavoura e pastagem formaria o composto da agropecuária, que competiria com floresta por terra. A terra era utilizada como fator de produção dividida entre cada AEZ segundo o uso. A oferta de terra era móvel entre os setores produtores dentro de cada AEZ, mas mantida constante entre as AEZ. A ligação do uso da terra em termos de AEZ com o modelo EGC foi feita utilizando uma equação que distribuiu o retorno de cada uso da terra em cada AEZ (LEE *et al*, 2008). O desenvolvimento desta abordagem representou um grande passo na trajetória de incorporação do uso da terra em modelos EGC. Este modelo foi utilizado para avaliar oportunidades de mitigação de emissões relacionadas ao uso da terra, via aplicação, sobre o nível de emissões, de uma taxa que refletisse a competição entre os diferentes usos da terra (HERTEL *et al*, 2008b), e para analisar os efeitos de mudanças climáticas sobre o uso da terra, oferta, demanda e preços dos alimentos (LEE, 2009).

A partir do GTAP-AEZ, outros desenvolvimentos foram realizados tomando como base a estrutura sugerida por este modelo. O modelo GTAP-EPA¹⁷ decompôs o retorno da terra entre as AEZ no processo de calibragem (LEE *et al*, 2005). A partir deste modelo, o modelo GTEM foi desenvolvido para especificar o uso da terra nas bases do modelo MEGABARE, feito no âmbito de um estudo do ABARE¹⁸ (HINCHY; HANSLOW, 1996; AHMMAD; MI, 2005). Em relação ao GTAP-EPA, a estratégia adotada consistiu na incorporação da dinâmica de floresta e do setor madeireiro no modelo EGC, mais a possibilidade de sequestro de carbono. Além disso, introduziu também a possibilidade de substituição entre terra e fertilizantes na tecnologia de produção, e a estrutura da oferta da terra foi desenhada para acomodar de forma flexível a possibilidade de alocação da terra entre as atividades agrícolas e de floresta.

Golub *et al* (2006) apresentaram alternativas de aprimoramento a esta modelagem do uso da terra, considerando detalhes específicos no lado da demanda e no lado da oferta de terra para modelagem de longo prazo (IANCHOVICHINA; McDOUGALL, 2000). Neste caso, o lado da demanda foi retratado como um conjunto de funções de produção que distinguiam a demanda por terra por AEZ. No lado da oferta, foram testadas várias possibilidades de mobilidade da terra (*e.g.*, mobilidade perfeita ou mobilidade governada por uma função

¹⁷ EPA é sigla de *Environmental Protection Agency*.

¹⁸ *Australian Bureau of Agricultural and Resources Economics*.

CET¹⁹ aninhada). Para testar a adequação dessas especificações, foram simulados, em uma versão dinâmica do GTAP, o GTAP-Dyn, alguns cenários com projeção exógena do crescimento populacional, aumento da força de trabalho, mudanças tecnológicas e trajetória do PIB.

O modelo GTAP-AEZ-GHG foi construído para retratar o papel da mobilidade da terra entre diferentes usos na redução de emissões. As emissões foram baseadas na heterogeneidade da terra (*e.g.*, tipos de terra) e, como parte considerável das emissões globais era proveniente do uso da terra, esta estratégia poderia captar melhor os custos econômicos de políticas incentivadoras à expansão de áreas florestais; concomitantemente, apresentar alternativas quanto aos esforços realizados na redução de emissões de outros setores produtivos da economia. Choques exógenos foram efetuados para desestimular a utilização de emissões e estimular o uso da terra. O sequestro de carbono devido à expansão de floresta foi ligado ao modelo por meio de curvas de oferta de carbono (GOLUB *et al*, 2008).

É válido destacar também as características do modelo EGC global ENVISAGE (VAN DER MENSBRUGGHE, 2008), especificado para acomodar o uso da terra, emissões e desagregação de setores energéticos, incluindo fontes de energia renováveis. O banco de dados deste modelo se baseou no GTAP, e a terra foi modelada como um fator de produção cuja oferta era governada por uma função CET. Apenas emissões da utilização de combustíveis fósseis foram consideradas e com base em uma matriz de transição que alocava o estoque de carbono na atmosfera e oceanos. A ligação das emissões no modelo EGC foi feita por meio de *damage functions*, cuja finalidade era refletir variações de temperatura em termos de variação da produtividade agrícola (BUSSOLO *et al*, 2008).

A estratégia de modelagem é importante para a qualidade dos resultados gerados em análise de mudanças climáticas e uso da terra, seja na forma de integração com modelos geográficos ou não. No entanto, as informações utilizadas para calibrar os modelos desempenham papel tão importante quanto a estratégia de modelagem e a consideração do uso da terra na análise. O alcance de aperfeiçoamentos na modelagem EGC com uso da terra pode se dar por meio da incorporação de informações relevantes para análise de mudanças climáticas a partir de especificações mais refinadas do uso da terra na produção agrícola (MONFREDA *et al*,

¹⁹ *Constant Elasticity of Transformation.*

2008). Esta questão tem importância relativa no caso de análises globais, que são a maioria dos trabalhos envolvendo modelagem EGC e uso da terra. Poderia envolver utilização de dados de maior qualidade pelos modelos EGC, provenientes, por exemplo, de sensoriamento remoto e inventários de dados de uso da terra pelas atividades agrícolas derivados de imagens de satélites fornecidas no âmbito do SAGE²⁰ e MODIS²¹. Outras sugestões são encontradas na literatura com relação aos bancos de dados Agro-MAPS (FAO, 2003), que correspondia ao banco de dados do sistema AEZ, e FAOSTAT (FAO, 2011). As sugestões apresentadas pelo trabalho parecem ser válidas, principalmente para análises globais, que muitas vezes utilizam dados e parâmetros tomados de forma *ad hoc* (RAMANKUTTY *et al*, 2008).

A modelagem EGC com uso da terra, como pôde ser observado acima, foi desenvolvida inicialmente para análise de cenários climáticos. Isso exigiu que estratégias fossem adotadas para que os modelos EGC acomodassem em sua estrutura o fator terra, tendo como objetivo a construção de uma abordagem mais realista de como o comportamento dos agentes econômicos pode contribuir para transmitir os efeitos de choques exógenos sistemicamente aos resultados. Posteriormente, a modelagem EGC com uso da terra foi estendida a outros tipos de análises, como expansão da produção relativa de biocombustíveis e os custos de oportunidades associados, produção de alimentos e gerenciamento de áreas de reservas naturais e de florestas. Com relação à consideração de áreas de florestas em modelos EGC, a principal preocupação foi verificar o papel que estas áreas podem desempenhar na redução do nível de emissões. Dessa forma, modelar a terra como insumo na produção agrícola cuja alocação seria governada de acordo com o retorno relativo do uso poderia não ser suficiente para uma análise mais robusta do potencial de sequestro de carbono a partir da atividade florestal. Isso porque uma análise temporal, topográfica e estratégica em termos de rotação do uso da terra seria necessária. A incorporação da análise temporal, por exemplo, aperfeiçoaria a modelagem no sentido de incorporar o fato de que florestas demoram a crescer e que seus efeitos sobre sequestro de carbono ocorrem de forma gradativa (SOHNGEN *et al*, 2008).

A análise da produção de alimentos, por sua vez, pode requerer uma especificação mais detalhada sobre os setores da agropecuária atrelada ao uso da terra e recursos naturais. Isso foi alcançado no modelo LEITAP (NOWICKI *et al*, 2007). Neste modelo, a demanda por terra

²⁰ Sigla de *Sustainability and the Global Environment*, centro de estudos ambientais da Universidade de Wisconsin.

²¹ Sigla de *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*.

foi especificada de forma a refletir o grau de substituição entre os tipos e a oferta de terra, para incluir o processo de conversão (VAN MEIJL *et al*, 2006; TABEAU *et al*, 2006). Uma aplicação deste modelo foi a análise de como cenários climáticos poderiam afetar a produção de alimentos. Nesta aplicação houve integração do modelo LEITAP ao modelo IMAGE, para captar efeitos de variação de produtividade da terra. A oferta foi parametrizada usando informações específicas de cada uso da terra de forma a refletir as diferenças de produtividade do modelo IMAGE. A ligação entre os modelos foi feita no parâmetro de produtividade e uso da terra (EICKHOUT *et al*, 2008). O modelo LEITAP foi utilizado posteriormente para estudar os efeitos de mandatos de biocombustíveis na União Europeia sobre a produção de alimentos (TABEAU *et al*, 2009).

2.4.1. Desenvolvimentos para análise regional

Os trabalhos discutidos anteriormente tiveram como referência modelos EGC estruturados para análise global e basicamente introduzem o uso da terra nos modelos EGC por meio da especificação dos retornos proporcionados por cada uso. Nesta seção, o foco é direcionado aos modelos desenvolvidos para análise nacional ou de regiões específicas. Devido ao fato de que os modelos nacionais são aplicados a contextos específicos de análise, suas características, muitas vezes, diferenciam-se de um para outro. Assim, uma descrição geral acerca dos modelos, em que elementos comuns são destacados, pode não ser apropriada. No entanto, é importante retratar a estratégia empregada nos diferentes casos, uma vez que isso fornece os *insights* necessários sobre o que já foi realizado e o que poderia ser feito, no caso do presente estudo, com relação à introdução do uso da terra na modelagem EGC e os potenciais de aplicação.

Nos modelos EGC sob contextos de análise regional, a ideia de que mudanças endógenas na alocação da terra entre os usos são motivadas pelos diferenciais no custo de oportunidade relativo também é mantida em relação às análises dos modelos globais. O modelo EGC USAGE com uso da terra para a economia dos Estados Unidos utiliza esta ideia. No entanto, enfatiza a importância da consideração das características físicas da terra em alguma etapa da análise envolvendo modelagem EGC e uso da terra. Isso permitiu que fatores geográficos e ecológicos da terra interagissem com o econômico. A limitação física da terra poderia ser especificada pelos tipos de solos e as diferenças na topografia poderiam definir como a produtividade da terra entre os usos mudaria dentro de cada estabelecimento agrícola

(WINSTON, 2009). Uma tentativa de considerar aspectos topográficos na análise EGC com uso da terra foi encontrada nesta revisão (COXHEAD; JAYASURIY, 1994). A estratégia para incorporar o uso da terra em modelos EGC foi considerar dois tipos de regiões, caracterizadas de acordo com a altitude do terreno. O objetivo principal desta abordagem foi captar os diferenciais de produtividade a partir de elementos específicos de cada tipo de terra, bem como determinar a possibilidade de produção de diferentes produtos agrícolas nos tipos de terra. Esta abordagem, apesar de ter potencial de análise para regiões em que os diferenciais de relevo são importantes na determinação da produção agrícola, não ganhou popularidade entre os modelos EGC com uso da terra.

Os modelos EGC regionais com uso da terra, em grande parte, seguiram a estratégia de considerar o uso da terra como fator primário de produção, em que a definição dos retornos da terra dirigia as decisões de alocação dos agentes. Os modelos EGC regionais e nacionais com uso da terra, embora menos frequentes que os modelos globais, também foram encontrados na literatura. Um dos motivos relacionados ao surgimento relativamente recente da análise de uso da terra em modelos EGC, principalmente em contextos de análise global, é a existência do banco de dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO) acerca da distribuição dos tipos de terra (BARBIER, 2001; LÓPEZ; GALINATO, 2005). Os modelos regionais tendem a ter vantagem sobre modelos globais por utilizarem informações mais refinadas e calibragem de parâmetros mais específicos e ajustados aos setores regionais. Isso pode permitir a realização de análises mais realistas sobre os resultados e as hipóteses assumidas.

As aplicações mais frequentes sobre regiões mais específicas foram identificadas para países da União Europeia e para os Estados Unidos. Este último possui maior visibilidade em se tratando de políticas relacionadas às mudanças climáticas, por ser um país com alto nível de emissões e em razão das políticas que se projetam com relação às mudanças no padrão de uso da terra, como o incentivo à produção de biocombustíveis, as quais podem afetar de forma sistêmica a economia global. Os Estados Unidos foram o foco de dois estudos. O primeiro trabalho foi realizado com base na abordagem de Darwin *et al* (1996) de integração entre um modelo EGC e a versão dinâmica do modelo geográfico FARM. Cenários climáticos foram simulados neste modelo, cujos efeitos sobre a distribuição dos tipos de terra foram utilizados para alimentar o modelo EGC. Com isso, foi possível avaliar os efeitos de choques de política de aumentos exógenos de áreas de florestas (WONG; ALAVALAPATI, 2003). O segundo trabalho utilizou a modelagem de uso da terra de Gurgel *et al* (2007) para avaliar como

políticas incentivadoras de biocombustíveis poderiam afetar áreas de recreação. Estas áreas foram consideradas como áreas de reserva florestal (*e.g.*, parques). O tratamento diferenciado em relação à abordagem anterior foi a desagregação de um setor de recreação no componente das famílias com informação detalhada sobre a terra usada (ANTOINE *et al*, 2008).

Também foi verificada uma análise EGC da intensidade do uso da terra na produção de produtos de floresta, lavouras, outros produtos agrícolas e pecuária, em um contexto de taxaço sobre produtos da economia dos Estados Unidos. Neste caso, embora os produtos tributados não utilizassem terra, o efeito foi negativo sobre a produção agrícola, intensiva relativamente em terra. Os efeitos sobre a terra foram obtidos via efeitos de transbordamentos setoriais (FULLERTON *et al*, 1981; BOYD; SELDON, 1991). O fator terra pode também ter papel diferencial na trajetória de crescimento econômico, levando em conta a intensidade no uso de fatores de produção, especialização e eficiência na produção. A terra pode ser modelada em termos de demanda e oferta e avaliada em termos da classe de renda detentora, de forma a diferenciar seu uso. Isso foi aplicado em um exercício considerando uma economia hipotética (RICKER, 1997).

Para regiões específicas, na Europa, cinco aplicações foram encontradas. Em tais aplicações os contextos de análise são bem claros com relação à especificação do uso da terra no modelo EGC. Para a Áustria, país em que serviços de aquecimento são importantes sob aspectos econômicos e sociais, o uso da terra foi especificado para retratar a competição entre sua alocação na produção de alimentos e de energia da biomassa (*e.g.*, culturas de biomassa, incluindo floresta, e alimentos). Como a produção de energia da biomassa dependia consideravelmente do fator terra, a adoção desta estratégia de modelagem do uso da terra desempenhava papel importante na análise. Assim, a alocação da terra em culturas de biomassa, na perspectiva da competição da terra, pode ser favorecida em conformidade com uma economia mais intensiva em energia de biomassa (TRINK *et al*, 2010).

Por outro lado, para a Polônia, a preocupação central foi direcionada à possibilidade de aumentar a diversificação da matriz energética do país e à avaliação de efeitos de políticas específicas sobre desenvolvimento de regiões mais pobres. No primeiro caso, diferentes usos da terra foram adotados para captar custos de oportunidades entre produção agrícola voltada para produção de energia e para produção de alimentos (IGNACIUK, 2007). No segundo, o

uso da terra foi considerado segundo dois tipos: áreas de terra LFA e não LFA.²² Esta estratégia mostra que o uso da terra pode ser estendido para aplicações mais flexíveis, podendo ter papel decisivo em políticas que objetivam promover o desenvolvimento de regiões mais pobres. No caso da aplicação para a Polônia, a política avaliada foi o incentivo à produção agrícola do CAP²³ no país (DAX, 2005; BUREAU; MAHÉ, 2008; GIESECKE *et al*, 2010).²⁴

A análise de integração envolvendo a incorporação do uso da terra em modelos EGC, específica para os casos regionais, também pôde ser realizada. Uma estratégia observada partiu do modelo DRAM²⁵, que distinguia os setores agrícolas e as regiões da Holanda. Este modelo foi utilizado para considerar o comportamento dos produtores agrícolas frente ao processo de escolha da alocação da terra. A estratégia de integração foi realizada a partir da utilização de um modelo calibrado com informações GIS²⁶, que fazia a ligação entre o DRAM e o modelo EGC. O modelo GIS fazia a ligação entre a terra demandada e os dados existentes de uso da terra. A vantagem desta estratégia era permitir um processo iterativo entre os dois modelos, o que poderia produzir resultados consistentes quando a compatibilização das informações entre os dois modelos fosse estabelecida (HELMING *et al*, 2006). Os modelos nacionais/regionais também permitem que características relativas à região de análise possam ser incorporadas, por exemplo, a incorporação de biocombustíveis a partir da produção de bens agrícolas que se enquadram na vocação do país (*e.g.*, cana-de-açúcar no Brasil). Um modelo EGC foi desenvolvido para considerar este fato e analisar os efeitos de mandatos de biocombustíveis na Alemanha, a partir da ligação do uso da terra com a produção de biocombustíveis de segunda geração associada à produção de etanol de uma espécie de grama (BANSE; SORDA, 2009; SORDA *et al*, 2009).²⁷

²² Sigla de *Less Favoured Areas*.

²³ Sigla de *Common Agricultural Policy*.

²⁴ O modelo utilizado nesta análise, o POLTERM, baseou-se no modelo TERM (HORRIDGE *et al*, 2005). As diferenças básicas em relação ao modelo original corresponderam à desagregação dos setores agrícolas e dos tipos de uso da terra. Tanto a demanda quanto a oferta de terra foram estruturadas em apenas dois níveis, *i.e.*, com a possibilidade de substituição dos usos apenas entre terra LFA e terra não LFA. A demanda era governada por uma função CES e a oferta, por uma função CET. A ligação entre a oferta e demanda foi feita igualando-se a variação percentual nos termos quantidade e preços das duas equações.

²⁵ Sigla de *Dutch Regionalized Agricultural Model*.

²⁶ Chamado *Land Use Scanner*.

²⁷ Esta espécie de grama é a *switchgrass*, uma planta perene nativa das Américas. Tal planta possui alta resistência ao clima seco e necessita de pouco ou nenhum fertilizante, características que a tornam atrativa como alternativa para produção de biocombustíveis, dado o baixo custo relativo de produção e consumo energético (SANDERSON *et al*, 2006).

A análise EGC com uso da terra na modelagem regional permite também a obtenção de resultados em termos de bem-estar social. Neste caso, mudanças no uso da terra podem resultar em aumento do bem-estar social como consequência dos efeitos sobre a produção, o que pode ser obtido via mudanças no padrão de alocação da terra. Avaliações de políticas desse tipo e que envolvem áreas de florestas de conservação são conhecidas na literatura como *slippage* e podem ocorrer de duas formas: i) via efeito preço, em razão da redução do produto agrícola. Este aumento de preço tenderia a reduzir a produção mais do que é reduzida proporcionalmente à redução da terra convertida; ii) via efeito substituição, que surgiria da conversão de terra de outros usos (*e.g.*, pastagem) para culturas (WU, 2000; FRASER; WASCHIK, 2005).

Áreas de florestas, por desempenharem um papel importante na economia de certo país ou região, muitas vezes são focalizadas em análises que utilizam modelos EGC nacionais ou regionais. Em muitos casos, a conversão do uso de terra é um fator importante a ser considerado, principalmente em países que possuem grandes áreas de floresta e que possuem baixo nível de renda. Como destacou Winston (2009), a conversão de áreas de floresta em outros usos não é uma questão importante de análise para os Estados Unidos, uma vez que áreas desse tipo quase são inexistentes neste país. Políticas que objetivam reflorestamento poderiam ser interessantes em cenários de mitigação, por outro lado. No entanto, em países como a Indonésia, atividades florestais desempenham papel importante na economia. Resosudarmo *et al* (2009) desenvolveram um modelo EGC regional para este país para analisar como a economia reagiria a uma redução das atividades de extração de madeira. Com o choque dessa política, outras atividades agrícolas foram afetadas em razão da competição por terra, ao mesmo tempo em que regiões relativamente mais intensivas na produção de madeira foram negativamente afetadas.

Além disso, o fato de que países em desenvolvimento possuem, na maioria dos casos, terra disponível para uso produtivo tem sido considerado na modelagem EGC com uso da terra. Dependendo do contexto regional de análise, a estrutura desses modelos acomoda o fato de que grandes áreas de floresta existem e possibilidades quanto à utilização deste recurso são exploradas. Atrelada a isso, a discussão dos efeitos sobre pobreza e desigualdade pode ser inserida. Trabalhos foram desenvolvidos para países do continente africano, para avaliação dos efeitos relacionados ao uso da terra para a produção de biocombustíveis, à produtividade

agrícola (BASHAASHA *et al*, 2001; ARNDT *et al*, 2011) e à mitigação (GLOMSRØD *et al*, 2011).

Trabalhos que utilizaram modelagem EGC com algum tratamento do uso da terra para o Brasil também foram encontrados. O potencial de aplicação desta modelagem para o Brasil é elevado, uma vez que o País possui uma estrutura espacial heterogênea de produção agrícola, com reflexo sobre a disponibilidade de terra e possibilidades de conversão. No entanto, nos trabalhos observados para o Brasil não houve tratamento detalhado do uso da terra, em termos de definição de diferentes tipos de uso na especificação da demanda e oferta de terra e, consequentemente, do relacionamento entre estas. O trabalho realizado de maior abrangência neste sentido foi o de Cattaneo (2001). Neste trabalho, foi desenvolvido um modelo EGC para avaliar os impactos sobre o desmatamento na Amazônia de mudanças na taxa de câmbio, impostos agrícolas, construção de rodovias, posse da terra e mudanças tecnológicas na agropecuária. O modelo possuía informações desagregadas para quatro regiões do Brasil — Amazônia, Centro-Oeste, Nordeste e Resto do Brasil — e cinco setores, produtores de dezenove produtos agrícolas. Cada produto utilizava um tipo específico de terra: i) arável; ii) de pastagem; e/ou iii) de floresta. A terra foi utilizada como fator primário na produção de bens agrícolas, sendo os preços da terra determinados pelo retorno da terra agrícola. O trabalho assumiu que o sistema de transformação e conversão da terra seguia um processo de Markov estacionário de primeira ordem (BAKER, 1989). Assim, o resultado deste procedimento foi utilizado para alimentar o modelo EGC.²⁸

O mercado de biocombustíveis no Brasil também foi avaliado via modelagem EGC regional com uso da terra. O uso foi especificado apenas para a produção de cana-de-açúcar, sendo que parte da terra destinada a esta produção foi considerada de colheita manual e a outra parte, de colheita mecânica. A oferta de terra foi mantida constante para a colheita manual. Assim, a possibilidade de aumento na produção deste uso foi considerada devido ao aumento do uso de fatores variáveis, como capital e trabalho. Por outro lado, para terra na produção de cana-de-açúcar com colheita mecanizada permitiu-se expansão. Como a terra foi mantida constante para todos os usos agrícolas, o aumento do uso da terra na produção mecanizada de cana-de-açúcar implicaria redução de terra utilizada para outras finalidades (GIESECKE *et al*, 2008).

²⁸ Vale destacar também a aplicação do modelo EGC dinâmico ADAGE (DIMARANAN, 2006; ROSS, 2007), que era adaptado para análise de políticas de conservação em países com grandes áreas de florestas. Tal foi modelo foi aplicado na avaliação de uma política de expansão de áreas de florestas nacionais (FLONAS) no Brasil (PATTANAYAK *et al*, 2009).

Esta estratégia foca essencialmente a produção de cana-de-açúcar, sem considerar os processos de substituição envolvidos em sua produção e na cadeia do etanol. Além disso, não é modelado o mecanismo de competição por terra entre cana-de-açúcar e outros produtos agrícolas.

Dois estudos foram realizados com base no conceito de terras aptas e inaptas para o cultivo. Ambos utilizaram modelos EGC calibrados para a economia brasileira baseados no modelo TERM (HORRIDGE *et al*, 2005). Além disso, a estratégia de implementação da análise destes estudos consistiu na utilização de cenários de um estudo da EMBRAPA (2008) que previu os efeitos de mudanças climáticas sobre as culturas de oito diferentes produtos agrícolas em termos de terras aptas e inaptas para o cultivo.²⁹ Um dos trabalhos foi realizado para avaliação dos efeitos sobre a economia do Nordeste (DOMIGUES *et al*, 2008) e o outro, dos efeitos sobre a economia nacional (MORAES, 2010).

²⁹ Mais informações sobre este estudo podem ser encontradas em <http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/aquecimentoglobal.pdf>.

3. ESTRUTURA DO MODELO BLUE

Este capítulo descreve a estrutura teórica do modelo com o detalhamento da estratégia adotada para incorporação do uso da terra, em termos de demanda e oferta desta. Tal estrutura foi construída a partir da especificação adotada pelos modelos B-MARIA-27-COM (HADDAD *et al*, 2009), ENERGY-BR (SANTOS, 2010), MMRF-GREEN (ADAMS *et al*, 2002), GTAP-E (BURNIAUX; TRUONG, 2002) e nas versões dinâmicas dos modelos MONASH (DIXON; RIMMER, 1998; 2002) e ORANI-G (HORRIDGE, 2003).

O modelo *Brazilian Land Use Energy* (BLUE) foi derivado a partir do modelo B-MARIA-27, que serviu como base para a especificação das equações comportamentais e para implementação computacional. A estrutura energética do modelo ENERGY-BR foi adotada para a incorporação das atividades e dos produtos de energia ao banco de dados do modelo. Em relação ao B-MARIA-27, o ENERGY-BR adotou uma abordagem setor×setor de modelagem, que consiste na especificação das funções de produção dos setores de forma a permitir que cada setor produza apenas um produto. A especificação do modelo BLUE, assim como no B-MARIA-27 e no ENERGY-BR, representa uma abordagem que permite que cada atividade produza apenas um produto. Assim, esta primeira etapa de trabalho consistiu na introdução da estrutura de energia de forma compatível com a abordagem atividade×produto. A justificativa e a explicação para a adoção desta abordagem e nível de desagregação é apresentada na seção 3.2, item 3.2.1.1, deste Capítulo.

Em seguida, foi realizada uma adaptação à função comportamental da demanda por terra, com introdução da possibilidade de substituição entre diferentes usos. Foi criada e incorporada à estrutura do modelo uma função de oferta de terra, indicando as possibilidades de conversão entre os diferentes usos, com base no estudo de Van Meijl *et al* (2006). O detalhamento do processo de substituição entre os insumos de energia do modelo MMRF-GREEN foi introduzido. A forma de ligação do nível de emissões no *core* do modelo foi introduzida a partir das especificações do MMRF-GREEN e do GTAP-E.

As mudanças realizadas na estrutura do modelo tiveram como objetivo capacitá-lo para uma análise mais adequada dos efeitos econômicos de mudanças climáticas e de variações intertemporais na produtividade agrícola das culturas. A seguir, será retratada com maiores detalhes a estrutura do núcleo e dos outros componentes do modelo. A estrutura geral deste é

fundamentada na tradição australiana de modelagem EGC, cujo método de solução é baseado no procedimento de Johansen (1960) para modelos linearizados. Computacionalmente, o modelo foi implementado no *software General Equilibrium Modeling Package* (GEMPACK) versão 11.0. Maiores informações sobre este programa podem ser obtidas em Harrison e Pearson (1996) e Harrison *et al* (2002). Seguindo a tradição de disseminação mais ampla de modelos IEGC, um CD acompanha este volume, contendo o código do modelo desenvolvido nesta Tese, bem como o banco de dados completo e todos os arquivos auxiliares necessários para a replicação dos resultados com o GEMPACK.

3.1. Características do modelo

O modelo reconhece a economia de 27 regiões do Brasil, correspondentes às 27 Unidades da Federação. Os resultados são baseados na abordagem *bottom-up*, em que resultados nacionais são obtidos a partir da agregação dos resultados regionais. O modelo identifica, em cada uma das 27 Unidades da Federação, 42 atividades e produtos, sendo, destes todos, treze relativos à agropecuária e nove, à energia. O sistema corresponde a uma relação atividade×produto, adotada para que o modelo pudesse observar o componente terra do valor adicionado de forma desagregada. A Tabela 2 mostra a lista de atividades e produtos considerados pelo modelo.

A escolha desta estrutura embasada na quantidade de atividades e produtos deveu-se à possibilidade de captação do relacionamento entre os diferentes usos da terra e as atividades agrícolas. Assim, tal estrutura permite que sejam considerados efeitos de transbordamentos do relacionamento sistêmico indireto de equilíbrio geral entre o uso da terra e as atividades de energia. A utilização de atividades e produtos desagregados de energia justifica-se também por permitir a obtenção de resultados em termos de emissões, o que representa um bom indicador a ser analisado em contexto de avaliação de efeitos econômicos de mudanças no clima e de variação da produtividade agrícola. Isso significa que emissões provenientes do uso indireto da terra também sejam consideradas; neste caso, via utilização de insumos energéticos.

Tabela 2 — Atividades e produtos do modelo BLUE

Ordem	
C1	Arroz em Casca
C2	Milho em Grão
C3	Trigo em Grão e Outros Cereais
C4	Cana-de-açúcar
C5	Soja em Grão
C6	Outros Produtos e Serviços da Lavoura
C7	Mandioca
C8	Fumo em Folha
C9	Algodão Herbáceo
C10	Frutas Cítricas
C11	Café em Grão
C12	Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura
C13	Bovinos e Outros Animais Vivos
C14	Petróleo, Gás Natural e Carvão Mineral
C15	Minério de ferro, Minerais Metálicos não Ferrosos e Minerais não Metálicos
C16	Alimentos e Bebidas
C17	Produtos Têxteis — Exclusive Vestuário e Calçados
C18	Papel e Celulose
C19	Produtos do Refino de Petróleo
C20	Álcool
C21	Produtos Químicos
C22	Cimento
C23	Outros Produtos de Minerais não Metálicos
C24	Siderurgia
C25	Metalurgia de não Ferrosos
C26	Produtos de Metal — Máquinas, Indústria Automobilística e Materiais de Transporte
C27	Outras Indústrias
C28	Hidroeletricidade
C29	Termoeletricidade — Combustível Fóssil
C30	Termoeletricidade — Carvão
C31	Termoeletricidade — Diesel
C32	Termoeletricidade — Gás Natural
C33	Termoeletricidade — Biomassa da Cana-de-açúcar
C34	Termoeletricidade — Outras Fontes
C35	Transmissão e Distribuição de Eletricidade
C36	Distribuição Urbana de Gás Natural
C37	Provisão de Água e Esgoto
C38	Construção
C39	Comércio
C40	Transporte e Correio
C41	Serviços
C42	Serviços Públicos

3.2. Estrutura teórica do modelo

A estrutura teórica do modelo segue o pressuposto de uma economia walrasiana, em que o equilíbrio nos mercados é alcançado e outras hipóteses são assumidas em conformidade com a estrutura formal de um sistema de equilíbrio geral Arrow-Debreu padrão (ARROW; HAHN, 1971). A especificação do modelo segue a adotada pelo modelo B-MARIA-27 e é apresentada no Apêndice 1.

O sistema de equações linearizadas mostra as relações que determinam demanda e oferta, derivadas de hipóteses de otimização e equilíbrio de mercados competitivos. Além disso, são representados os agregados regionais e nacionais de emprego, nível de preços e balança comercial (HADDAD, 1999). A estrutura do modelo pode ser representada basicamente por cinco módulos de equações integradas, relativas (1) ao *core* (núcleo) do modelo; (2) ao mercado de trabalho e migração regional; (3) às finanças públicas; (4) à acumulação de dívida externa; e (5) às emissões. As características do modelo com relação à acumulação de capital, investimento e dinâmica recursiva também foram representadas. As dimensões retratadas pelas equações enunciam o conjunto de agentes acionados. Ao todo, seis tipos diferentes de agentes têm o comportamento determinado pelas equações: 42 produtores, sendo que cada um produz um dos 42 tipos diferentes de produtos, em cada região, sendo que atividades agrícolas podem usar 13 diferentes tipos de terra; 42 investidores regionais; 27 famílias regionais; 27 governos regionais; 1 governo federal; e 1 consumidor estrangeiro.

A demanda pelos diferentes usos da terra, bem como a conversão da terra entre estes, são descritas no núcleo do modelo. Os processos de substituição dos produtos da agropecuária e dos produtos energéticos também serão abordados no núcleo do modelo. Em geral, algumas características do modelo podem ser pontuadas. A oferta de trabalho é determinada por fatores demográficos, enquanto que o capital é governado por uma taxa de retorno. A oferta de terra também é governada pelo retorno relativo entre os usos da terra. Os fatores primários de produção podem ter mobilidade inter-regional, dependendo da estratégia de identificação utilizada para o comportamento das equações. Se permitido isso ocorrer, o movimento inter-regional dos fatores advém como consequência do diferencial relativo de remuneração, no caso do capital e da terra, da taxa de retorno e, no caso do trabalho, dos salários reais.

Os mercados regionais são assumidos perfeitamente competitivos, o que implica ser o custo marginal de produção igual ao preço do produtor, para cada produto regional. Com isso, para cada atividade, em todas as regiões, o lucro econômico é igual à zero. Há equilíbrio entre a oferta e a demanda em todos os mercados, com a exceção dos mercados dos fatores terra e trabalho, em que excessos de oferta podem ser permitidos para acomodar os efeitos sobre a demanda, com impactos sobre os retornos e salários. O governo atua na economia estabelecendo impostos e/ou subsídios sobre os preços de compra e vendas de bens. Dois produtos são considerados produtos de margens: *Comércio* (C39) e *Transporte e Correio* (C40). A existência destes produtos indica que os custos de transferências de bens na economia, tanto de insumos intermediários quanto de produtos para consumo pela demanda final, são computados nos preços ao nível dos compradores. Outras características do módulo central do modelo incluem os componentes do produto nacional (PIB) e regional (PRB), índices de preços regionais e nacionais, preços de fatores, agregados de emprego e terra e especificações das equações de salário e retorno da terra, por tipo de uso.

3.2.1. Núcleo do modelo EGC

O núcleo do modelo é formado por cinco blocos de equações, detalhados a seguir.

3.2.1.1. Demanda por insumos no processo de produção, oferta de terra e fronteira de transformação de terra

As principais mudanças inseridas no modelo BLUE em relação aos outros modelos EGC desenvolvidos para analisar a economia brasileira correspondem a um maior detalhamento da demanda por insumos intermediários e primários. Em particular, tais mudanças foram introduzidas na especificação do fator terra e no processo de substituição para os produtos da agropecuária. A Figura 5 retrata a estrutura aninhada da tecnologia de produção do modelo. Tal figura foi dividida em quatro partes para facilitar a apresentação das mudanças e as etapas seguidas no processo de modificação: o bloco I refere-se à estrutura de substituição entre bens domésticos e importados; o bloco II corresponde à estrutura de substituição entre os insumos energéticos intermediários; o bloco III retrata o processo de substituição entre os insumos da agropecuária; e o bloco IV apresenta a estrutura dos insumos primários de produção, em que o processo de substituição entre os usos de terra para a formação do composto terra está inserido.

Figura 5 — Estrutura aninhada da tecnologia de produção

Em geral, o modelo reconhece dois tipos de insumos: insumos intermediários e insumos primários. Dentro dos insumos intermediários, foram consideradas três categorias: insumos intermediários energéticos, insumos intermediários da agropecuária e outros insumos intermediários. Três diferentes fatores primários foram utilizados: terra, capital e trabalho. O comportamento dos agentes produtores é assumido otimizador em relação à demanda por fatores de produção, isto é, os agentes produtores escolhem uma combinação de fatores que minimizam custos de produção para um dado nível de produto.

A tecnologia de produção do modelo possui três níveis com relação aos insumos intermediários e quatro níveis na demanda por insumos primários. No primeiro nível, os insumos intermediários de energia, da agropecuária, outros insumos intermediários e fatores primários são combinados por meio de uma tecnologia de produção Leontief, que define a utilização em proporções fixas destes insumos. Os outros níveis foram detalhados abaixo de acordo com os blocos definidos anteriormente.

Os insumos intermediários podem ser demandados por duas fontes regionais: doméstica e exterior. O bloco I retrata a estrutura da demanda por insumos intermediários domésticos e importados. Foi assumido um processo de substituição imperfeito de Armington (1969) entre os insumos destas duas fontes e também entre as fontes regionais. Embora não seja apresentada na Figura 5, a substituição entre bens domésticos e importados engloba também os produtos da agropecuária e de energia.

O bloco II, relativo à estrutura de substituição da demanda por insumos energéticos, foi especificado de acordo com os procedimentos adotados nos modelos MMRF-GREEN e ENERGY-BR. Este bloco é dividido em dois níveis. O primeiro, relativo à parte mais superior do bloco, representa a possibilidade de substituição entre o composto de energia elétrica, retratado no segundo nível, e os outros insumos energéticos, refino de petróleo e gás natural. Neste nível, uma tecnologia de substituição CES³⁰ foi adotada para governar o comportamento da demanda por insumos energéticos. A conciliação da demanda pelos diferentes insumos de energia elétrica é traduzida em um composto de energia elétrica, que é formado considerando o comportamento ótimo dos agentes demandantes acerca de quanto utilizar de cada insumo de energia elétrica. O segundo nível, relativo ao composto de energia elétrica, tem como referência a parte mais inferior da estrutura aninhada e corresponde ao processo de substituição entre sete diferentes insumos de energia elétrica. A tecnologia de substituição CES foi utilizada para governar o comportamento dos agentes demandantes frente a um diferencial nos preços relativos de energia elétrica.

É válido destacar dois fatos sobre este bloco. O primeiro é que, em relação ao modelo ENERGY-BR, uma alteração foi introduzida para considerar de forma direta o processo de substituição entre o composto de energia elétrica e os outros insumos energéticos, via tecnologia CES. Isso porque tal tarefa foi alcançada naquele modelo por meio da especificação da demanda do produto *Transmissão e Distribuição de Eletricidade* (C35), o que poderia ser controverso no que diz respeito à formação do composto de energia e, consequentemente, no processo de substituição sistêmico de insumos intermediários da demanda dos agentes produtores. O segundo fato é que não foi modelada a substituição entre insumos de energia e insumos primários. Burniaux e Truong (2002) modelam a energia como um processo afim ao capital para representar a hipótese de que capital e energia são fracamente separáveis no processo de produção. Isso significa que as firmas podem escolher um *mix* de produtos de energia para minimizar custos de produção, dado um *bundle*³¹ de energia e capital. Neste caso, isso faria sentido se a tecnologia disponível considerasse uma estrutura multienergética; caso contrário, a substituição entre as fontes de energia envolveria a

³⁰ *Constant Elasticity of Substitution*, função em que, se a elasticidade de substituição for 1, as demandas se comportam como uma função Cobb-Douglas hierarquizada (*i.e.*, participação nos gastos são constantes mesmo com mudanças de preços relativos). Se o parâmetro é igual a zero, a demanda segue a forma de Leontief (*i.e.*, proporções das quantidades constantes independentemente do preço). V. Dixon *et al* (1980).

³¹ A expressão refere-se a um “vetor tecnológico”.

instalação de novo capital. Embora não seja considerada a substituição entre energia e capital no modelo, esta ideia de *bundle* entre as fontes de insumos de energia é adotada, uma vez que é considerado um composto de energia elétrica não homogêneo, formado por fonte de renováveis e não renováveis. Maiores detalhes sobre o funcionamento deste mecanismo podem ser encontrados em McDougall (1993a, 1993b) e Hinchy e Hanslow (1996).

Último fato a ser mencionado sobre a estrutura aninhada dos insumos de energia é que o consumo de energia elétrica de grandes consumidores de fontes diretas de geração deste tipo de energia e de autoprodução não é modelado, bem como o processo de substituição que isso poderia envolver, entre os produtos de geração e o composto de energia. Isso implica que os grandes consumidores não decidam o quanto demandar diretamente das fontes geradoras ou da autoprodução de energia elétrica antes de esgotar as possibilidades de substituição entre os insumos do composto de energia, o que é plausível considerando o caso do Brasil (SANTOS, 2010).

O bloco III representa a estrutura empregada de substituição do composto da agropecuária, formado no nível superior pelo composto dos produtos de lavouras, *Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12) e *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13). A tecnologia CES de substituição foi utilizada para retratar as oportunidades deparadas pelos agentes produtores quanto à utilização destes insumos. No nível mais inferior deste bloco, a possibilidade de substituição entre os produtos da lavoura é retratada, com especificação CRESH³². Este bloco como um todo implica que os produtores possam demandar bens agropecuários considerando uma combinação de insumos agrícolas advindos de lavouras, da pecuária e de produtos florestais. Dentro do composto de lavouras, os produtores escolhem os insumos de forma a minimizar seus custos de produção. Este esquema não permite que os agentes produtores demandem produtos da lavoura diretamente, sendo necessária a formação do composto de lavouras e, subsequentemente, do composto da agropecuária. No entanto, ao contrário da especificação da estrutura da demanda pelo composto de energia, este bloco tem forte ligação com a estrutura de insumos primários do fator terra. A ideia de representar as possibilidades de substituição entre os produtos da agropecuária, tal como foi implementada neste modelo, teve como fim captar este relacionamento. Além disso, o processo de decisão dos produtores, neste caso, implica que necessariamente estes tenham de escolher, de início, entre produtos da

³² *Constant Ratios of Elasticities of Substitution Homogeneous*. Para maiores detalhes sobre esta função, v. Hanoch (1971).

pecuária, floresta e lavoura. No segundo momento, a parte devotada às lavouras é acionada. Isso pode fazer mais sentido no caso do Brasil, onde a fronteira agrícola expande, em muitos casos, na forma de conversão de áreas de florestas em pastagem ou produção de culturas voltadas para a exportação.

O bloco IV diz respeito à estrutura de substituição entre os insumos primários de produção. No primeiro nível, o composto de fatores primários é constituído pelo capital, trabalho e terra. O modelo sugere uma estrutura diferenciada para o fator terra. O segundo nível deste bloco especifica o composto terra, representado pelos usos empregados na pecuária (pastagem), exploração vegetal e silvicultura e lavouras. O terceiro nível, que é o mais inferior, retrata a possibilidade de substituição do uso da terra de lavouras entre onze diferentes tipos. Os três níveis foram especificados com tecnologia de substituição CES. A demanda pelo fator terra foi representada em medida de retorno ou remuneração, distinguida segundo os possíveis usos. O uso da terra neste modelo, relativo, neste caso, à demanda por terra, é representado pela remuneração que cada uso da terra pode fornecer ao produtor caso esta seja utilizada na finalidade associada. Portanto, o uso da terra corresponde à mesma classificação empregada para as atividades/produtos da agropecuária. Assim, o modelo explicita a remuneração proporcionada pelas atividades *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13), *Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12), *Arroz em Casca* (C1), *Milho em Grão* (C2), e assim por diante, até a última atividade da lavoura, *Café em Grão* (C11). Para fatos como este foi chamada atenção por Burniaux (2002), segundo o qual um vetor tecnológico específico pode ser associado às possibilidades e opções da produção destes bens, em termos de combinação de fatores primários de produção. A correspondência entre os produtos, *i.e.*, insumos intermediários, e os usos, foi feita por meio da especificação utilizada no código do modelo, atribuindo o mesmo conjunto de identificação da dimensão produtos e usos da terra. O fato de apenas as atividades da agropecuária utilizarem o insumo terra para produção reforça que a ligação entre as atividades e seu correspondente uso é observada.

A primeira versão do modelo, obtida na trajetória de elaboração do trabalho, tinha uma estrutura que identificava 31 setores e 42 produtos. No entanto, esta estrutura suscitou um problema: exercícios de simulação indicaram que um sistema econômico com 31 setores e 42 produtos era ineficaz na geração dos efeitos de competição por terra inter-regional entre os usos de terra das lavouras, embora tenha possibilitado a obtenção de competição por terra ao nível nacional. A competição por terra entre os usos da lavoura e o uso da pecuária também

foi observada. Esta conjectura suscitou a hipótese mais plausível para este resultado, tendo relacionados os seguintes fatos: i) na especificação do fator terra, os usos possíveis foram alocados de forma que os usos das lavouras e da *Exploração Florestal e da Silvicultura* (produtos C1 a C12) fossem destinados ao setor da *Agricultura, Silvicultura, Exploração Florestal*³³, e o uso para *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13), ao setor da *Pecuária e Pesca*³⁴; ii) a especificação do modelo considerou uma estrutura tecnológica em que a alguns setores foi permitido produzir mais de um produto. Este foi o caso do setor da *Agricultura, Silvicultura, Exploração Florestal*, responsável pela produção dos produtos desde *Arroz em Casca* até da *Exploração Florestal e da Silvicultura* (C1 a C12).

Assim, a alocação da terra dos diferentes usos de lavouras e exploração vegetal apenas no setor da *Agricultura, Silvicultura, Exploração Florestal* não produziu competição por terra nestas categorias de uso, uma vez que um valor agregado da terra destinada a este setor foi utilizado na produção. Isso explica o porquê, também, de a competição por terra entre os usos destinados à agricultura e à pecuária ter sido observada naquele momento. A forma mais evidente de corrigir este problema foi criar um sistema com 42 atividades e 42 produtos. Com a adoção de ajustes na especificação do modelo, este passaria a considerar um sistema em que cada atividade produzisse apenas um produto. Ao mesmo tempo, a principal causa do problema seria sanada: a alocação de terra de cada uso seria destinada à atividade correspondente na estrutura do uso da terra regional (fator terra). Para realizar esta correção ou mudança na estrutura do modelo, foi utilizada a estrutura da matriz de produção da economia regional de destino para mudar os fluxos de bens intermediários e finais, margens e impostos. Para os fatores primários, informações adicionais do Censo Agropecuário de 2006 foram empregadas para desagregar os salários e a remuneração do capital do setor da *Agricultura, Silvicultura, Exploração Florestal* segundo as atividades a serem consideradas. Com isso, pôde-se alcançar um sistema com 42 atividades e 42 produtos.

De forma análoga à especificação setor×setor mais usualmente empregada em sistemas de insumo-produto — em que o conceito de produto refere-se a um “produto médio setorial” que considera a composição de vários produtos pelo setor —, na estratégia adotada, ao colocar-se o foco sobre o produto, o conceito de atividade produtora do produto específico contempla a composição de tecnologias setoriais distintas de todos os setores que produzem o produto

³³ Setor especificado no NSCN do IBGE.

³⁴ V. Nota 33.

específico. Destarte, foi utilizado, para fins de melhor entendimento dos resultados deste trabalho, o termo “atividade” para identificar os vários compostos tecnológicos associados à produção de um bem específico como usuários relevantes da matriz de absorção utilizada na calibragem do modelo. Para maiores detalhes, v. Miller e Blair (2009, cap. 5).

Vale destacar também que as tecnologias de produção das atividades são especificadas como funções de produção em níveis. Para a construção de uma estrutura aninhada, como foi descrita acima, normalmente é assumido separabilidade entre os níveis. A hipótese de separabilidade implica que taxas marginais de substituição entre pares de fatores, considerando um grupo separado, sejam independentes dos níveis dos fatores, excluindo aquele grupo. Tal hipótese foi testada em funções de produção que consideram os insumos trabalho (BERNDT; CHRISTENSEN, 1974), energia (BERNDT; WOOD, 1975), tipos de imigrantes (GROSSMAN, 1984) e agricultura (CARTER; YAO, 2002). Muitos destes testes foram realizados supondo definições alternativas da elasticidade Allen de substituição parcial. A hipótese de separabilidade pode restringir a estrutura tecnológica ou as possibilidades da forma funcional da função de produção, como ocorre neste modelo, que especifica tecnologia de substituição CES; no entanto, a separabilidade é consistente com descentralização nos processos de decisão, isto é, com a otimização por estágios (DENNY; FUSS, 1977).

Esta estrutura da demanda por terra, segundo os diferentes usos, foi ligada à oferta de terra. O modo de ligação entre a demanda e a oferta foi feita de forma que a demanda por terra governa o processo de conversão de terra entre os usos, isto é, o lado da oferta. No núcleo do modelo, isto foi alcançado especificando que a variação percentual na demanda por terra é igual à variação percentual da oferta de terra. Este procedimento garante também que o equilíbrio no mercado de terra seja alcançado. O total da oferta de terra disponível regionalmente, isto é, o total de terra potencialmente convertível em cada uma das Unidades da Federação, foi mantido fixo. A Figura 6 apresenta a estrutura da oferta de terra, segundo os usos possíveis. Foi utilizada uma tecnologia CET para governar o processo de transformação entre os usos. Esta função cumpre o papel de especificar a forma de mobilidade da terra entre os usos e indicar como a fronteira de transformações dos tipos de uso da terra pode avançar. Tal função também tem a característica intrínseca de indicar que os produtores agrícolas alocam sua dotação de terra entre os usos de forma a obter o máximo de retorno (HERTEL *et al*, 2010). Como pode ser observado pela Figura 6, apenas um nível foi estabelecido na especificação da oferta de terra, correspondente às possibilidades de alocação entre os treze

tipos de usos de terra do modelo. A ligação sistêmica estabelecida no modelo implica que a produção dos produtos agrícolas considerados (Tabela 2) tenha ligação com a oferta de terra via demanda por terra. Uma vez que a demanda por terra é ligada à estrutura dos insumos agropecuários, e demanda e oferta de terra têm relacionamento estabelecido no núcleo do modelo, o mecanismo de equilíbrio geral permite que a produção de insumos agrícolas dependa da quantidade de terra alocada em sua produção.

Figura 6 — Estrutura da oferta de terra segundo os modos de utilização

A especificação da oferta de terra seguiu o procedimento sugerido por Van Meijl *et al* (2006). Este procedimento consiste na especificação de uma curva de oferta para a agropecuária em um contexto de equilíbrio geral, de forma a relacionar a oferta de terra, considerada neste modelo em termos físicos, e os retornos da terra em cada região (lado da demanda). A ideia principal da curva de oferta é retratar o fato de que terras mais produtivas são primeiramente utilizadas no processo produtivo e, ao mesmo tempo, que utilizar marginalmente terra potencialmente disponível, ou seja, terra que poderia ser convertida em uso produtivo, na produção agrícola é limitada. Se a diferença entre a quantidade de terra potencialmente disponível e a quantidade de terra já empregada na produção agrícola é grande, então aumentos na demanda por terra para a produção agrícola conduzirão a uma conversão de terra para a utilização agrícola, e um pequeno aumento nos retornos da terra ocorrerá para compensar os custos associados a esta conversão.

Quando o emprego de uso da terra agrícola aumenta, há um efeito positivo sobre os retornos da terra, porque uma escassez relativa de terra é criada na economia. Dessa forma, quando quase toda a terra disponível já está empregada no uso agrícola, um aumento na demanda por terra para utilização na produção conduzirá a aumentos significativos das taxas de retorno da terra, uma vez que a oferta de terra, que era escassa, torna-se ainda mais escassa. Neste caso, em que o uso de terra agrícola corresponde à quase totalidade da terra disponível, a conversão de terra é mais difícil de ser alcançada. A Figura 7 esquematiza estas situações. A elasticidade

da oferta de terra com relação aos retornos da terra deve refletir estes fatos. Quanto maior a disponibilidade de terra, o que implica em maior facilidade no processo de conversão de terra no que condiz a custos, cujos impactos são refletidos nos retornos da terra, maior deve ser o valor da elasticidade da oferta de terra. Por outro lado, quanto maior for a proporção da terra em uso no total de terra disponível, menor deve ser o valor da elasticidade, de forma a refletir as dificuldades associadas à conversão de terra. Em cada região, foi assumido que a curva de oferta segue o formato da equação matemática:

$$S = a - \frac{b}{p} \quad (3.1)$$

em que S representa a oferta de terra correspondente ao total de terra utilizada no processo de produção; p é o valor da terra regional; $a > 0$ é uma assíntota, interpretada como o total de terra disponível na região ou o máximo de terra potencial disponível que pode ser convertida para a produção; e b é um parâmetro positivo que determina o formato da curva de oferta.

A elasticidade da oferta de terra E com relação ao valor da terra é igual a:

$$E = \frac{b}{(a \times p) - b} \quad (3.2)$$

Os valores de a e b da função oferta de terra foram calibrados de forma a reproduzir o banco de dados do modelo. Foi assumido que o máximo de terra potencialmente disponível para o uso agrícola, expresso pela assíntota a , é a soma da quantidade de terra já empregada na produção agrícola e da quantidade de terra de áreas de floresta de reserva. O banco de dados do modelo foi calibrado de forma a apresentar as informações correspondentes às variáveis S , a e p . Com isso, o termo b pode ser calculado.

Figura 7 — Curvas de oferta de terra (assíntota escalonada para 1) para o Espírito Santo e para o Amapá e suas posições na curva de oferta

A Figura 7 resume os principais fatos envolvidos neste procedimento de modelagem da oferta de terra. Os casos de Espírito Santo e Amapá foram utilizados para ilustrar o comportamento da curva de oferta, definido supondo o formato da equação (3.1). Os Estados do Espírito Santo e do Amapá foram escolhidos em razão de o Espírito Santo ser o estado com o maior grau de utilização de terra na produção agrícola considerando o total de terra potencial, e de o Estado do Amapá, ao contrário, ser o estado com a maior disponibilidade de terra passível de ser convertida para o processo de produção. Os valores dos preços da terra e da oferta potencial de terra disponível foram escalonados para facilitar a exposição. Assim, o máximo de terra disponível em cada região é igual a 1 (assíntota a na equação (3.1)). Uma vez que os valores do banco de dados do modelo estão disponíveis apenas para o ano de calibragem, valores hipotéticos foram usados para ilustrar o comportamento geral das curvas de oferta. Na curva de oferta do Espírito Santo, o ponto destacado mostra o valor que corresponde ao banco de dados do modelo, em que 80% do total de terra disponível já se encontrava em uso na produção agrícola. De maneira análoga, na curva de oferta de terra do Amapá, o ponto destacado representa o grau, que é de 27%, de utilização de terra por este estado com base no banco de dados do modelo. O fato de que a terra é mais escassa no Espírito Santo do que no Amapá reflete-se no formato de suas curvas: mostram que no Espírito Santo existe um cenário em que o processo de conversão de terra para a produção é mais difícil. No limite, toda a terra disponível seria convertida para utilização na produção. A corrente posição do Amapá na curva de oferta, por exemplo, indica que a terra agrícola neste estado ainda pode expandir sem provocar um crescimento elevado no retorno da terra.

Este procedimento representa uma forma de modelar o comportamento da oferta de terra quando as informações do valor da terra encontram-se disponíveis, e possui a vantagem de modelar as oportunidades de conversão com base em restrições físicas ao emprego marginal da terra na atividade produtiva. Tais restrições são refletidas no custo de conversão, que representa um custo de oportunidade associado ao fato de que o uso marginal de terra implica aumentos crescentes de pagamentos ao fator terra. A principal justificativa para se utilizar esta modelagem da oferta de terra é que, assim, faz-se com que o processo de conversão de terra seja suavizado, em virtude dos efeitos provocados sobre o retorno da terra. Isso faz mais sentido considerando o fato de que mudanças envolvem custos de oportunidade. Para a representação da terra, esta estratégia se enquadra de forma adequada, uma vez que tal fator tem disponibilidade limitada e cujo nível de escassez é refletido em termos de custos de oportunidade crescentes. Este procedimento também foi adotado por Helming *et al* (2006) e Eickhout *et al* (2008).

A diferença entre a quantidade de terra potencial disponível e a quantidade de terra utilizada na produção agrícola também foi caracterizada em termos de um indicador de “desemprego” nacional e regional da terra. Isso foi estabelecido para indicar o movimento de utilização da terra em situações em que a economia tende a utilizar mais intensivamente terra na produção agrícola. Ao mesmo tempo, indica mudanças percentuais da conversão de terra de áreas de reserva para os outros usos, que são, portanto, uma medida de desmatamento. Se especificada de forma exógena, essa variável pode ser utilizada como instrumento de política na definição de uma trajetória de utilização de terra. Neste caso, a oferta de terra regional e nacional poderia ser mantida endógena. Por outro lado, a oferta de terra regional pode ser especificada como exógena, deixando que pelo menos uma das variáveis, “desemprego” de terra regional ou retorno regional relativo, seja determinada endogenamente.

3.2.1.2. Estrutura da demanda por investimentos

Os investidores representam um componente da demanda final e têm como função a criação de unidades de capital. O processo de criação de capital regional de cada atividade envolve a escolha por insumos intermediários, que é descrita pela demanda por investimentos regionais, derivada esta a partir de um problema de minimização de custos sujeita às tecnologias de substituição assumidas. No nível mais inferior da estrutura aninhada da demanda por investimentos, um composto de insumos provenientes das 27 regiões domésticas endógenas é

formado, considerando uma tecnologia de substituição CES. No nível intermediário, a possibilidade de substituição entre insumos domésticos e importados é caracterizada por uma função CES. Uma tecnologia Leontief combina os produtos na composição fixa do bem de capital por produtos (Figura 8). Em cada região, as atividades produtivas escolhem insumos para formar as unidades de capital. Assim como na estrutura da demanda das famílias, a demanda por investimentos não envolve a utilização de fatores primários. Implicitamente, é assumido que a utilização de fatores primários para criação de capital ocorre por meio do uso de fatores primários por outros produtos da economia, principalmente do produto *Construção* (C38).

Figura 8 — Estrutura aninhada da demanda regional por investimento

3.2.1.3. Estrutura da demanda das famílias

Em cada região endógena do modelo há uma família representativa cuja função consumo keynesiana depende da renda disponível. A função utilidade das famílias é assumida ser do tipo Stone-Geary, sendo as funções de demanda derivadas a partir da solução do problema de maximização da utilidade sujeita à restrição imposta pela renda disponível. A Figura 9 descreve a estrutura da demanda das famílias segundo a hierarquia adotada nos processos de substituição.

No nível mais inferior da figura, a substituição ocorre entre as diferentes fontes regionais de oferta por meio de uma tecnologia CES. No nível intermediário, a demanda das famílias é derivada da maximização da utilidade do consumo entre bens domésticos e importados, com base na tecnologia de substituição CES. No nível mais superior, a substituição entre compostos de bens domésticos e importados é conduzida por uma função baseada no Sistema Linear de Gastos (LES). Esta especificação implica que a participação do gasto acima do nível de subsistência, para cada produto, represente uma proporção constante do gasto total de subsistência de cada família.

Figura 9 — Estrutura aninhada da demanda regional das famílias

Os processos de substituição de energia e da agropecuária não foram modelados na estrutura da demanda das famílias. No caso da energia, a formação de um composto de energia para as famílias é menos factível do que para as firmas, uma vez que o modelo representa de forma agregada os produtos da atividade de *Refino e Produtos do Petróleo* (C19), que constituem as principais fontes de energia utilizadas pelas famílias, como gasolina, querosene e óleo diesel. Com relação aos produtos da agropecuária, não faz sentido especificar compostos de produtos agrícolas não processados, uma vez que é difícil fazer suposições sobre o comportamento de consumo das famílias com relação ao processo de substituição. Ademais, esta tarefa torna-se

mais complicada ao considerar-se o fato de que a preferência por produtos agrícolas entre as regiões no Brasil varia sensivelmente.

3.2.1.4. Estrutura da demanda dos governos por bens públicos

Dois tipos de governos foram considerados no modelo: regional e federal. Tais governos representam também uma categoria de uso da demanda final. No entanto, ao contrário do que ocorre na estratégia observada, para identificação das demandas das famílias e por investimentos, ambas as demandas destes governos foram assumidas como seguidoras do movimento endógeno estabelecido pelo consumo das famílias. Isso se deu em razão da carência de uma teoria específica com relação à determinação dos gastos dos governos em bens públicos. Assim, no caso do governo regional, o consumo de bens públicos representa uma proporção fixa do consumo regional real privado e, no caso do governo federal, o consumo destes bens é especificado pelo consumo nacional real privado agregado. Isso indica que o procedimento de definição da demanda dos governos por insumos para a geração de bens públicos segue a mesma lógica da estratégia do setor privado.

3.2.1.5. Demanda externa

A demanda externa por bens nacionais representa a última categoria de uso da demanda final do modelo. Foram considerados dois tipos de bens de exportação: tradicionais e não tradicionais. As atividades orientadas para a exportação têm comportamento especificado por curvas de demanda negativamente inclinadas nos preços do mercado mundial. Além disso, a demanda externa por bens domésticos segue o movimento estabelecido pelos preços FOB das exportações regionais, considerando um vetor de elasticidades que indica o grau de resposta desta demanda às variações nestes preços. Foi assumido que este vetor de elasticidades é o mesmo para todas as regiões, embora valores diferentes tenham sido adotados para os produtos. Para outras especificações relativas a este bloco, v. Perobelli (2004) e Grimaldi (2011).

Estes cinco blocos apresentados definem o núcleo do modelo. Na especificação da estrutura da demanda por insumos, foram retratadas as hipóteses admitidas com relação ao comportamento do fator terra, em termos da demanda e da oferta. Analogamente, no mercado de trabalho regional, maiores flexibilidades podem ser introduzidas. Além deste mercado,

outros três módulos serão discutidos a seguir. Detalhes gerais sobre a descrição destes módulos podem também ser encontrados em Haddad (2004).

3.2.2. Mercado de trabalho regional

Este módulo envolve migração e a população regional refere-se ao número de pessoas empregadas, número de pessoas que compõem a oferta de trabalho, número de pessoas em idade ativa e população residente. Esta diferenciação permite a adoção de maior flexibilidade no mercado de trabalho, especificando conexões entre população regional e oferta de trabalho. Esta oferta pode ser determinada por diferenciais inter-regionais de salário ou por taxas de desemprego regional. Neste caso, hipóteses sobre a oferta de trabalho, diferenciais de salário e taxas de desemprego podem ser definidas para estabelecer o mecanismo de relacionamento (*e.g.*, escolha de qual variável deve ser mantida exógena). Além disso, este módulo pode ser configurado especificando a população regional como exógena e mantendo endógena pelo menos uma das variáveis de desemprego regional, taxa de participação regional ou salário regional relativo. Por fim, outra configuração do mercado de trabalho regional pode ser adotada mantendo estas três últimas variáveis exógenas para que a migração e a população regional sejam determinadas endogenamente.

3.2.3. Finanças públicas

Este módulo abrange equações que determinam o PRB, do lado da renda e do dispêndio, incorporando, no primeiro caso, fontes de receita e, no segundo, os gastos em cada um dos 27 governos regionais e no governo federal. As fontes de receita incluem impostos diretos, impostos sobre a renda, outros impostos diretos, impostos indiretos, outros impostos indiretos, tarifas, transferências federais para as regiões e juros, segundo os agentes e fluxos respectivos. Os gastos ocorrem em razão do consumo de bens e serviços da economia, bem como em investimentos, pagamentos de benefícios pessoais às famílias, transferências para as regiões, pagamentos de juros e outros gastos. Neste módulo, são definidos também os *déficits/superávits* orçamentários dos regionais e nacionais como consequência da contraposição entre as receitas e gastos. Diferentes especificações podem ser adotadas neste módulo, dependendo do objetivo de pesquisa. Mais detalhes sobre estas especificações possíveis podem ser encontrados em Porsse (2005).

3.2.4. Acumulação de dívida externa

Na especificação deste módulo é suposto que a acumulação de dívida externa segue uma relação linear com a acumulação dos saldos comerciais externos. Isso implica que os *déficits* comerciais sejam financiados por elevações na dívida externa.

3.2.5. Módulo de emissões

Este módulo estabelece a forma de ligação das emissões no núcleo do modelo. As equações inseridas neste módulo seguem as estruturas sugeridas pelos modelos MMRF-GREEN e GTAP-E. Três tipos de emissões foram considerados: emissões do uso de energia, emissões fugitivas e emissões do uso da terra. As emissões energéticas foram estabelecidas de forma a serem compatíveis com a variação da demanda por insumos intermediários de energia. Sete diferentes atividades energéticas foram consideradas emissoras no uso de insumos. Assim, aumentos na demanda por estes insumos conduzem a aumentos no nível de emissões devido ao uso de energia. As emissões fugitivas correspondem às emissões geradas no processo produtivo e assumiu-se que variam de acordo com o nível de atividade. Além disso, emissões fugitivas das famílias foram também consideradas e ligadas ao núcleo do modelo via consumo das famílias.

Por fim, as emissões do uso da terra foram consideradas em conformidade com a estrutura do modelo, que permite diferentes usos. Apenas emissões devido à conversão de áreas de floresta em áreas de outros usos foram modeladas, isto é, emissões devido ao desmatamento. Dois tipos de emissões do uso da terra foram distinguidos. O primeiro diz respeito às emissões provenientes da conversão de áreas de reserva em áreas de usos na produção agrícola. Isso foi estabelecido no núcleo do modelo de forma que as emissões variem de acordo com a variação da taxa de “desemprego” da terra. Tal relação foi introduzida para indicar que, por exemplo, quando a taxa de “desemprego” da terra diminui, o que significa aumento do desmatamento, o nível de emissões deve aumentar. Portanto, foi estabelecida uma relação negativa entre emissões do uso da terra devido à conversão de áreas de floresta de reserva e a taxa de “desemprego” da terra. O segundo tipo refere-se às emissões geradas a partir da mudança do uso da terra da atividade de extração de produtos florestais e da silvicultura para outros usos agrícolas. No núcleo do modelo, isso foi estabelecido de forma que as emissões são uma função do uso da terra, considerando o lado da oferta de terra, relativo ao produto *Produtos da*

Exploração Florestal e da Silvicultura (C12). De forma análoga ao processo estabelecido nas emissões da conversão de áreas de floresta de reserva, neste caso foi definida uma relação negativa entre emissões e uso da terra na atividade de exploração florestal. Isso significa que, quando o uso da terra nesta atividade reduz, as emissões devem aumentar.

Valem-se destacar dois fatos com relação às emissões do uso da terra. Primeiro, o de que a modelagem EGC, por avaliar as relações levando em consideração as ligações sistêmicas entre as equações, permite captar que mudanças na demanda por terra possam repercutir no nível de emissões, via relacionamento da demanda e oferta de terra. Por sua vez, a demanda por terra depende dos retornos relativos proporcionados pelos diferentes usos da terra. Assim, esta modelagem permite que sejam obtidos, sobre o nível de emissões, efeitos de políticas sobre a demanda por terra (*e.g.*, mudanças climáticas). Segundo, o fato de que o procedimento realizado neste trabalho se difere do adotado pelo MMRF-GREEN de duas formas: i) este modelo não considera emissões do uso da terra; e ii) aquele modelo considera de forma conjunta (mesma matriz) as emissões do uso de energia e emissões fugitivas. No BLUE, isto é tomado separadamente, tornando possível captar mais adequadamente as emissões provenientes do nível de atividade e do consumo das famílias.

Por fim, vale destacar que o tipo de relacionamento descrito no primeiro fato é que representa o foco deste estudo. Isso indica que as emissões foram tratadas como parte do equilíbrio sistêmico, assim como outras informações definidas no modelo. Assim, no ano de calibragem do modelo, os dados relativos às emissões são compatíveis com o contexto econômico inicial. Não foi empreendida uma análise de taxaço de carbono, por fugir do escopo do trabalho, que envolve maior esforço nas análises relacionadas ao uso da terra. As emissões retratadas em um ambiente de taxaço de carbono são consideradas uma externalidade, cujo efeito sobre a economia é modelado para indicar que no processo produtivo a curva de custo marginal social é superior à do custo marginal privado. O foco desta análise consiste em verificar qual o nível de taxaço eficiente que deve ser aplicada para tornar o nível de produção privado compatível com o nível socialmente ótimo. Esta análise tem como base a introdução da taxaço pigouviana com relação às emissões. Maiores detalhes a respeito desse tópico podem ser encontrados em Harberger (1962), Bovenberg e Mooji (1994) e Fullerton e Heutel (2007).

3.3. Acumulação de capital, investimento e dinâmica recursiva

Para capacitar o modelo à realização da análise de previsão, foi mantida, com relação à especificação da acumulação de capital, a estrutura preexistente do modelo B-MARIA-27. Em geral, o mecanismo de acumulação funciona de acordo com o objetivo do trabalho: se é para realização de exercício de estática comparativa ou previsão. Em exercícios de estática comparativa as simulações são empregadas considerando duas configurações temporais: curto e longo prazo. Estas definições não tem correspondência com calendário exato, uma vez que não há preocupação com a trajetória de expansão do investimento ao longo do tempo. Nos exercícios que atentam para esta análise, o foco é direcionado para a forma com que os gastos de investimento são alocados entre as atividades e regionalmente, e não para a determinação do investimento privado agregado em construções, máquinas e equipamentos. Em estática comparativa, não é necessário que exista uma relação fixa entre capital e investimento (DIXON *et al*, 1982; HADDAD, 2004). Além disso, nos exercícios de estática comparativa é usual manter o estoque de capital como exógeno no curto prazo, para que o investimento regional seja determinado pela taxa de retorno da atividade. No longo prazo, ao estoque de capital é permitido variar de acordo com o diferencial entre a taxa de retorno da atividade e regional do capital e uma taxa de retorno do capital global da economia. Para os exercícios de simulação executados no presente trabalho foi utilizada a análise de estática comparativa. No entanto, para ampliar a capacidade analítica do modelo, foi incorporado também o módulo de dinâmica recursiva.

O mecanismo de dinâmica do modelo segue a especificação de Dixon e Rimmer (1998; 2002), aplicada no modelo MONASH. Tal modelo incorpora três tipos de ligações intertemporais: (1) acumulação física de capital; (2) acumulação de ativos financeiros; e (3) processos de ajustamentos defasados. O modelo BLUE adota o primeiro e o terceiro processos intertemporais. O mecanismo de acumulação de capital pela atividade j na região t ocorre de acordo com a seguinte equação:

$$K_{j,q}(t + 1) = K_{j,q}(t) \times (1 - D_{j,q}) + Y_{j,q}(t) \quad (3.3)$$

onde, $K_{j,q}$ é a quantidade de capital disponível para uso na atividade j da região q durante o período t ; $Y_{j,q}$ é a quantidade de capital novo criado pela atividade j da região q durante o ano t ; e $D_{j,q}$ é a taxa de depreciação, tratada como um parâmetro conhecido no modelo.

A equação (3.3) pode ser usada para traçar a trajetória do estoque de capital da atividade j da região q para um dado ponto inicial do estoque de capital $K_{j,q}$ ($k_{j,q}(0)$) e para um dado mecanismo de determinação do $Y_t(t)$. Um mecanismo usualmente aplicado em modelos EGC dinâmicos baseados no MONASH para determinação do investimento da atividade j da região q é representado por:

$$E_t[ROR_{j,q}(t)] = \frac{E_t[Q_{j,q}(t+1)]}{C_{j,q}(t)} \times \frac{1}{1+r} + (1 - D_{j,q}) \times \frac{E_t[C_{j,q}(t+1)]}{C_{j,q}(t)} \times \frac{1}{1+r} - 1 \quad (3.4)$$

e

$$E_t[ROR_{j,q}(t)] = F_{j,q}^t \left[\frac{K_{j,q}(t+1)}{K_{j,q}(t)} - 1 \right] \quad (3.5)$$

Nas equações (3.4) e (3.5), E_t denota a expectativa mantida no ano t ; $ROR_{j,q}(t)$ é a taxa de retorno do investimento da atividade j da região q considerada no ano t ; $Q_{j,q}(t+1)$ é o retorno do capital da atividade j da região q no ano $t+1$; r é a taxa de juros; $C_{j,q}(t)$ é o custo de uma unidade extra de capital instalado para a atividade j da região q no ano t ; e $F_{j,q}^t$ é uma função não decrescente.

A equação (3.4) define a taxa de retorno esperada do investimento da atividade j na região q no ano t como o valor presente de uma unidade monetária extra de investimento. Isso significa que uma unidade monetária de investimento pode comprar $1/C_{j,q}(t)$ unidade(s) de capital, da(s) qual(is) se espera no ano t gerar rendimentos em $t+1$ iguais a $E_t[Q_{j,q}(t+1)]/C_{j,q}(t)$ e reduzir a necessidade de gastos com investimento por $(1 - D_{j,q}) \times E_t[C_{j,q}(t+1)]/C_{j,q}(t)$. A equação (3.5) define uma curva de oferta de investimento, em que a taxa de retorno do capital avaliada a cada período depende da taxa de crescimento do estoque de capital. Usualmente, esta função é assumida ter inclinação infinita, indicando que a oferta de investimento tem elasticidade infinita em relação à taxa de retorno esperada.

Duas outras considerações sobre as equações (3.4) e (3.5) podem ser feitas. Primeiro, de que para as funções definidas por $F_{j,q}^t$ na equação (3.5) é assumido terem inclinação positiva, o que significa que, por exemplo, se investimentos têm sido realizados na atividade j da região

q , fornecendo uma alta taxa de crescimento do capital nesta atividade, então esta situação é compatível com a existência de uma taxa de retorno esperada elevada, uma vez que isso tem atraído novos investidores. De outra forma, isso significa que a equação (3.5) pode ser escrita também como:

$$K_{j,q}(t+1)/K_{j,q}(t) - 1 = F_{j,q}^t[EROR_{j,q}(t)] \quad (3.6)$$

em que $EROR_{j,q}(t) = E_t[ROR_{j,q}(t)]$.

Segundo, a consideração de que esta abordagem de acumulação adotada no MONASH permite aplicação de dois métodos diferentes de representação das expectativas: estática e *forward-looking* (ou expectativas racionais). Com expectativas estáticas, os termos $E_t[Q_{j,q}(t+1)]$ e $E_t[C_{j,q}(t+1)]$ da equação (3.4) são representados pelos valores correntes a cada período do retorno do capital e pelo custo unitário de capital, respectivamente, ou por extrapolação utilizando índices de preços correspondentes a cada período. Neste caso, isso significa que os investidores consideram apenas a renda corrente e os preços dos ativos quando formam as expectativas correntes sobre taxas de retorno.

Na representação *forward-looking*, os termos de expectativas são substituídos pelos resultados de simulação, em que: $E_t[Q_{j,q}(t+1)] = Q_{j,q}(t+1)$ e $E_t[C_{j,q}(t+1)] = C_{j,q}(t+1)$. Nesta abordagem, o investimento no ano t depende das taxas de retorno do capital e de outras variáveis no ano $t+1$, o que significa que as expectativas formadas para a realização de investimento no t levam em consideração os valores no ano seguinte da taxa de retorno do capital e dos custos de instalação do novo capital, descontado o montante de depreciação. A desvantagem desta especificação em relação às expectativas estáticas é que a solução para um ano não pode ser computada antes da solução do ano seguinte, o que limita sua dinâmica em termos recursivos. A vantagem prática da especificação estática é permitir soluções com base em um mecanismo recursivo. Assim, a solução para o ano t pode ser computada das hipóteses para o ano t e para os dados do ano $t-1$ e de anos anteriores. Analogamente, a solução para o $t+1$ pode ser computada, e assim por diante. Devido a estas possibilidades e vantagens, o mecanismo de expectativas estáticas foi especificado no modelo BLUE para representar a forma de acumulação dinâmica do capital.

Para a calibragem da depreciação, seguiu-se o procedimento da versão dinâmica do modelo ORANIG (HORRIDGE, 2003), o ORANIG-RD.³⁵ Inicialmente foi adotada a seguinte relação:

$$G = Y_t/I_t \quad (3.7)$$

na qual, seguindo a notação empregada anteriormente, Y_t representa o investimento; I_t corresponde ao estoque de capital da economia; e G representa uma relação fixa no ano t entre os níveis de investimento e estoque de capital. O subscrito da atividade foi suprimido para facilitar a exposição. O capital no ano $t+1$ cresce da forma:

$$I_{t+1} = Y_t + (1 - D) \times I_t \quad (3.8)$$

Da equação (3.7), tem-se que $Y_t = G \times I_t$. Substituindo isso em (3.8) e rearranjando os termos, obtém-se:

$$\begin{aligned} I_{t+1} - I_t &= G \times I_t - D \times I_t \\ I_{t+1} - I_t &= I_t(G - D) \\ (I_{t+1} - I_t)/I_t &= G - D \end{aligned} \quad (3.9)$$

O valor de G foi encontrado utilizando-se informações sobre o estoque de capital do Brasil estimadas por Moranti e Reis (2004) e disponibilizadas pelo Ipeadata. Como estas informações se encontravam em preços constantes de 2000, o deflator implícito do capital fixo foi usado para levar os dados para o ano de 2007. Os valores de I_t foram distribuídos de acordo com a estrutura do investimento, para que uma relação fixa fosse obtida para G . Com isso, foi encontrado um valor igual a 7,6% para G . Supondo que o estoque de capital cresce a uma taxa anual igual a 3,6%, então o valor da taxa de depreciação do capital D é igual a 4% ao ano. Este valor é próximo àquele utilizado por Haddad e Domingues (2001) para calibragem do modelo EFES e à taxa de depreciação encontrada por Oreiro *et al* (2004) e IEDI (2006).

³⁵ Esta versão do modelo ORANIG encontra-se disponível no endereço <http://www.monash.edu.au/policy>.

A versão dinâmica do modelo ORANIG apresenta de forma bem detalhada o mecanismo de acumulação de capital; no entanto, uma característica da aplicação deste modelo conduziu à decisão de não adotar esta estrutura no modelo BLUE, mas sim o mecanismo do modelo MONASH. O ORANIG-RD faz a hipótese de que o investimento, o estoque de capital e o retorno do capital possuem a mesma estrutura. Isso acarreta que o mecanismo de acumulação seja interpretado de forma mais intuitiva na trajetória da economia até atingir o estado estacionário. Como o modelo BLUE utiliza estrutura do investimento diferente da estrutura do retorno do capital, problemas de avaliação neste sentido poderiam ocorrer.

No entanto, o mecanismo dinâmico aplicado ao mercado de trabalho do modelo MONASH e adotado no modelo BLUE é análogo à especificação realizada no ORANIG-RD. Este mecanismo corresponde aos processos de ajustamentos defasados do mercado de trabalho, que pode ser descrito pela seguinte equação simplificada:

$$\frac{W_t(t)}{W_f(t)} - \frac{W(t-1)}{W_f(t-1)} = \alpha \left[\frac{E(t)}{E_f(t)} - 1 \right] \quad (3.10)$$

em que $W(t)$ e $E(t)$ correspondem ao salário real e emprego, no ano t , respectivamente; $W_f(t)$ e $E_f(t)$ são previsões do *basecase* dos salários reais e emprego, no ano t ; e α é um parâmetro positivo.

Este mecanismo é consistente com a hipótese de que os salários se ajustam para equilibrar o mercado de trabalho. Se o emprego estiver acima do seu nível previsto, então o salário real aumenta como parte do processo de ajustamento de equilíbrio.

3.4. Estrutura matemática e método de solução

A descrição do método de solução segue as etapas de demonstração empregadas por Haddad (1999). A estrutura geral dos modelos da família B-MARIA é baseada na versão inter-regional do modelo MONASH-MRF (NAQVI; PETER, 1996; PETER *et al*, 1996) e suas equações do núcleo foram definidas de acordo com as especificações do modelo ORANI (DIXON *et al*, 1982). Esta estratégia de modelagem tem como base o método de solução proposto por Johansen (1960), em que o sistema de equações é linearizado de forma a

permitir que soluções a partir de simulações sejam obtidas.³⁶ A linearização é aplicada para que as variáveis sejam definidas em termos de variações percentuais, permitindo, com isso, a execução de exercícios de simulação. Estes exercícios, de maneira padrão, são aplicados para indicar como as variáveis mantidas endógenas no sistema modelado respondem, no que condiz a variação percentual, a mudanças nas variáveis exógenas ou de políticas. A seguir, está representada, de forma esquemática, a abordagem de Johansen de linearização do sistema de um sistema de equação.

Nesta abordagem, tem-se que o sistema linearizado de equações pode ser representado por:

$$F(V) = 0 \quad (3.11)$$

em que V é um vetor de equilíbrio de tamanho n , correspondente ao número de variáveis, e F é uma função vetorial diferenciável de tamanho m , relativo ao número de equações. É assumido que o número de variáveis é maior que o número de equações, isto é, $n > m$, sendo que a diferença entre n e m deve ser estabelecida como o número de variáveis a serem mantidas exógenas para a solução do sistema. A definição das m equações corresponde à especificação dos blocos mencionados anteriormente, com relação à demanda por insumos intermediários, demanda por fatores primários e os processos relacionados, preços, equilíbrio dos mercados, dentre outros.

É assumido que a solução inicial do sistema é conhecida, representada pelo vetor V^* , de forma que:

$$\exists V = V^* \text{ s. t. } F(V^*) = 0 \quad (3.12)$$

No caso do modelo BLUE, o vetor V^* é representado por informações utilizadas no processo de calibragem. Em particular, dados mais relevantes relativos ao fluxo de comércio inter-regional de insumos, demanda final, margens de transporte, impostos, remuneração dos fatores de produção e matriz de insumo-produto para o ano de 2007. No caso mais simples, a

³⁶ Esta forma de análise, isto é, em que o sistema de equações é utilizado de forma linearizada, é padrão no caso da tradição Australiana de modelagem EGC. Outra abordagem comumente encontrada refere-se à tradição americana, que trabalha com sistemas de equações não lineares. Em geral, tais modelos são implementados no *software* GAMS.

solução inicial fornecida pelo método de Johansen para um passo pode ser sumarizada pelas equações a seguir.

$$F(V_1, V_2) = 0 \quad (3.13)$$

em que V_1 é o vetor de variáveis endógenas de tamanho m e V_2 é o vetor $(n - m)$ de variáveis exógenas. A diferenciação total da equação (3.13) fornece que:

$$F_1(V^*)dV_1 + F_2(V^*)dV_2 = 0 \quad (3.14)$$

Em que F_1 e F_2 são matrizes de derivadas parciais de F avaliadas em V^* . Assumindo que a inversa $F_1^{-1}(V^*)$ existe e denotando $B(V^*) = -F_1^{-1}(V^*)F_2^{-1}(V^*)$, tem-se que a solução para dV_1 é igual a:

$$dV_1 = B(V^*)dV_2 \quad (3.15)$$

O vetor de funções F , no BLUE, é representado pelos módulos de equações do modelo, discutidos anteriormente para a estrutura tecnológica, relativos ao núcleo deste, demanda das famílias, demanda por investimentos, demanda dos governos, demanda externa, mercado de trabalho regional, finanças públicas e acumulação de dívida externa. Isso também engloba o módulo de acumulação de capital, que será discutido posteriormente.

O procedimento de linearização baseado na abordagem de Johansen representa uma aproximação da solução real, uma vez que o relacionamento entre V_1 e V_2 é linear, estabelecido pela matriz $B(V^*)$ de derivadas parciais de primeira ordem de F . A diferença entre a solução verdadeira e a obtida representa um *erro de linearização*. Na trajetória de possibilidades de solução, apenas no ponto em que $V_1 = V_1^*$ e $V_2 = V_2^*$, tem-se que a solução do sistema linearizado corresponde à solução verdadeira, obviamente porque V_1^* e V_2^* representam a solução inicial do sistema. De forma a amenizar este problema, procedimentos multipassos são adotados na solução computacional das simulações. Estes procedimentos consistem em dividir os choques sobre as variáveis exógenas em partes iguais. Isso faz com que a matriz B seja reavaliada sequencialmente em cada passo. No entanto, a experiência documentada pela literatura tem mostrado que não é necessária a aplicação de um número

muito elevado de passos (quatro ou menos passos) para a obtenção de resultados com nível satisfatório de acurácia (DIXON *et al*, 1982; HADDAD, 1999).

Os *softwares* GEMPACK e RunDynam, que podem ser utilizados para a implementação computacional deste modelo, oferecem quatro opções quanto à possibilidade de escolha do método de solução: Johansen, Euler, Gragg e *Midpoint*. Os métodos de Euler e Gragg produzem resultados idênticos entre si no primeiro passo, mas sua diferença consiste em que o método Gragg permite a utilização do resultado do passo anterior na trajetória da simulação, enquanto o método Euler parte do passo corrente. O método *Midpoint* é similar ao Gragg. Ao método de Johansen é permitido ser multipassos, mas apenas para um número de soluções igual a 1. Os outros três métodos são multipassos com um número igual a 3 de soluções permitidas, sendo possível a escolha do número de passos em cada uma das soluções. A versão utilizada do GEMPACK, 11.0, também permite que as simulações sejam realizadas a partir de um nível automático preestabelecido para acurácia dos resultados, que pode ser adotado indicando-se um valor percentual e critérios de avaliação: com base nos dados, no método de solução ou em ambos.

3.5. Fechamentos

O modelo possui 85.650 variáveis exógenas e 240.484 variáveis endógenas, na versão condensada. Em relação à versão original, isso implica a substituição de algumas variáveis endógenas, o que permite eliminar algumas equações. Na prática, a versão condensada do modelo exige menos recursos computacionais.

Para a realização de simulações em modelos EGC é necessário o estabelecimento de hipóteses acerca da definição das variáveis entre endógenas e exógenas, como consequência direta do fato de que o número de variáveis do modelo é maior do que o número de equações. Diferentes hipóteses sobre estas variáveis definem diferentes ambientes econômicos em que os resultados podem ser gerados. Os modelos do tipo Johansen fornecem flexibilidade quanto à escolha do fechamento, o que permite maiores possibilidades de aplicação do modelo. Para simulações de estática comparativa, dois fechamentos podem ser adotados: o de curto e o de longo prazo. Sua diferença reside no tratamento empregado na abordagem microeconômica do ajustamento do estoque de capital. No fechamento de curto prazo os estoques de capital

são mantidos fixos, enquanto que, no longo prazo, em cada região podem ser afetados por mudanças de políticas.

O modelo trabalha com preços relativos; assim, alguma variável de preço deve ser escolhida como numerário. No fechamento do BLUE foi mantido o fechamento do B-MARIA-27, conservando-se a taxa de câmbio como numerário, exógena e com choque nulo. Esse procedimento anula a política cambial, de modo que esta não pode ser definida exogenamente ou determinada endogenamente para atingir alguma meta de *superávit* ou inflação. Os fechamentos de curto e longo prazo foram definidos a seguir com base em Haddad (2004).

3.5.1. Fechamento de curto prazo

No fechamento de curto prazo, assumiu-se imobilidade inter-regional e entre atividades do capital, além de população regional e oferta de emprego fixas. Tanto o diferencial de salário real regional quanto o nível de salário real nacional também são mantidos exógenos. Dessa forma, o emprego regional varia como consequência indireta das hipóteses acerca dos salários, via ajuste das taxa de desemprego regional. Neste caso, mudanças na taxa de desemprego e não no salário real motivam as mudanças na demanda por trabalho. A imobilidade do trabalho implica que migração não possa ocorrer no curto prazo. Com relação à demanda final, os gastos de investimento são exógenos, de maneira que, no curto prazo, as firmas não reavaliam decisões de investimento. O consumo das famílias depende da renda disponível e o consumo dos governos regionais e do governo federal é fixo. De forma alternativa, a alteração dos gastos do governo pode ser permitida com a definição exógena do *déficit* deste.

No mercado do fator terra, o mecanismo é análogo ao do mercado de trabalho. A oferta de terra e os diferenciais de retorno da terra regional são exógenos. Com isso, os produtores avaliam oportunidades quanto a mudanças no uso da terra apenas via ajuste no “desemprego” de terra no curto prazo, isto é, via disponibilidade de terra não agrícola (áreas de reserva), e não de acordo com diferenciais de retornos relativos entre os usos.

3.5.2. Fechamento de longo prazo

Para alcançar os objetivos de análise deste trabalho, um fechamento de longo prazo foi adotado nos exercícios de estática comparativa. As hipóteses estabelecidas no fechamento de longo prazo permitem que o equilíbrio do estado estacionário seja alcançado, o que representa mais adequadamente análises intertemporais. Neste fechamento, ao capital é permitido variar endogenamente entre as atividades e regiões, crescendo à mesma taxa do investimento. No mercado de trabalho, o nível de emprego agregado é determinado pelo crescimento populacional, taxas de participação da força de trabalho e taxa natural de desemprego. O salário real nacional é variável, fazendo com que a distribuição da força de trabalho regional e entre as atividades possa variar endogenamente. Isso implica ser o trabalho atraído por atividades e regiões mais competitivas. De forma análoga, o capital tende a se deslocar para atividades mais atrativas, de forma a manter as taxas de retorno em seu nível inicial.

No mercado do fator terra, a oferta de terra permanece exógena, uma vez que não faz sentido, pelo menos neste trabalho, que terra seja gerada regionalmente. O que poderia ser considerado é o surgimento de terra como consequência da transformação de terras impróprias para uso na produção, como áreas alagadas, rios, construções e áreas urbanas etc., em terras passíveis de utilização na produção. Mas este não é o caso do presente trabalho. Permite-se que o retorno da terra varie, sendo que isso, juntamente com a taxa de “desemprego” de terra, determina o uso da terra agregado. Além disso, a distribuição do uso da terra entre as regiões e atividades é determinada endogenamente. Assim, a terra tende a ser alocada em usos que proporcionam maiores retornos relativos. Isso significa que há alterações, no longo prazo, da intensidade do fator terra.

3.6. Teste de homogeneidade

O teste de homogeneidade tem como objetivo verificar a repercussão sobre o sistema do choque de 1% em uma variável de preço (numerário). De acordo com a estrutura teórica em que o modelo se baseia, o sistema de equações deve ser homogêneo de grau zero. Com a aplicação deste teste, possíveis problemas de erros de calibragem dos dados ou hipóteses realizadas quanto à estrutura do fechamento podem emergir. Assim, para que esta hipótese seja válida, tal choque não deve provocar efeitos sobre variáveis reais da economia (quantidade) e uma mesma variação percentual sobre variáveis nominais deve ser alcançada.

O fechamento de curto prazo foi utilizado na verificação do teste de homogeneidade no modelo BLUE a cada etapa de trabalho realizada. O modelo se mostrou homogêneo com o aumento de 1% na taxa de câmbio.

3.7. Análise de sensibilidade sistemática

A análise de sensibilidade sistemática é um procedimento aplicado para verificar se os resultados alcançados pelos exercícios de simulação são robustos a um intervalo de confiança estatístico dos parâmetros calibrados no modelo. Este tipo de procedimento é aplicado como uma resposta às necessidades econométricas de verificação do grau de adequação dos parâmetros escolhidos na calibragem dos modelos EGC (McKITRICK, 1998; LIU *et al*, 2001; ARNDT *et al*, 2001). Basicamente, tal procedimento funciona da seguinte forma: valores da média e desvio-padrão de uma distribuição aleatória dos parâmetros são gerados a partir dos exercícios de simulação; estes valores são então avaliados juntamente com o intervalo de confiança estabelecido para os resultados do modelo. Maiores detalhes técnicos acerca da análise de sensibilidade em modelos EGC podem ser encontrados em Arndt (1996), DeVuyst e Preckel (1997), Domingues (2002) e Belgodere e Vellutini (2009). Este procedimento se mostra de grande valor em casos em que parâmetros são adotados de forma *ad hoc* ou adaptados a partir de resultados de outros estudos. Estudos que adotaram esta análise para verificação da robustez aos parâmetros incluem Arndt e Hertel (1997) e Peterson (1997).

3.8. Dados e parâmetros comportamentais

3.8.1. Dados relativos ao núcleo do modelo

O banco de dados utilizado representa um ponto importante na trajetória de elaboração deste trabalho, uma vez que parte do esforço de pesquisa foi destinado à obtenção de informações mais recentes para a economia brasileira. Os dados utilizados para calibrar o modelo, no que diz respeito ao fluxo inter-regional de comércio de insumos intermediários, demanda por investimentos, demanda das famílias, demanda dos governos regionais e federal, demanda por variação de estoque, exportações, remuneração dos insumos primários, demanda por margens de transporte e impostos, são relativos ao ano base de 2007. Vale destacar que a geração do banco de dados constitui uma etapa não desprezível, uma vez que um conjunto muito grande de informações precisou ser trabalhado e avaliado. Em especial, na abordagem EGC, por ter

como base uma modelagem de grande escala, este fato ganha importância relativa, principalmente em se tratando de um banco de dados que é recente para a economia brasileira.

O fluxo de comércio inter-regional dos insumos intermediários foi gerado a partir de um extenso procedimento, que envolveu ampla coleta de dados, compatibilização das informações de diferentes institutos de pesquisa e validação das etapas empregadas e das informações obtidas em cada uma. Resumidamente, todo o conjunto de dados obtido e utilizado para completar uma etapa na trajetória de pesquisa era trabalhado de forma a manter a consistência com as informações oficiais do NSCN do IBGE, em um estilo de abordagem *bottom-up*.

Isto significa que os dados foram trabalhados a partir de escalas espaciais inferiores, sendo que estas, quando agregadas, deveriam representar de forma consistente o comportamento da escala regional superior, a cada nível. O nível mais detalhado das informações foi microrregional, cuja agregação refletia consistentemente os dados ao nível de estados, que, por sua vez, refletia os dados nacionais. A matriz de insumo-produto nacional³⁷ estimada³⁸ por Guilhoto (2010), com base no procedimento sugerido por Guilhoto e Sesso (2005), serviu como âncora para o cálculo consistente do fluxo de comércio inter-regional dos produtos. Ao final das etapas de construção das informações relevantes para a geração do fluxo de comércio, o resultado consistiu basicamente na obtenção de duas matrizes ao nível microrregional: uma com o valor bruto da produção (oferta) e outra referente à demanda por produtos domésticos. Matrizes de impedância para tipos específicos de produtos, representadas pela distância mínima entre pares de regiões de origem e destino, foram utilizadas como restrição ao sistema para fornecer a *proxy* necessária para direcionar a forma com que o comércio estabelecia-se no cenário econômico-espacial do Brasil em 2007. O procedimento completo de geração do fluxo de comércio inter-regional foi documentado por Faria e Haddad (2011).

As demandas regionais por investimento, consumo das famílias, consumo dos governos, margens, exportações e a remuneração dos fatores primários e impostos foram obtidas

³⁷ Especificada com fluxos intersetoriais para 56 setores e 110 produtos de forma compatível com o NSCN.

³⁸ Este termo empregado não se refere a um procedimento econométrico, que comumente retrata valores de coeficientes estimados juntamente com seus desvios-padrão associados. Neste caso, tal termo indica que os valores calculados para a matriz de insumo-produto de 2007 tiveram como base conjuntos oficiais (*e.g.*, IBGE) de informações amplas, e que hipóteses foram assumidas para a sua obtenção.

utilizando informações referentes ao ano de 2007 com base em pesquisas específicas, como a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), a Pesquisa Anual de Serviços (PAS), a Pesquisa Industrial Anual (PIA), a Pesquisa Anual de Comércio (PAC) e a Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC). Além disso, dados do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) e estatísticas de comércio exterior do Sistema ALICEWEB do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC) também foram utilizados.

A construção da matriz interestadual de insumo-produto teve como base uma metodologia de geração do sistema inter-regional de insumo-produto. O procedimento utilizado representa uma adaptação da abordagem de Chenery-Moses para gerar os coeficientes inter-regionais de insumo-produto para o Brasil (CHENERY, 1956; MOSES, 1955). Basicamente, tal procedimento parte da estrutura nacional de insumo-produto, que, no caso do presente trabalho, correspondia a um sistema com 110 produtos e 56 setores. A estrutura nacional de insumo-produto forneceu coeficientes representando os fluxos básicos dos produtos para cada usuário — exceto exportações e variações de estoques —, isto é, as matrizes com o fluxo básico para consumo intermediário, demanda por investimento, consumo das famílias, consumo do governo e fluxos de margens e impostos indiretos (matriz de absorção/uso nacional). A partir dessas informações, foram calculados coeficientes nacionais da tecnologia de produção (composição das compras de produtos pelos setores) e a mesma composição da demanda por investimento, gasto das famílias e do governo em cada região.

Com base nos coeficientes nacionais tecnológicos de produção, nas informações do fluxo de comércio intra e inter-regional para cada produto e nos agregados regionais (investimento total, consumo total das famílias e do governo), foi possível para cada setor calcular coeficientes do fluxo intra e inter-regional com relação a cada produto. Após a preparação dos dados foi aplicada a abordagem adaptada de Chenery-Moses para a geração dos coeficientes inter-regionais de insumo-produto. Isso consistiu na aplicação dos coeficientes relativos à proporção de cada produto intra e inter-regional aos coeficientes nacionais para o consumo intermediário e para os componentes da demanda final. É feita a hipótese de que os coeficientes de importação são constantes para os produtos em todas as regiões. Fluxos básicos na forma de coeficientes inter-regionais foram, na última etapa deste procedimento, transformados em valores monetários de acordo com as informações coletadas acerca dos

agregados regionais. A variação de estoques foi obtida como resíduo.³⁹ Com isso, obteve-se o sistema inter-regional de insumo-produto. Por fim, as informações foram agregadas para o nível estadual.⁴⁰

Posteriormente, o sistema intersetorial original foi agregado para representar 22 setores e 33 produtos da economia brasileira. No entanto, a análise realizada no presente estudo, na avaliação de efeitos econômicos de mudanças climáticas e retratação de emissões de gases causadores do efeito estufa, exigiu a execução de uma etapa extra. A desagregação dos setores e produtos de energia foi implementada para retratar as ligações entre estes setores e o restante da economia. Neste sentido, foi utilizada a estrutura energética do modelo ENERGY-BR (SANTOS, 2010) para a desagregação dos setores e produtos energéticos. No caso, o setor e o produto de *Eletricidade e Gás, Água, Esgoto e Limpeza Urbana* do NSCN foi desagregado em outros dez setores e produtos. Com isso, obteve-se um sistema com fluxo inter-regional e intersetorial para 31 setores e 42 produtos entre as 27 Unidades da Federação. Em seguida, houve a transformação para representar-se um sistema com 42 atividades e 42 produtos. Os Apêndices 2 e 3 retratam como os produtos e setores do modelo foram agregados a partir dos produtos e setores do NSCN.

Como o modelo ENERGY-BR foi estruturado para retratar a economia brasileira de 2004, a hipótese para a desagregação dos setores de energia realizada com base neste modelo foi de que o relacionamento entre os setores energéticos e os outros setores da economia tenha sido o mesmo em 2007. Isso traduz-se basicamente em termos da estrutura energética, tanto na oferta como na demanda por diferentes fontes de energia. As Tabelas de 3 a 5 apresentam informações relativas ao Balanço Energético Nacional (BEN) 2011, ano de referência 2010 (BEN, 2011).

³⁹ A distribuição regional das exportações por produto foi realizada com base nas informações do Sistema ALICEWEB.

⁴⁰ A documentação completa, incluindo os códigos computacionais para implementação deste procedimento, pode ser encontrada em Haddad e Marques (2012).

Tabela 3 — Participação (em %) na oferta interna de energia por fonte

Identificação	2004	2007	Diferença
<i>Energia não renovável</i>	56,19	54,27	-1,92
Petróleo e derivados	39,13	37,52	-1,61
Gás natural	8,92	9,32	0,40
Carvão mineral e derivados	6,65	6,04	-0,62
Urânio (U3O8) e derivados	1,48	1,39	-0,09
<i>Energia renovável</i>	43,81	45,73	1,92
Hidráulica e eletricidade	14,41	14,93	0,52
Lenha e carvão vegetal	13,19	12,04	-1,16
Derivados da cana-de-açúcar	13,46	15,91	2,45
Outras renováveis	2,74	2,85	0,11
<i>Total</i>	100,00	100,00	0,00

Fonte: BEN (2011).

Tabela 4 — Participação (em %) no consumo residencial de eletricidade por Grandes Regiões do Brasil

Regiões	2004	2007	Diferença
Norte	5,16	5,15	0,00
Nordeste	15,80	16,33	0,53
Sudeste	54,71	54,49	-0,22
Sul	16,82	16,49	-0,33
Centro-Oeste	7,51	7,53	0,02
<i>Total</i>	100,00	100,00	0,00

Fonte: BEN (2011).

Tabela 5 — Participação (em %) no consumo final de energia por setor

Identificação	2004	2007	Diferença
<i>Consumo final</i>	100	100	0,00
<i>Consumo final não energético</i>	6,79	6,57	-0,22
<i>Consumo final energético</i>	93,21	93,43	0,22
<i>Setor energético</i>	8,60	9,76	1,16
<i>Residencial</i>	11,17	10,34	-0,84
<i>Comercial</i>	2,71	2,75	0,04
<i>Público</i>	1,71	1,65	-0,06
<i>Agropecuário</i>	4,33	4,21	-0,12
<i>Transportes</i>	26,92	26,74	-0,18
Rodoviário	24,76	24,54	-0,21
Ferrovário	0,34	0,33	-0,01
Aéreo	1,25	1,24	-0,01
Hidroviário	0,57	0,62	0,05
<i>Industrial</i>	37,77	37,99	0,21
Cimento	1,39	1,57	0,18
Ferro-gusa e aço	9,39	8,46	-0,92
Ferroliga	0,82	0,84	0,02
Mineração e pelotização	1,38	1,55	0,17
Não ferrosos e outros da metalurgia	2,77	2,78	0,00
Química	3,72	3,55	-0,17
Alimentos e bebidas	9,20	9,87	0,66
Têxtil	0,62	0,59	-0,03
Papel e celulose	3,82	3,97	0,15
Cerâmica	1,68	1,78	0,10
Outros	2,98	3,03	0,04

Fonte: BEN (2011).

De acordo com a Tabela 3, de 2004 a 2007 a produção de energia renovável ganhou participação no total da oferta interna de energia do Brasil devido principalmente à maior disponibilidade da fonte de derivados da cana-de-açúcar, em detrimento de petróleo e derivados. A Tabela 5 mostra que a estrutura do consumo setorial de energia sofreu poucas mudanças neste período. O mesmo pode ser verificado para o consumo regional residencial de eletricidade (Tabela 4). Apesar de tais informações não estarem muito detalhadas, no contexto geral, reduzida mudança relativa ocorreu no cenário energético brasileiro entre 2004 e 2007⁴¹. Portanto, a hipótese de que a economia brasileira de 2007 possui estrutura energética análoga à de 2004 é razoável neste contexto de análise.

3.8.2. Dados do uso da terra

A estrutura do modelo para a acomodação dos produtos energéticos representou um passo importante para o objetivo de análise do presente trabalho, mas não foi o passo mais importante nem o fato diferencial. A especificação do uso da terra tanto em termos da demanda quanto da oferta física constituem os pontos centrais. Os dados utilizados nesta análise são referentes às informações do mais recente Censo Agropecuário, cujo ano base é 2006, para as Unidades da Federação (IBGE, 2010). Foram quatro os conjuntos de informações utilizados deste Censo para o nível de estabelecimentos: i) valor pago de arrendamento de terras pelos estabelecimentos; ii) área colhida, segundo classes da atividade agrícola; iii) utilização da terra nos estabelecimentos, por tipo de utilização, segundo os grupos e classes da atividade agrícola; e iv) valor da terra dos estabelecimentos.

O primeiro conjunto de informações, referente ao valor pago de arrendamento de terra pelos estabelecimentos, é uma medida monetária em R\$ correntes. Tais informações foram obtidas diretamente do grupo de tabelas do Censo para cada estado para os usos da pecuária e criação de outros animais e produção florestal de florestas plantadas e nativas. Os usos de lavouras estavam agregados em lavouras permanentes e temporárias, horticultura e floricultura e sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal. Para desagregar tais informações, o

⁴¹ Neste período, dois fatos novos mais significativos foram observados com relação à geração de energia elétrica no Brasil. Primeiro, a inauguração da Usina Hidrelétrica Monte Claro, no Rio Grande do Sul. Segundo, o início da operação comercial da Usina Hidrelétrica Campos Novos, em Santa Catarina. Tais fatos constituíram ampliação da capacidade de geração de energia no País sem proporcionar, no entanto, grandes impactos sobre a estrutura da matriz energética do Brasil.

segundo conjunto de dados foi utilizado. Assim, a desagregação foi feita considerando a participação da área colhida de cada tipo de uso da lavoura no total da lavoura. Este procedimento garantiu a obtenção consistente das informações do valor pago de arrendamento de terra dos onze tipos de usos da lavoura, completando os treze tipos de uso da terra da agropecuária considerados no modelo. Os tipos de usos da terra foram considerados em suas respectivas atividades.

Entretanto, pôde-se notar que os estabelecimentos que tiveram suas terras arrendadas representam apenas parte da totalidade dos estabelecimentos. Neste caso, uma parcela do retorno da terra não estaria sendo contabilizada. De forma a não subestimar as informações do retorno da terra regional, foi considerada a seguinte estratégia para imputação dos valores: para cada tipo de uso da terra em cada região foi observada a parcela dos estabelecimentos que tinham suas terras arrendadas no total de estabelecimentos e qual era o valor do gasto de arrendamento por esta parcela. A partir dessas informações foi calculado o valor do arrendamento da terra regional por uso, supondo que todos os estabelecimentos tivessem suas terras arrendadas. Por exemplo, se na produção de cana-de-açúcar 25 dos 50 estabelecimentos de São Paulo são arrendados e o valor pago por este arrendamento é R\$ 60,00, então se na produção de cana-de-açúcar os 50 estabelecimentos fossem arrendados o valor pago de arrendamento seria R\$ 120,00. Para a realização deste procedimento é feita a hipótese de que o tamanho dos estabelecimentos é homogêneo.

Valem ser destacados três pontos com relação a este conjunto de informações. Primeiro, que este conjunto refere-se a uma medida de retorno da terra, que é desagregada por tipo de uso. Dessa forma, os dados em questão foram utilizados para calibrar a demanda pelo fator terra, cujo movimento é governado pelos diferenciais de retorno proporcionados em cada tipo de uso. Segundo, que estas informações foram descontadas dos valores do retorno regional do capital, uma vez que estes foram inicialmente construídos de forma agregada englobando os retornos da terra. O deflator implícito do PIB da agropecuária foi utilizado para levar os valores do retorno da terra, cujo ano base era 2006, para o ano de 2007. Terceiro, que os usos da terra no trabalho foram especificados de forma compatível com as atividades agrícolas do NSCN. Cada uso da terra tem uma atividade agrícola correspondente no sistema econômico do modelo.

O terceiro conjunto de dados utilizados do Censo Agropecuário de 2006 correspondente à utilização da terra nos estabelecimentos e representa uma medida física em hectares. Tais informações foram empregadas para calibrar a oferta de terra regional segundo os tipos de usos. Foram considerados usos de lavouras as terras destinadas às atividades de lavouras permanentes e temporárias, bem como áreas plantadas com forrageiras para corte e área para cultivo de flores (inclusive hidroponia e plasticultura), viveiros de mudas, estufa de plantas e casas de vegetação. Foram considerados usos da pecuária e criação de outros animais (*Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13)), as áreas de pastagens plantadas degradadas e áreas de pastagens plantadas em boas condições. O uso de terra para a atividade florestal (relativo aos *Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12)) foi considerado como áreas de florestas plantadas com essências florestais e áreas cultivadas com espécies florestais também utilizadas para lavouras e pastejo por animais. Estas informações foram obtidas de forma direta no Censo sobre as características dos estabelecimentos, exceto para as lavouras de arroz em casca, milho em grão, trigo em grão e outros cereais e mandioca, que exigiram a utilização dos valores de área colhida para o cálculo. A Tabela 6 mostra os valores agregados regionalmente da área de terra destinada a cada uso.

Tabela 6 — Uso da terra (em hectares)

Atividades		Uso da terra
C1	Arroz em Casca	2.238.901,12
C2	Milho em Grão	10.038.431,64
C3	Trigo em Grão e Outros Cereais	1.253.161,99
C4	Cana-de-açúcar	6.174.116,21
C5	Soja em Grão	14.469.989,26
C6	Outros Produtos e Serviços da Lavoura	17.741.908,20
C7	Mandioca	2.508.452,88
C8	Fumo em Folha	889.670,96
C9	Algodão Herbáceo	1.147.702,03
C10	Frutas Cítricas	817.588,99
C11	Café em Grão	2.566.699,95
C12	Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura	12.693.213,87
C13	Bovinos e Outros Animais Vivos	101.422.812,50
Total		173.962.649,60

Fonte: Cálculo próprio a partir de dados do Censo Agropecuário de 2006.

Duas observações podem ser ponderadas com relação a este conjunto de informações. Primeiro, que o uso da terra mencionado acima está representado de forma a manter a correspondência com os retornos do uso da terra captados pelo lado da demanda. Em outras palavras, as informações sobre a utilização da terra, segundo os tipos de uso, estão associadas no sistema econômico de equilíbrio com as informações dos retornos da terra. Assim, para o

ano de calibragem do modelo, tem-se inicialmente um equilíbrio no mercado do fator terra entre a demanda, representada pelos retornos proporcionados pelos diferentes usos, e a oferta, representada pela utilização de terra de acordo com o uso.

A segunda observação é que o uso da terra destinado à atividade de floresta (*Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12)) não engloba áreas de reserva, classificadas e utilizadas de acordo com a descrição do Censo como matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal, áreas de pastagens naturais e áreas de matas e/ou florestas naturais (exclusive áreas de preservação permanente e áreas de sistemas agroflorestais). Esta informação foi agregada regionalmente em conjunto com a utilização da terra agregada pelos usos correspondentes às atividades agrícolas (*Arroz em casca* (C1) até *Café em Grão* (C11)), exploração vegetal (*Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12)) e pecuária (*Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13)). Dessa forma, obteve-se uma medida regional de terra disponível, considerada no modelo como o total de oferta de terra na economia ou o potencial de utilização de terra. Isso implica que o modelo permita que sejam convertidas áreas de matas naturais ou reserva legal em áreas para a produção de culturas, pecuária ou exploração vegetal.

Com relação a este ponto, foi introduzida no modelo uma limitação no processo de conversão de terra de áreas de reserva legal para uso agrícola de forma consistente com a Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012, que revogou as Leis ns. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, suas alterações posteriores e a Medida Provisória n. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. O art. 12 da Lei n. 12.651 estabelece que todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, observado um percentual mínimo em relação à área do imóvel. Na Amazônia Legal, de 80% no imóvel situado em área de florestas, 35% no situado em área de cerrado e 20% no situado em área de campos gerais. Para os imóveis localizados nas demais regiões do País, o valor estipulado é de 20% (BRASIL, 2012). Considerando que a localização dos estabelecimentos agrícolas dentro dos municípios não pode ser definida com base nos dados disponíveis, o processo de conversão de terra introduzido no modelo, de áreas de reserva legal regional para de uso produtivo, seja na atividade agrícola, seja na pecuária, foi limitado de modo a não reduzir para menos de 20% as áreas de reserva legal.

Como foi destacado anteriormente, outras duas características do modelo funcionam como atenuantes à forte tendência de conversão de áreas de reserva e conservação em áreas de outros usos e também à conversão entre os usos. Uma trata-se de que a utilização de áreas de reservas ou matas naturais ocorre como consequência da expansão do nível de atividade da economia. Isso significa que estas áreas, da forma com que foram representadas no modelo, não concorrem em termos de uso da terra. Tal forma é a mais adequada de ser considerada, uma vez que estas áreas não proporcionam retorno direto, devido à sua manutenção, como são os casos de atividades produtivas de lavouras ou pecuária. É permitido no modelo competição por terra apenas entre os tipos de utilização, que possuem diferentes retornos associados. A outra característica é o emprego de uma estratégia de modelagem baseada em Van Meijl *et al* (2006) para a oferta de terra. Basicamente, esta estratégia sugere a utilização de informações do valor da terra no cálculo da elasticidade de substituição no uso da terra, para considerar o fato de que o uso marginal da terra em regiões onde a disponibilidade de terra é mais escassa deve ser refletido sobre o seu retorno.

Tabela 7 — Participação (em %) da terra utilizada e elasticidades de substituição na oferta do uso da terra

Estado	Participação da terra utilizada	Elasticidades
Rondônia	62,38	0,603
Acre	33,14	2,018
Amazonas	43,29	1,310
Roraima	29,23	2,421
Pará	53,23	0,879
Amapá	26,64	2,754
Tocantins	46,10	1,169
Maranhão	60,33	0,658
Piauí	30,41	2,288
Ceará	40,90	1,445
Rio Grande do Norte	34,48	1,900
Paraíba	32,85	2,044
Pernambuco	51,77	0,932
Alagoas	64,34	0,554
Sergipe	63,77	0,568
Bahia	51,96	0,924
Minas Gerais	56,99	0,755
Espírito Santo	79,73	0,254
Rio de Janeiro	51,92	0,926
São Paulo	71,11	0,406
Paraná	73,01	0,370
Santa Catarina	51,54	0,940
Rio Grande do Sul	46,18	1,166
Mato Grosso do Sul	58,87	0,699
Mato Grosso	51,64	0,936
Goiás	66,44	0,505
Distrito Federal	62,03	0,612
Brasil	54,86	-

Fonte: Cálculo próprio a partir de dados do Censo Agropecuário de 2006.

Portanto, o quarto conjunto de informações foi empregado para o cálculo das elasticidades de substituição regional na oferta de terra. O comportamento da alocação da terra entre os diferentes usos foi governado por uma função CET (v. seção 3.2.1.1). A Tabela 7 mostra estes parâmetros, que variaram em um intervalo de 0,254 (Espírito Santo) a 2,754 (Amapá). Quase todas as elasticidades regionais, exceto em Espírito Santo, Paraná e São Paulo, apresentaram valores que se encontram dentro do intervalo, entre 0,5 e 3, encontrado por Van Meijl *et al* (2006) para o conjunto de países em desenvolvimento. Os valores mais baixos das elasticidades refletem o fato de que mais escassa é a terra regionalmente; logo, as possibilidades de conversão de terra para a produção agrícola são mais difíceis. Aqueles autores encontraram um intervalo de elasticidades para países desenvolvidos entre 0,05 e 0,4. Para alguns estados, os parâmetros adotados também foram próximos ao valor de 0,4 sugerido por Keeney e Hertel (2008).

Os valores mais altos das elasticidades indicam maior disponibilidade regional de terra e, portanto, maior facilidade de conversão de terra para o uso agrícola. A Tabela 7 também apresenta as participações (em %) do uso da terra regional no total da oferta de terra. Isso demonstra que quanto maior a participação (em %), menor o valor da elasticidade. Os estados da região Norte apresentaram baixo nível de uso da terra em termos relativos, o que é esperado em razão das grandes áreas de floresta presentes na região. Alguns estados da região Nordeste apresentaram maiores participações do uso da terra, uma vez que nas mesmas ocorre cultivo agrícola, principalmente na porção litorânea. No Sudeste, o nível do uso da terra é mais intenso em Espírito Santo e São Paulo. Na região Sul, a maior disponibilidade de terra relativa, no Rio Grande do Sul, ocorre em razão da grande área de pastagens naturais referentes aos pampas. Nos estados do Centro-Oeste, grande parte do uso da terra advém do cultivo de lavouras.

Finalmente, acerca dos dados sobre o uso da terra, foi considerado no modelo o total de terra regional existente. Estas informações correspondem à agregação do total de terra utilizada, da terra relativa à área de reservas e conservação, bem como de outras áreas não ocupadas com lavouras, pastagens, matas e/ou florestas, o que inclui áreas de lagos, açudes, águas públicas, construções, estradas, terras degradadas e terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária. No entanto, estas áreas de terras são consideradas sem potencial de utilização pelo modelo, uma vez que são impróprias para o desenvolvimento das atividades agrícolas.

3.8.3. Dados de emissões

Outro conjunto de informações utilizado corresponde aos dados de emissões. Foram consideradas três fontes de emissões no modelo: emissões do uso de energia, como consequência do uso de insumos energéticos no processo produtivo; emissões fugitivas, originadas também no processo de produção e do consumo de bens pelas famílias; e emissões relativas ao uso da terra, correspondentes principalmente ao processo de conversão de terra entre diferentes usos. Duas fontes de dados, que estão interligadas, foram utilizadas para a obtenção do conjunto de informações necessárias à análise do trabalho: i) Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção — Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (MCT, 2010); e ii) Balanço Energético e de Emissões (ECONOMIA & ENERGIA, 2011). O primeiro conjunto de dados diz respeito ao inventário nacional de 2010 de emissões, cujas informações mais recentes foram reportadas para o ano de 2005. Assim, ambas as emissões, do inventário e do uso de energia, foram calibradas no modelo para este ano. Neste ponto, é feita a hipótese de que a estrutura e o nível das emissões deste ano configuram-se como *proxy* para representar o sistema econômico de 2007, ano de calibragem do modelo.

Foram considerados, na totalidade, treze diferentes tipos de emissões. Dessa forma, algumas medidas foram adotadas para transformar os valores das emissões provenientes de cada um em um indicador universal. O *Global Warming Potential* (GWP) foi utilizado como métrica para comparar as emissões dos diferentes gases causadores do efeito estufa, pois tanto a matriz de emissões quanto o inventário nacional reportaram os dados de emissões dos gases em unidades de massa. O GWP representa um método associado a um conjunto de medidas que consideram, para cada tipo de emissão específico, seu impacto sobre o clima.⁴² Além disso, o GWP leva em conta o impacto sobre o clima considerando diferentes horizontes de tempo. A Tabela 8 apresenta os fatores de conversão para o GWP para um horizonte temporal de cem anos, baseados em grande parte em Forster *et al* (2007). O valor do monóxido de carbono foi obtido em Berntsen *et al* (2005) e, assim, o valor médio do intervalo estimado é igual a 1,9. Com relação aos óxidos de nitrogênio, diferentes trabalhos sugerem valores do GWP. Foi adotada a sugestão de Wild *et al* (2001), que calcularam o GWP para emissões provenientes de atividades industriais, o que é mais adequado na análise deste trabalho, pois

⁴² Definição apresentada por Avzaradel (2011).

foram verificadas emissões de NO_x da utilização de energia e fugitivas do processo de produção.

Tabela 8 — Tipos de emissões e métrica de ponderação

Tipos de emissões	GWP
1 Dióxido de carbono (CO ₂)	1
2 Óxido nitroso (N ₂ O)	298
3 Monóxido de carbono (CO)	1,9
4 Óxidos de nitrogênio (NO _x)	-12
5 Metano (CH ₄)	25
6 Outros compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC)	2,83
7 Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)	22.800
8 Tetrafluormetano (CF ₄)	7.390
9 Hexafluoretano (C ₂ F ₆)	12.200
10 Hidrofluorcarbono-134a (HFC-134a)	1.430
11 Hidrofluorcarbono-125 (HFC-125)	3.500
12 Hidrofluorcarbono-143a (HFC-143a)	4.470
13 Hidrofluorcarbono-152a (HFC-152a)	124

Fonte: Forster *et al* (2007).

O GWP foi adotado como métrica de ponderação para os diferentes tipos de emissões, uma vez que não foram encontrados para todos os tipos de emissões fatores de conversão para a outra medida comumente utilizada, o *Global Temperature Potential* (GTP). O GTP surgiu em virtude das críticas ao GWP quanto à sua formulação, e valores para o GTP têm sido calculados como forma de remediar os principais problemas associados aos GWP, como foram feitos pelos trabalhos de Shine *et al* (2005) e Azar e Johansson (2011). Particularmente, um problema associado ao GWP é não representar de forma plena a contribuição dos diferentes gases para a mudança climática, como é o caso do metano, e subestimar a contribuição dos gases de período de vida prolongado, como os PFCs (AVZARADEL, 2011). No entanto, o GWP possui a vantagem de ser facilmente aplicado e de possuir grande transparência quanto à sua fórmula de cálculo. Além disso, parte importante das publicações, em especial do IPCC, apresentam a maioria dos indicadores medidos em GWP.

O Balanço Energético e de Emissões forneceu as informações necessárias para a calibragem do modelo quanto ao nível de emissões provenientes da utilização de insumos energéticos pelas atividades e pelas famílias. Foram considerados emissores os fluxos entre as atividades de *Petróleo, Gás Natural e Carvão Mineral* (C14), *Refino e Produtos do Petróleo* (C19), *Álcool* (C20), *Termoeletricidade — Carvão* (C30), *Termoeletricidade — Gás Natural* (C32), *Termoeletricidade — Cana-de-açúcar* (C33) e *Termoeletricidade — Outras Fontes* (C34). As

emissões devido às famílias tiveram como origem a utilização principalmente de lenha, gás liquefeito de petróleo, carvão vegetal e gás natural. As emissões retratadas do consumo de energia foram CO₂, CH₄, CO, N₂O, NO_x e NMVOCs.

Do inventário nacional de emissões foram obtidas as informações de emissões fugitivas e do uso da terra. Foram consideradas emissões fugitivas as emissões que ocorrem devido a vazamentos e outras libertações involuntárias ou irregulares de gases a partir das atividades industriais e do consumo residencial de bens. As emissões fugitivas englobaram todos os tipos de emissões retratados na Tabela 9.

Tabela 9 — Emissões fugitivas por atividade

Atividades	GWP
C1 Arroz em Casca	11090
C2 Milho em Grão	1699
C4 Cana-de-açúcar	8434
C5 Soja em Grão	3725
C6 Outros Produtos e Serviços da Lavoura	64010
C7 Mandioca	834
C9 Algodão Herbáceo	18
C13 Bovinos e Outros Animais Vivos	373766
C16 Alimentos e Bebidas	1529
C18 Papel e Celulose	219
C21 Produtos Químicos	10120
C22 Cimento	14349
C23 Outros Produtos Minerais não Metálicos	7416
C24 Ferro e Aço	38.283
C25 Metalurgia dos não Ferrosos	4997
C26 Produtos de Metal, Máquinas e Equipamentos, Automóveis e Peças	728
C27 Outros Produtos Manufaturados, Incluindo Vestuário, Eletrodomésticos e Móveis	14
C37 Provisão de Água e Esgoto	47859
C38 Construção	326
Residencial	52238
Total	641654

Fonte: Cálculo e agregação realizados com base no inventário nacional de emissões 2010 (MCT, 2010) e em Forster (2007).

A Tabela 9 mostra as emissões fugitivas por atividade e residencial. As emissões correspondem às atividades industriais e de construção e, mais importante, da agricultura e da pecuária. As emissões provenientes da atividade industrial tiveram como origens principais o processo de produção de ferro e aço, cimento e produtos químicos. Na produção de provisão de água e esgoto foram consideradas as emissões produzidas pela disposição de resíduos sólidos e tratamento de esgotos domésticos ou industriais. As emissões das famílias foram provocadas, em grande parte, pelo uso de solventes domésticos. As emissões da agricultura

correspondem principalmente às emissões geradas pelo uso de fertilizantes e de material orgânico, bem como pelo processo de cultivo de lavouras, com destaque para o arroz inundado e a cana-de-açúcar. Com relação à cana-de-açúcar, a maior contribuição às emissões deveu-se a queima de resíduos. Por fim, as emissões da pecuária foram as mais significativas e foram associadas à fermentação entérica (processo de digestão) de herbívoros ruminantes e manejo de dejetos animais.

As emissões do uso da terra, obtidas no inventário nacional, foram utilizadas para retratar como poderiam ser afetadas em razão de mudanças no uso da terra, em especial a conversão de áreas de florestas em de outros usos. Os dados de emissões do inventário nacional encontravam-se desagregados por bioma e um procedimento foi adotado para a obtenção dessas informações por Unidade da Federação. O modelo considera dois tipos de florestas: floresta manejável, que corresponde aos *Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12), e floresta de áreas de reserva ou conservação. Os biomas são definidos como o agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, representados pelas formações florestais e campestres. Além disso, os biomas são associados ao tipo de vegetação predominante (IBGE, 2004). Esta definição não distingue da definição adotada pelo NSCN, pelo Censo Agropecuário de 2006 e, conseqüentemente, pelo modelo deste trabalho, em termos de caracterização de áreas de florestas. O Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2010) definiu áreas de florestas como sendo: “áreas formadas por matas e florestas naturais utilizadas para extração de produtos ou conservadas como reservas florestais”.

Figura 10 — Biomas brasileiros

Fonte: Mapa construído a partir de informações do IBGE (2004).

Inicialmente, dois conjuntos de informações do IBGE (2004) foram utilizados: i) valor da área total de cada estado; e ii) proporção dos biomas em cada estados. A Figura 10 mostra a composição espacial dos biomas. Com estes dois conjunto de informações foi possível calcular o valor da área dos biomas em cada estado. Este procedimento garantiu que os valores de área fossem obtidos consistentemente com as informações do total de área dos biomas e dos estados. Em seguida, a participação do total da área de cada bioma no estado permitiu distribuir as emissões, computadas inicialmente apenas por bioma. Como o modelo considera dois tipos de florestas, manejável e de reserva, o último passo para distribuir as emissões foi calcular a proporção da área de cada tipo no total da floresta. Tais informações fazem parte do modelo, inseridas como parte da etapa de calibragem das informações do uso da terra e da área de reserva descrita anteriormente.

Por fim, um último procedimento foi aplicado: como o Censo Agropecuário reporta informações ao nível de estabelecimentos, não foi considerado o valor total de áreas de florestas nos estados. Segundo o INPE⁴³, as áreas de florestas representavam, em 2007, 92% da área total do Estado do Amazonas, por exemplo. Os dados de emissões do uso da terra retratados no inventário nacional consideram a totalidade da área de floresta, não apenas o nível de estabelecimentos. Assim, foi calculada a proporção das áreas de florestas ao nível de estabelecimentos em relação ao total e aplicada às emissões. A sequência destes passos permitiu que fossem calculadas as emissões regionais contabilizadas na atividade *Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12) e em áreas de reserva. A Tabela 10 apresenta um comparativo das emissões totais do inventário nacional distribuídas por estado e das emissões consideradas com base no Censo Agropecuário de 2006. As emissões consideradas do Estado do Amazonas correspondem a apenas 1,2% do total das emissões calculadas para este estado levando em conta as informações do inventário. Isso porque a participação da área de florestas dos estabelecimentos é reduzida, no total da área de floresta do estado.

⁴³ Tal informação corresponde ao banco de dados do projeto PRODES — Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite e pode ser facilmente encontrada no endereço <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>.

Tabela 10 — Emissões totais do inventário nacional calculadas por estados e emissões consideradas com base no Censo Agropecuário de 2006 (em GWP)

Estados	Emissões totais do inventário nacional (1)	Emissões consideradas com base no Censo (2)	Proporção de (2) em (1)
Rondônia	47596,8	9224,8	0,194
Acre	33011,6	4850,5	0,147
Amazonas	313610,4	3808,4	0,012
Roraima	45116,0	2108,5	0,047
Pará	251013,0	21648,4	0,086
Amapá	28728,4	1206,6	0,042
Tocantins	39198,6	16401,1	0,418
Maranhão	51917,8	8485,2	0,163
Piauí	19431,6	6422,8	0,331
Ceará	6645,6	1652,0	0,249
Rio Grande do Norte	2426,5	664,9	0,274
Paraíba	2639,5	778,4	0,295
Pernambuco	4821,6	1099,0	0,228
Alagoas	1623,7	290,7	0,179
Sergipe	1275,3	193,7	0,152
Bahia	41493,9	14090,7	0,340
Minas Gerais	62617,7	24086,0	0,385
Espírito Santo	3289,6	1591,3	0,484
Rio de Janeiro	3124,1	791,2	0,253
São Paulo	22678,4	6697,1	0,295
Paraná	14470,0	8900,9	0,615
Santa Catarina	6829,4	5708,6	0,836
Rio Grande do Sul	6503,5	3066,0	0,471
Mato Grosso do Sul	42623,8	17842,7	0,419
Mato Grosso	152309,1	48685,1	0,320
Goiás	45380,3	20265,6	0,447
Distrito Federal	783,8	233,4	0,298
Total	1251160,0	218441,6	0,175

3.8.4. Parâmetros

Os parâmetros comportamentais utilizados para calibrar o modelo representam outra importante parte dos dados. As elasticidades de substituição do comércio inter-regional de insumos, ou elasticidades de Armington regionais, foram calibradas com base nas estimativas de Faria e Haddad (2011). Estas mesmas estimativas foram empregadas para calibrar as elasticidades de Armington referentes à substituição entre insumos domésticos e importados. A Tabela 11 apresenta os valores dessas elasticidades para os 42 produtos considerados pelo modelo. As elasticidades estimadas por aquele estudo foram calculadas para os 110 produtos do NSCN. Dessa forma, para alguns parâmetros, foi necessária a realização de um

procedimento de ponderação destes para a agregação dos produtos deste trabalho, com base na Matriz de Produção do modelo.

Tabela 11 — Parâmetros das elasticidades de Armington regionais

Produtos	Parâmetros
C1 Arroz em Casca	1,318
C2 Milho em Grão	1,239
C3 Trigo em Grão e Outros Cereais	1,498
C4 Cana-de-açúcar	2,266
C5 Soja em Grão	1,800
C6 Outros Produtos e Serviços da Lavoura	1,656
C7 Mandioca	1,807
C8 Fumo em Folha	0,137
C9 Algodão Herbáceo	1,374
C10 Frutas Cítricas	2,505
C11 Café em Grão	0,877
C12 Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura	1,407
C13 Bovinos e Outros Animais Vivos	2,042
C14 Petróleo, Gás Natural e Carvão Mineral	1,508
C15 Minério de ferro, Minerais Metálicos não Ferrosos e Minerais não Metálicos	1,327
C16 Alimentos e Bebidas	1,850
C17 Produtos Têxteis — Exclusive Vestuário e Calçados	2,150
C18 Papel e Celulose	1,856
C19 Produtos do Refino de Petróleo	1,214
C20 Alcool	0,959
C21 Produtos Químicos	1,929
C22 Cimento	1,279
C23 Outros Produtos de Minerais não Metálicos	2,256
C24 Siderurgia	0,821
C25 Metalurgia de não Ferrosos	2,382
C26 Produtos de Metal — Máquinas, Indústria Automobilística e Materiais de Transporte	1,607
C27 Outras Indústrias	1,971
C28 Hidroeletricidade	0,010
C29 Termoeletricidade — Combustível Fóssil	0,010
C30 Termoeletricidade — Carvão	0,010
C31 Termoeletricidade — Diesel	0,010
C32 Termoeletricidade — Gás Natural	0,010
C33 Termoeletricidade — Biomassa da Cana-de-açúcar	0,010
C34 Termoeletricidade — Outras Fontes	0,010
C35 Transmissão e Distribuição de Eletricidade	0,001
C36 Distribuição Urbana de Gás Natural	0,010
C37 Provisão de Água e Esgoto	0,001
C38 Construção	2,356
C39 Comércio	2,363
C40 Transporte e Correio	2,169
C41 Serviços	2,096
C42 Serviços Públicos	2,252

Para a estrutura aninhada dos insumos da lavoura (*Arroz em Casca* (C1) até *Café em Grão* (C11)), foram adotados parâmetros de substituição baseados em Cattaneo (2001). Uma mudança foi feita em relação àquele estudo para compatibilizar as elasticidades à estrutura do modelo deste trabalho. Os valores das elasticidades foram reescalados para representar de

forma mais realista os dados de 2007 e, ao mesmo tempo, fornecer um comportamento mais conservador às possibilidades de substituição entre os insumos da lavoura. Os valores mais baixos, como para *Café em Grão* (C11), foram imputados para considerar possibilidades de substituição mais limitadas; no caso do *Café em Grão* (C11), por se tratar de uma lavoura permanente. A estrutura de substituição CRESH foi utilizada neste nível. A Tabela 12 apresenta os valores das elasticidades calculadas para os produtos.

Tabela 12 — Elasticidades de substituição entre os produtos da lavoura

Produtos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
C1	1	2	0,3	2	2	0,3	0,7	2	2	2	0,3	2	2
C2	0,3	1	0,3	2	2	0,3	0,7	2	2	2	0,3	2	2
C3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	2	2
C4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0,3	2	2
C5	2	2	0,3	2	2	2	2	2	2	2	0,3	2	2
C6	2	2	0,3	2	2	1	0,7	2	2	2	0,3	2	2
C7	1	1	0,3	1	1	1	1	1	1	1	0,3	2	2
C8	2	2	0,3	2	2	2	2	1	2	2	0,3	2	2
C9	2	2	0,3	2	2	2	2	2	1	2	0,3	2	2
C10	2	2	0,3	2	2	2	2	2	2	1	0,3	2	2
C11	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	2	2	2
C12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fonte: Elasticidades construídas com base na estrutura do modelo (*i.e.*, matriz de produção de 2007) e em Cattaneo (2001), que atribuiu elasticidades com valores Baixo = 0,3; Baixo-Médio = 0,7; Médio = 1,0; Médio-Alto = 2,0 e Alto = 4,0.

Nesta parte, o último conjunto de parâmetros corresponde às elasticidades de substituição entre o composto de lavouras *Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12) e *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13). Para o composto de lavouras foram utilizados parâmetros de substituição considerando os valores médios para cada região do conjunto dos onze produtos da Tabela 12. Os *Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12) e *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13) foram classificados como sendo altamente substituíveis, e as elasticidades foram calibradas com valores iguais a 2 em todas as regiões. A tecnologia de produção CES foi utilizada para representar a substituição entre estes produtos.

Os parâmetros das elasticidades de substituição dos produtos entre energia elétrica e outros insumos foram calibrados com valores próximos a zero (igual a 0,01), seguindo a estratégia conservadora adotada por Santos (2010). De acordo com este autor, as distribuidoras de energia elétrica têm poucos graus de liberdade para deslocar suas demandas intersetoriais de

energia elétrica, uma vez que leilões coordenados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) são o que define como os blocos de energia elétrica serão ofertados.

Elasticidades de substituição entre insumos de energia elétrica não foram encontrados na literatura para a economia brasileira, e a estimação destes parâmetros é complicada, devido ao fato de os leilões de energia não considerarem a fonte da energia elétrica, apenas sua disponibilidade (SANTOS, 2010). Assim, valores *ad hoc* foram atribuídos, com base em uma estrutura tecnológica de substituição CES: i) para a substituição dos produtos de alta intensidade energética, tal como a classificação sugerida por Santos (2010), e para o produto de *Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica* (C35), o valor do parâmetro foi de 0,15; ii) para os produtos de baixa intensidade ou não intensivos, o valor foi de 0,1; e iii) para insumos da geração de energia elétrica, *Distribuição Urbana de Gás Natural* (C36), *Provisão de Água e Esgoto* (C37), *Construção* (C38) e *Serviços Públicos* (C42), o valor foi zero. Com relação à estrutura do composto de energia, formado pelo composto de energia elétrica e os produtos *Refino e Produtos do Petróleo* (C19) e *Distribuição Urbana de Gás Natural* (C36), elasticidades de substituição foram encontradas na literatura (*e.g.*, BURNIAUX; TRUONG, 2002), no entanto os valores sugeridos são demasiadamente elevados para aplicação à estrutura da economia brasileira, que possui maiores restrições à possibilidade de substituição e heterogeneidade espacial quanto à oferta de gás natural. Dessa forma, a estrutura de tecnologia CES foi utilizada, sendo que, para todos os produtos, um parâmetro igual a 0,2 foi atribuído aos estados integrados ao gasoduto Brasil-Bolívia, e um igual a 0,1, aos demais estados (SANTOS, 2010). Estes valores são muito próximos aos sugeridos por Beckman e Hertel (2010) para análise dos setores de energia do GTAP.

Outro conjunto de parâmetros utilizado para calibrar o modelo diz respeito às elasticidades de substituição entre os fatores primários. Para os diferentes usos de terra foram adotados parâmetros escolhidos de forma *ad hoc*, mas tendo como base a observação de parâmetros empregados por outros estudos. Na literatura, trabalhos baseados na abordagem das AEZ têm calibrado os parâmetros de substituição entre os diferentes usos de terra com um valor muito alto, igual a 20 (*e.g.*, LEE *et al*, 2005; HERTEL *et al*, 2008b; BIRUR *et al*, 2008; LEE, 2009). Nestes trabalhos, uma hipótese foi adotada com relação à produção de bens homogêneos, que postulava que a variação percentual dos retornos da terra na produção de um determinado produto homogêneo deveria ser igual através das AEZ. A ideia em adotar um nível elevado de substituição entre os usos era assegurar que o retorno da terra através das AEZ, dentro de um

determinado uso, teria movimento próximo para um dado produto homogêneo. Esta abordagem diferencia-se da empregada neste trabalho tanto com relação às hipóteses assumidas na estrutura de produção, quanto na forma de caracterização do uso da terra.

Além disso, não foram encontradas na literatura estimativas de elasticidade de substituição entre diferentes usos da terra para calibrar o comportamento da demanda por terra não baseadas na abordagem das AEZ. Isso porque os trabalhos encontrados na literatura que desagregam o uso da terra foram aplicados em contextos de análise global. No entanto, dentro de cada AEZ, um procedimento executado foi a separação dos usos em dois níveis, um mais inferior, relativo às lavouras, e outro formado pelo composto de lavouras, floresta e pasto. No nível mais inferior, uma elasticidade de substituição igual a 0,5 foi adotada para definir o composto de lavouras e, no nível subsequente, uma elasticidade de substituição igual a 0,22 foi empregada para definir o composto de terra das AEZ no longo prazo (LUBOWSKI *et al*, 2005; AHMED *et al*, 2008; BIRUR *et al*, 2008).

Esses fatos, considerados de forma conjunta, conduziram a decisão de adotar uma hipótese, assumida para auxiliar na definição das elasticidades de substituição para os usos da terra e outros insumos primários, que foi o estabelecimento da seguinte relação: $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$. Esta hipótese foi também empregada de forma análoga por Van Meijl *et al* (2006), Banse *et al* (2008) e Eickhout *et al* (2008) e tem como objetivo estabelecer que a substituição é mais fácil dentro do nível definido pelo conjunto de parâmetros σ_1 do que nos níveis de σ_2 e σ_3 e que, por sua vez, a substituição ocorre mais facilmente dentro do nível definido por σ_2 do que em σ_3 . O termo σ_1 indica as elasticidades de substituição para os usos da terra de lavoura. O termo σ_2 retrata o conjunto de parâmetros de substituição para todos os usos da terra, o que inclui o composto das lavouras, pecuária e floresta. O termo σ_3 representa o conjunto de elasticidades de substituição de todos os insumos primários, isto é, todos os usos da terra, além de capital e trabalho. Neste contexto, foram estabelecidos os parâmetros de elasticidades de substituição entre os diferentes usos da terra da lavoura como sendo iguais a 1. Para os parâmetros do uso da terra entre os usos do composto da lavoura e os outros usos, pecuária e floresta, foi assumido serem iguais a 0,6. Por fim, para os parâmetros de substituição entre os usos do composto terra e os demais insumos primários, trabalho e capital, foram estipulados valores iguais a 0,5. Este valor é próximo aos adotados por outros trabalhos, como em Cattaneo (2001), Adams *et al* (2003) e Horridge (2003). A tecnologia de substituição CES foi adotada nestes três níveis.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ECONOMIA BRASILEIRA EM 2007 E A MUDANÇA NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA

O objetivo deste capítulo é obter informações mais detalhadas acerca do grau de relacionamento entre as atividades e regiões no Brasil. Particularmente, isso significa analisar o banco de dados do modelo para verificar as principais ligações que se consolidaram na economia brasileira em 2007. Este banco de dados é novo em termos de aplicação na análise utilizando modelagem EGC para o Brasil, o que justifica, em parte, a realização desta análise. Além disso, é feita também uma análise acerca da produtividade agrícola em 1996 e 2006, anos dos dois últimos censos agropecuários oficiais. O objetivo aqui é fornecer informações sobre as principais mudanças verificadas a respeito do padrão de produtividade agrícola em termos regionais e das principais culturas. Uma das metas do trabalho será analisar os efeitos de longo prazo da variação verificada na produtividade agrícola entre 1996 e 2006.

4. 1. Relações de insumo-produto do Brasil em 2007

Anteriormente foram discutidas algumas características do banco de dados relacionadas ao processo de obtenção das informações para calibragem do modelo, como a geração do fluxo de comércio inter-regional e a obtenção dos parâmetros comportamentais. Nesta parte do trabalho, o objetivo é analisar com maior detalhamento este banco de dados, que representa um retrato da economia brasileira para o ano de 2007. Além disso, a estrutura da economia brasileira para esse ano corresponde à situação inicial de equilíbrio na aplicação dos exercícios de simulação, sendo os impactos ocasionados por choques de políticas o resultado de desvios desta situação.

O banco de dados do modelo representa uma sequência de tabelas regionais integradas com dados de insumo-produto derivados para cada estado do Brasil. De forma mais específica, o núcleo do banco de dados de insumo-produto do modelo EGC, relativo à matriz de absorção da economia, é dividido em blocos correspondentes aos fluxos intra e inter-regionais entre os produtos, margens, impostos indiretos e fatores primários.

Uma vez que foi calibrado para considerar as relações de insumo-produto entre os 27 estados, uma análise mais detalhada acerca do banco de dados do modelo pode ser realizada por meio de alguns indicadores. Métodos de insumo-produto podem ser utilizados na verificação das

principais diferenças e similaridades na estrutura das economias regionais. Neste sentido, a análise aplicada fez uso da identificação das atividades-chave regionais mais influentes na economia nacional.

Tabela 13 — Participação das atividades na produção regional

Atividades	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	Total
C1	0,003	0,002	0,000	0,012	0,002	0,000	0,009	0,007	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,009	0,002	0,004	0,001	0,000	0,001	
C2	0,004	0,002	0,000	0,002	0,002	0,000	0,005	0,003	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,003	0,004	0,000	0,000	0,001	0,014	0,006	0,006	0,018	0,025	0,010	0,001	0,004
C3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
C4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,003	0,005	0,006	0,023	0,002	0,001	0,002	0,001	0,000	0,007	0,004	0,000	0,000	0,009	0,006	0,006	0,000	0,004
C5	0,005	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,017	0,012	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,002	0,000	0,000	0,000	0,018	0,003	0,014	0,044	0,097	0,024	0,001	0,006
C6	0,005	0,010	0,004	0,009	0,026	0,002	0,010	0,005	0,007	0,015	0,016	0,017	0,012	0,006	0,011	0,025	0,005	0,011	0,001	0,003	0,008	0,008	0,008	0,004	0,005	0,014	0,001	0,007
C7	0,004	0,014	0,002	0,003	0,011	0,003	0,003	0,007	0,004	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,004	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,000	0,001
C8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,006	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
C9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,032	0,003	0,000	0,001
C10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
C11	0,013	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,007	0,022	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002
C12	0,002	0,006	0,003	0,003	0,010	0,018	0,003	0,008	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,006	0,002	0,003	0,000	0,001	0,006	0,006	0,004	0,003	0,003	0,001	0,000	0,003
C13	0,088	0,055	0,009	0,027	0,038	0,014	0,072	0,040	0,023	0,016	0,013	0,013	0,014	0,014	0,011	0,015	0,020	0,012	0,002	0,005	0,021	0,028	0,019	0,074	0,063	0,045	0,003	0,015
C14	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,064	0,000	0,000	0,011	0,048	0,010	0,000	0,054	0,136	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018
C15	0,003	0,001	0,002	0,003	0,146	0,007	0,006	0,012	0,003	0,003	0,005	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,042	0,032	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,008	0,003	0,004	0,003	0,010
C16	0,189	0,119	0,034	0,065	0,086	0,036	0,127	0,067	0,075	0,079	0,059	0,064	0,087	0,114	0,242	0,043	0,061	0,036	0,022	0,046	0,121	0,082	0,093	0,205	0,206	0,168	0,019	0,068
C17	0,000	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000	0,001	0,000	0,001	0,036	0,018	0,022	0,006	0,003	0,013	0,002	0,007	0,005	0,003	0,008	0,004	0,046	0,006	0,001	0,002	0,001	0,000	0,008
C18	0,006	0,004	0,018	0,002	0,006	0,010	0,006	0,011	0,005	0,007	0,006	0,007	0,012	0,004	0,003	0,015	0,011	0,019	0,009	0,022	0,033	0,043	0,011	0,006	0,004	0,008	0,007	0,017
C19	0,000	0,000	0,067	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,003	0,000	0,000	0,001	0,002	0,085	0,022	0,000	0,031	0,045	0,036	0,000	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031
C20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,002	0,009	0,004	0,022	0,001	0,001	0,003	0,002	0,000	0,008	0,005	0,000	0,000	0,016	0,011	0,009	0,000	0,005
C21	0,004	0,005	0,029	0,002	0,008	0,005	0,007	0,022	0,017	0,034	0,010	0,020	0,046	0,113	0,054	0,102	0,037	0,015	0,037	0,068	0,047	0,036	0,069	0,014	0,041	0,062	0,005	0,051
C22	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,003	0,003	0,002	0,008	0,001	0,003	0,011	0,001	0,004	0,003	0,001	0,001	0,002	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,006	0,002
C23	0,010	0,009	0,002	0,006	0,007	0,008	0,012	0,012	0,012	0,009	0,012	0,013	0,011	0,004	0,009	0,006	0,009	0,022	0,004	0,006	0,007	0,014	0,004	0,006	0,007	0,008	0,001	0,007
C24	0,000	0,000	0,001	0,000	0,005	0,000	0,008	0,000	0,005	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,004	0,058	0,162	0,033	0,012	0,003	0,005	0,007	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019
C25	0,004	0,001	0,003	0,000	0,023	0,000	0,001	0,028	0,001	0,004	0,000	0,002	0,009	0,001	0,000	0,005	0,010	0,001	0,003	0,009	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001	0,001	0,000	0,006
C26	0,008	0,004	0,140	0,002	0,008	0,005	0,006	0,019	0,019	0,022	0,013	0,011	0,019	0,009	0,010	0,041	0,088	0,027	0,055	0,112	0,065	0,070	0,095	0,013	0,011	0,027	0,006	0,073
C27	0,052	0,021	0,255	0,011	0,043	0,008	0,008	0,013	0,019	0,075	0,029	0,042	0,030	0,006	0,022	0,029	0,045	0,023	0,015	0,057	0,070	0,114	0,072	0,018	0,032	0,024	0,006	0,052
C28	0,002	0,000	0,001	0,000	0,026	0,011	0,036	0,004	0,005	0,000	0,000	0,000	0,003	0,035	0,011	0,006	0,009	0,002	0,001	0,003	0,021	0,003	0,004	0,013	0,003	0,012	0,000	0,006
C29	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C31	0,003	0,006	0,004	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C32	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000
C33	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C34	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
C35	0,030	0,034	0,024	0,104	0,004	0,056	0,018	0,032	0,033	0,018	0,038	0,053	0,029	0,010	0,017	0,014	0,015	0,019	0,025	0,018	0,004	0,027	0,018	0,004	0,012	0,013	0,029	0,018
C36	0,003	0,003	0,002	0,005	0,002	0,007	0,004	0,011	0,010	0,005	0,010	0,011	0,008	0,002	0,002	0,005	0,003	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,003
C37	0,003	0,003	0,003	0,011	0,001	0,006	0,005	0,009	0,011	0,006	0,012	0,018	0,010	0,003	0,004	0,006	0,005	0,005	0,006	0,004	0,004	0,005	0,004	0,001	0,002	0,004	0,006	0,005
C38	0,032	0,083	0,037	0,119	0,071	0,084	0,066	0,085	0,064	0,047	0,074	0,066	0,066	0,042	0,066	0,054	0,057	0,062	0,041	0,038	0,031	0,038	0,030	0,050	0,035	0,043	0,061	0,044
C39	0,130	0,114	0,055	0,125	0,095	0,151	0,099	0,117	0,117	0,092	0,103	0,093	0,109	0,095	0,064	0,085	0,085	0,089	0,079	0,079	0,086	0,088	0,078	0,093	0,093	0,093	0,094	0,084
C40	0,040	0,038	0,055	0,033	0,045	0,060	0,030	0,056	0,037	0,042	0,031	0,031	0,048	0,037	0,026	0,045	0,052	0,068	0,055	0,048	0,048	0,050	0,047	0,045	0,042	0,045	0,045	0,048
C41	0,153	0,174	0,099	0,215	0,159	0,186	0,163	0,175	0,239	0,272	0,264	0,199	0,273	0,219	0,167	0,214	0,221	0,201	0,319	0,313	0,236	0,233	0,238	0,202	0,148	0,228	0,462	0,265
C42	0,203	0,289	0,123	0,239	0,169	0,309	0,284	0,230	0,273	0,193	0,209	0,290	0,185	0,														

Tabela 14 — Participação do consumo intermediário nas vendas por estado

Produtos	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	Externo	Total
C1	0,996	0,994	0,993	0,992	0,994	0,985	0,994	0,993	0,993	0,994	0,993	0,992	0,993	0,996	0,997	0,993	0,993	0,991	0,988	0,993	0,995	0,994	0,994	0,996	0,996	0,995	0,990	0,994	0,994
C2	0,953	0,829	0,856	0,874	0,915	0,785	0,937	0,901	0,900	0,910	0,896	0,889	0,913	0,927	0,941	0,918	0,873	0,886	0,765	0,803	0,619	0,918	0,910	0,929	0,415	0,745	0,805	0,930	0,752
C3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,988	0,000	0,000	0,910	0,901	0,994	0,989	0,996	0,996	0,982	0,990	0,994	0,974
C4	0,999	0,999	1,000	0,971	1,000	0,985	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,000	1,000
C5	0,341	0,000	0,000	0,209	0,365	0,000	0,097	0,148	0,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,611	0,394	0,000	0,000	0,560	0,615	0,802	0,859	0,724	0,388	0,449	0,334	0,892	0,564
C6	0,264	0,187	0,171	0,128	0,195	0,134	0,221	0,158	0,175	0,188	0,187	0,165	0,184	0,206	0,254	0,195	0,191	0,169	0,130	0,201	0,272	0,265	0,262	0,331	0,417	0,239	0,199	0,224	0,215
C7	0,869	0,845	0,817	0,803	0,834	0,783	0,839	0,814	0,804	0,791	0,788	0,759	0,802	0,825	0,864	0,811	0,804	0,780	0,631	0,816	0,881	0,867	0,878	0,896	0,911	0,858	0,797	0,835	0,835
C8	0,000	0,933	0,941	0,000	0,956	0,000	0,000	0,000	0,000	0,969	0,959	0,842	0,973	0,985	0,964	0,973	0,000	0,000	0,000	0,506	0,954	0,972	0,972	0,000	0,000	0,948	0,000	0,987	0,969
C9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,937	0,948	0,945	0,970	0,964	0,957	0,946	0,950	0,000	0,947	0,943	0,933	0,000	0,949	0,973	0,000	0,000	0,965	0,961	0,954	0,560	0,000	0,955
C10	0,895	0,820	0,703	0,693	0,725	0,698	0,831	0,748	0,757	0,792	0,767	0,754	0,670	0,823	0,867	0,790	0,808	0,746	0,616	0,802	0,856	0,848	0,851	0,895	0,917	0,850	0,762	0,821	0,806
C11	0,925	0,986	0,258	0,000	0,218	0,000	0,000	0,000	0,000	0,745	0,000	0,000	0,832	0,892	0,000	0,424	0,407	0,412	0,341	0,145	0,169	0,000	0,000	0,542	0,092	0,117	0,583	0,000	0,393
C12	0,890	0,818	0,778	0,460	0,844	0,828	0,747	0,794	0,760	0,729	0,709	0,720	0,769	0,748	0,768	0,803	0,801	0,806	0,666	0,863	0,914	0,930	0,882	0,857	0,912	0,785	0,638	0,869	0,856
C13	0,720	0,667	0,448	0,513	0,617	0,364	0,661	0,635	0,730	0,655	0,562	0,672	0,708	0,722	0,785	0,641	0,685	0,587	0,474	0,702	0,835	0,790	0,794	0,754	0,740	0,732	0,741	0,426	0,718
C14	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000	0,745	1,000	1,000	0,962	0,948	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,848
C15	0,929	0,886	0,805	0,887	0,378	0,922	0,953	0,171	0,939	0,882	0,919	0,817	0,935	0,954	0,198	0,856	0,505	0,109	0,846	0,952	0,957	0,390	0,961	0,585	0,962	0,935	0,882	0,968	0,579
C16	0,267	0,255	0,457	0,195	0,230	0,343	0,221	0,327	0,450	0,312	0,295	0,331	0,367	0,353	0,639	0,342	0,276	0,260	0,342	0,292	0,401	0,317	0,272	0,374	0,332	0,381	0,355	0,263	0,329
C17	0,308	0,959	0,919	0,000	0,825	0,000	0,833	0,455	0,961	0,636	0,945	0,690	0,761	0,975	0,860	0,705	0,743	0,589	0,594	0,689	0,680	0,655	0,475	0,450	0,688	0,583	0,000	0,803	0,687
C18	0,560	0,485	0,617	0,525	0,493	0,518	0,559	0,566	0,538	0,634	0,609	0,616	0,687	0,597	0,651	0,483	0,653	0,289	0,726	0,691	0,706	0,728	0,645	0,637	0,600	0,683	0,699	0,792	0,676
C19	0,000	0,004	0,616	0,000	0,000	0,000	0,055	0,000	0,262	0,803	0,106	0,284	0,303	0,114	0,138	0,636	0,792	0,244	0,696	0,698	0,836	0,295	0,655	0,000	0,000	0,281	0,004	0,875	0,719
C20	0,000	0,000	0,616	0,000	0,459	0,000	0,000	0,388	0,501	0,493	0,414	0,440	0,469	0,385	0,575	0,674	0,517	0,552	0,293	0,550	0,528	0,000	0,633	0,579	0,563	0,529	0,000	0,600	0,535
C21	0,633	0,620	0,866	0,323	0,574	0,347	0,819	0,692	0,489	0,613	0,547	0,728	0,676	0,937	0,895	0,829	0,705	0,794	0,677	0,675	0,798	0,845	0,790	0,861	0,917	0,558	0,468	0,791	0,735
C22	0,000	0,000	0,918	0,000	0,934	0,000	0,000	0,929	0,931	0,930	0,939	0,921	0,930	0,726	0,809	0,933	0,940	0,956	0,940	0,927	0,921	0,933	0,909	0,859	0,918	0,924	0,924	0,933	0,920
C23	0,895	0,906	0,933	0,900	0,945	0,894	0,929	0,939	0,928	0,908	0,943	0,910	0,904	0,932	0,954	0,931	0,866	0,443	0,885	0,863	0,912	0,823	0,856	0,942	0,937	0,906	0,845	0,949	0,858
C24	0,652	0,577	0,867	0,000	0,214	0,000	0,683	0,434	0,740	0,823	0,802	0,773	0,816	0,755	0,832	0,677	0,678	0,756	0,826	0,846	0,704	0,916	0,920	0,359	0,762	0,660	0,534	0,964	0,775
C25	0,982	0,942	0,807	0,000	0,162	0,062	0,959	0,011	0,973	0,984	0,972	0,976	0,916	0,978	0,973	0,188	0,453	0,968	0,806	0,574	0,935	0,923	0,976	0,985	0,206	0,542	0,844	0,993	0,654
C26	0,548	0,428	0,423	0,440	0,465	0,401	0,461	0,352	0,373	0,470	0,414	0,419	0,477	0,350	0,430	0,213	0,348	0,479	0,334	0,390	0,386	0,435	0,422	0,480	0,533	0,324	0,326	0,429	0,390
C27	0,628	0,497	0,315	0,467	0,484	0,129	0,319	0,338	0,196	0,138	0,121	0,142	0,302	0,244	0,132	0,176	0,274	0,269	0,228	0,348	0,310	0,310	0,309	0,277	0,566	0,195	0,275	0,355	0,319
C28	0,996	1,000	0,996	1,000	0,995	0,996	0,981	0,994	0,993	0,999	0,998	0,995	0,992	0,987	0,996	0,988	0,994	0,998	0,997	0,997	0,968	0,998	0,993	0,990	0,997	0,999	0,897	1,000	0,992
C29	0,991	0,999	0,998	0,997	0,993	0,974	0,967	0,930	0,879	0,835	0,922	0,888	0,782	0,222	1,000	0,888	0,985	0,982	0,996	0,997	0,972	0,998	0,995	0,991	0,982	0,993	0,984	1,000	0,957
C30	0,732	0,687	0,514	0,788	0,494	0,664	0,405	0,460	0,603	0,280	0,702	0,684	0,072	0,178	0,670	0,072	0,627	0,514	0,757	0,669	0,969	1,000	0,998	0,557	0,763	0,699	0,292	1,000	0,957
C31	0,999	0,999	0,999	0,998	0,995	0,999	0,983	0,974	0,985	0,989	0,992	0,972	0,891	0,812	0,995	0,874	0,984	0,994	0,998	0,533	0,927	0,999	0,990	0,984	0,998	0,991	0,994	1,000	0,980
C32	0,999	0,999	0,993	1,000	0,996	0,997	0,992	0,992	0,979	0,996	0,990	0,981	0,985	0,757	0,997	0,973	0,993	0,995	0,999	0,997	0,941	1,000	0,993	0,998	0,997	0,992	0,998	1,000	0,992
C33	0,994	0,998	0,990	0,999	0,971	0,991	0,915	0,994	0,972	0,916	0,989	0,987	0,940	0,968	0,998	0,777	0,990	0,994	0,994	0,999	0,969	0,999	0,980	0,995	0,996	0,997	0,990	1,000	0,982
C34	0,999	0,999	0,990	1,000	0,995	0,996	0,990	0,992	0,977	0,982	0,977	0,966	0,904	0,681	1,000	0,972	0,993	0,999	0,999	0,997	0,977	0,999	0,993	0,999	0,999	0,998	0,997	1,000	0,991
C35	0,548	0,464	0,600	0,622	0,506	0,503	0,577	0,512	0,542	0,577	0,696	0,730	0,610	0,582	0,657	0,587	0,664	0,670	0,633	0,621	0,639	0,626	0,620	0,550	0,611	0,545	0,602	0,588	0,619
C36	0,812	0,771	0,840	0,788	0,810	0,609	0,726	0,593	0,582	0,696	0,363	0,354	0,582	0,623	0,770	0,798	0,745	0,817	0,824	0,871	0,826	0,908	0,952	0,869	0,930	0,908	0,686	0,933	0,775
C37	0,388	0,431	0,509	0,378	0,448	0,423	0,414	0,414	0,377	0,494	0,439	0,498	0,489	0,399	0,465	0,453	0,416	0,548	0,457	0,540	0,408	0,433	0,483	0,346	0,352	0,386	0,363	0,479	0,461
C38	0,115	0,094	0,116	0,081	0,109	0,100	0,079	0,120	0,169	0,195	0,199	0,146	0,161	0,172	0,162	0,126	0,146	0,118	0,192	0,166	0,154	0,131	0,194	0,125	0,107	0,123	0,162	0,157	0,156
C39	0,629	0,845	0,095	0,776	0,110	0,495	0,468	0,213	0,822	0,527	0,569	0,616	0,615	0,330	0,787	0,199	0,234	0,132	0,330	0,257	0,224	0,293	0,210	0,316	0,126	0,415	0,924	1,000	0,261
C40	0,529	0,391	0,534	0,301	0,459	0,436	0,490	0,464	0,348	0,516	0,468	0,387	0,509	0,446	0,501	0,445	0,563	0,601	0,531	0,628	0,602	0,663	0,589	0,586	0,538	0,546	0,458	0,203	0,557
C41	0,324</																												

Tabela 15 — Participação da criação de capital nas vendas por estado

Produtos	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	Externo	Total
C1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C6	0,075	0,102	0,112	0,125	0,089	0,095	0,130	0,087	0,080	0,079	0,082	0,078	0,080	0,078	0,084	0,090	0,083	0,097	0,088	0,075	0,068	0,074	0,069	0,067	0,065	0,082	0,089	0,084	0,081
C7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C12	0,031	0,064	0,059	0,089	0,042	0,054	0,107	0,063	0,071	0,081	0,088	0,082	0,070	0,077	0,078	0,061	0,060	0,063	0,105	0,038	0,024	0,021	0,035	0,037	0,026	0,062	0,101	0,043	0,043
C13	0,206	0,252	0,106	0,294	0,208	0,078	0,269	0,189	0,145	0,074	0,081	0,107	0,059	0,076	0,062	0,188	0,113	0,117	0,134	0,068	0,047	0,035	0,073	0,189	0,193	0,147	0,030	0,052	0,117
C14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C23	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C26	0,322	0,445	0,222	0,427	0,381	0,399	0,444	0,557	0,308	0,347	0,502	0,497	0,398	0,558	0,372	0,365	0,299	0,466	0,366	0,279	0,290	0,351	0,316	0,416	0,384	0,406	0,549	0,398	0,317
C27	0,038	0,107	0,442	0,066	0,040	0,120	0,149	0,127	0,105	0,074	0,054	0,097	0,165	0,173	0,172	0,229	0,225	0,134	0,198	0,210	0,168	0,098	0,127	0,065	0,055	0,114	0,296	0,397	0,227
C28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C29	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,																

Tabela 16 — Participação do consumo das famílias nas vendas por estado

Produtos	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	Externo	Total
C1	0,004	0,006	0,007	0,008	0,006	0,014	0,006	0,007	0,007	0,006	0,007	0,007	0,007	0,004	0,003	0,007	0,007	0,008	0,012	0,007	0,005	0,006	0,006	0,004	0,004	0,005	0,008	0,006	0,006
C2	0,038	0,058	0,117	0,085	0,070	0,149	0,053	0,084	0,085	0,076	0,086	0,091	0,069	0,061	0,049	0,069	0,076	0,096	0,152	0,073	0,036	0,051	0,052	0,049	0,016	0,043	0,120	0,061	0,049
C3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,005	0,005	0,006	0,004	0,003	0,006	0,010	0,006	0,005
C4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
C6	0,653	0,711	0,714	0,669	0,691	0,762	0,645	0,730	0,725	0,691	0,696	0,691	0,654	0,704	0,631	0,687	0,684	0,670	0,705	0,660	0,632	0,635	0,631	0,589	0,504	0,662	0,711	0,692	0,666
C7	0,131	0,155	0,183	0,197	0,166	0,217	0,161	0,186	0,196	0,209	0,211	0,241	0,197	0,175	0,136	0,189	0,196	0,220	0,368	0,183	0,118	0,133	0,122	0,104	0,088	0,142	0,203	0,165	0,165
C8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C10	0,104	0,180	0,294	0,297	0,182	0,300	0,164	0,249	0,237	0,198	0,219	0,229	0,147	0,169	0,121	0,204	0,178	0,250	0,347	0,179	0,129	0,146	0,141	0,102	0,075	0,143	0,237	0,179	0,176
C11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C12	0,057	0,098	0,088	0,098	0,071	0,094	0,115	0,113	0,139	0,155	0,166	0,161	0,124	0,146	0,123	0,098	0,105	0,091	0,182	0,072	0,047	0,039	0,069	0,071	0,044	0,106	0,174	0,077	0,076
C13	0,068	0,078	0,376	0,155	0,152	0,557	0,063	0,168	0,120	0,265	0,355	0,216	0,206	0,199	0,148	0,162	0,197	0,289	0,385	0,209	0,115	0,174	0,130	0,044	0,046	0,107	0,229	0,521	0,155
C14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C15	0,033	0,049	0,030	0,037	0,000	0,032	0,024	0,006	0,033	0,035	0,032	0,032	0,029	0,019	0,003	0,011	0,001	0,000	0,035	0,029	0,028	0,011	0,023	0,011	0,020	0,029	0,036	0,015	0,008
C16	0,724	0,737	0,463	0,797	0,634	0,648	0,762	0,641	0,531	0,619	0,643	0,657	0,590	0,484	0,332	0,558	0,617	0,696	0,647	0,512	0,424	0,558	0,532	0,432	0,452	0,486	0,597	0,737	0,534
C17	0,677	0,011	0,001	0,000	0,164	0,000	0,106	0,393	0,004	0,272	0,006	0,256	0,194	0,003	0,102	0,022	0,192	0,380	0,383	0,194	0,204	0,316	0,334	0,043	0,001	0,268	0,000	0,188	0,236
C18	0,440	0,515	0,383	0,474	0,223	0,482	0,441	0,434	0,462	0,361	0,391	0,381	0,304	0,403	0,349	0,164	0,235	0,087	0,260	0,194	0,210	0,195	0,267	0,363	0,400	0,316	0,301	0,187	0,217
C19	0,000	0,010	0,374	0,000	0,000	0,000	0,128	0,000	0,738	0,186	0,864	0,622	0,691	0,855	0,831	0,180	0,204	0,745	0,174	0,238	0,148	0,690	0,273	0,000	0,000	0,716	0,011	0,116	0,212
C20	0,000	0,000	0,384	0,000	0,541	0,000	0,000	0,577	0,499	0,507	0,409	0,507	0,468	0,304	0,425	0,326	0,360	0,448	0,200	0,331	0,340	0,000	0,367	0,421	0,437	0,462	0,000	0,400	0,357
C21	0,366	0,348	0,066	0,676	0,391	0,613	0,180	0,299	0,510	0,371	0,444	0,257	0,252	0,039	0,064	0,047	0,198	0,137	0,257	0,224	0,152	0,134	0,075	0,124	0,049	0,435	0,532	0,196	0,191
C22	0,000	0,000	0,069	0,000	0,066	0,000	0,000	0,071	0,069	0,070	0,061	0,061	0,060	0,058	0,050	0,067	0,060	0,044	0,060	0,073	0,073	0,067	0,091	0,072	0,074	0,076	0,076	0,067	0,066
C23	0,028	0,026	0,022	0,023	0,024	0,026	0,026	0,026	0,028	0,025	0,022	0,026	0,023	0,028	0,018	0,023	0,017	0,008	0,022	0,020	0,024	0,021	0,025	0,026	0,025	0,028	0,029	0,023	0,021
C24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C26	0,054	0,037	0,233	0,029	0,086	0,092	0,030	0,056	0,260	0,096	0,048	0,051	0,054	0,057	0,144	0,294	0,268	0,027	0,154	0,125	0,136	0,052	0,125	0,072	0,050	0,228	0,056	0,148	0,149
C27	0,138	0,258	0,179	0,203	0,109	0,365	0,508	0,489	0,680	0,685	0,807	0,704	0,462	0,576	0,670	0,507	0,464	0,581	0,523	0,349	0,394	0,452	0,382	0,513	0,170	0,626	0,426	0,246	0,367
C28	0,004	0,000	0,004	0,000	0,005	0,004	0,019	0,006	0,007	0,001	0,002	0,005	0,008	0,013	0,004	0,012	0,006	0,002	0,003	0,003	0,032	0,002	0,007	0,010	0,003	0,001	0,103	0,000	0,008
C29	0,009	0,001	0,002	0,003	0,007	0,026	0,033	0,070	0,121	0,165	0,078	0,112	0,218	0,778	0,000	0,112	0,015	0,018	0,004	0,003	0,028	0,002	0,005	0,009	0,018	0,007	0,016	0,000	0,043
C30	0,268	0,313	0,486	0,212	0,506	0,336	0,595	0,540	0,397	0,720	0,298	0,316	0,928	0,822	0,330	0,928	0,373	0,485	0,243	0,331	0,031	0,000	0,002	0,443	0,237	0,301	0,708	0,000	0,043
C31	0,001	0,001	0,001	0,002	0,005	0,001	0,017	0,026	0,015	0,011	0,008	0,028	0,109	0,188	0,005	0,126	0,016	0,006	0,002	0,467	0,073	0,001	0,010	0,016	0,002	0,009	0,006	0,000	0,020
C32	0,001	0,001	0,007	0,000	0,004	0,003	0,008	0,008	0,021	0,004	0,010	0,019	0,015	0,243	0,003	0,027	0,007	0,005	0,001	0,003	0,059	0,000	0,007	0,002	0,003	0,008	0,002	0,000	0,008
C33	0,006	0,002	0,010	0,001	0,029	0,009	0,085	0,006	0,028	0,084	0,011	0,013	0,060	0,032	0,002	0,223	0,010	0,006	0,006	0,001	0,031	0,001	0,020	0,005	0,004	0,003	0,010	0,000	0,018
C34	0,001	0,001	0,010	0,000	0,005	0,004	0,010	0,008	0,023	0,018	0,023	0,034	0,096	0,319	0,000	0,028	0,007	0,001	0,001	0,003	0,023	0,001	0,007	0,001	0,001	0,002	0,003	0,000	0,009
C35	0,452	0,536	0,400	0,378	0,494	0,497	0,423	0,488	0,458	0,423	0,304	0,270	0,390	0,418	0,343	0,413	0,336	0,330	0,367	0,379	0,361	0,374	0,380	0,450	0,389	0,455	0,398	0,412	0,381
C36	0,188	0,229	0,160	0,212	0,190	0,391	0,274	0,407	0,418	0,304	0,637	0,646	0,418	0,377	0,230	0,202	0,255	0,183	0,176	0,129	0,174	0,092	0,048	0,131	0,070	0,092	0,314	0,067	0,225
C37	0,612	0,569	0,491	0,622	0,552	0,577	0,586	0,586	0,623	0,506	0,561	0,502	0,511	0,601	0,535	0,547	0,584	0,452	0,543	0,460	0,592	0,567	0,517	0,654	0,648	0,614	0,637	0,521	0,539
C38	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C39	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C40	0,445	0,604	0,395	0,691	0,402	0,538	0,473	0,459	0,645	0,456	0,501	0,590	0,472	0,499	0,492	0,483	0,374	0,304	0,434	0,307	0,319	0,268	0,337	0,356	0,302	0,414	0,540	0,797	0,383
C41	0,601</																												

Tabela 18 — Participação da demanda dos governos regionais nas vendas por estado

[illegible]

Tabela 19 — Participação da demanda do governo federal nas vendas por estado

	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	Externo	Total
C1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C2	0,005	0,007	0,014	0,024	0,007	0,035	0,005	0,007	0,008	0,008	0,010	0,011	0,008	0,006	0,005	0,007	0,007	0,009	0,021	0,004	0,002	0,004	0,004	0,004	0,002	0,006	0,068	0,006	0,005
C3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C5	0,022	0,000	0,000	0,094	0,031	0,000	0,007	0,013	0,071	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060	0,040	0,000	0,000	0,028	0,029	0,040	0,052	0,044	0,026	0,050	0,337	0,061	0,038
C6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C8	0,000	0,034	0,031	0,000	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,022	0,019	0,014	0,006	0,003	0,007	0,000	0,000	0,000	0,006	0,010	0,009	0,005	0,000	0,000	0,032	0,000	0,007	0,007
C9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,029	0,030	0,017	0,020	0,025	0,029	0,025	0,000	0,032	0,034	0,031	0,000	0,013	0,011	0,000	0,000	0,018	0,020	0,027	0,401	0,000	0,025
C10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C12	0,007	0,010	0,009	0,023	0,007	0,011	0,012	0,011	0,014	0,015	0,017	0,017	0,012	0,013	0,011	0,010	0,010	0,007	0,023	0,003	0,002	0,002	0,004	0,005	0,004	0,019	0,075	0,006	0,006
C13	0,002	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,000	0,001	0,000
C14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,029	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C15	0,021	0,029	0,016	0,046	0,011	0,025	0,011	0,005	0,014	0,016	0,017	0,018	0,015	0,009	0,001	0,028	0,015	0,002	0,022	0,007	0,007	0,003	0,008	0,022	0,008	0,026	0,070	0,010	0,012
C16	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,001	0,000	0,001	0,004	0,005	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	0,002	0,001	0,004	0,001	0,000	0,001
C17	0,008	0,015	0,043	0,000	0,007	0,000	0,025	0,008	0,007	0,005	0,015	0,005	0,008	0,012	0,014	0,009	0,006	0,003	0,010	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,014	0,019	0,000	0,005	0,005
C18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,008	0,004	0,006	0,000	0,002	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,003
C19	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,017	0,000	0,000	0,016	0,017	0,000	0,001	0,005	0,003	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,002
C20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,022	0,000	0,004	0,000	0,008	0,000	0,007	0,010	0,012	0,018	0,015	0,010	0,009	0,010	0,001	0,005	0,000	0,004	0,006	0,019	0,003	0,000	0,007	0,006
C22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C23	0,031	0,025	0,021	0,045	0,019	0,045	0,022	0,019	0,022	0,021	0,020	0,024	0,020	0,020	0,013	0,016	0,012	0,005	0,023	0,008	0,010	0,011	0,013	0,017	0,019	0,051	0,113	0,016	0,014
C24	0,204	0,184	0,072	0,000	0,040	0,000	0,090	0,087	0,136	0,039	0,112	0,132	0,047	0,125	0,074	0,051	0,012	0,015	0,016	0,010	0,015	0,048	0,022	0,051	0,105	0,239	0,409	0,020	0,016
C25	0,010	0,025	0,003	0,000	0,001	0,004	0,013	0,000	0,014	0,009	0,016	0,014	0,009	0,011	0,012	0,001	0,002	0,003	0,007	0,001	0,002	0,002	0,002	0,007	0,002	0,012	0,142	0,004	0,003
C26	0,044	0,037	0,029	0,054	0,021	0,060	0,021	0,018	0,033	0,021	0,020	0,019	0,026	0,018	0,024	0,009	0,010	0,008	0,013	0,007	0,007	0,010	0,010	0,017	0,015	0,029	0,056	0,014	0,010
C27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,003	0,006	0,009	0,006	0,005	0,000	0,005	0,002	0,003	0,002	0,006	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003	0,000	0,011	0,001	0,001	0,002
C28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C29	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C31	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C32	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C33	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C34	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C35	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C36	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C37	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C38	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C39	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C41	0,032	0,032	0,030	0,025	0,024	0,083	0,010	0,042	0,026	0,031	0,019	0,032	0,024	0,030	0,018	0,013													

Tabela 20 — Participação do fator terra no custo total

Atividades	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	Total
<i>C1</i>	0,053	0,085	0,098	0,012	0,221	0,000	0,129	0,127	0,078	0,039	0,179	0,085	0,109	0,095	0,194	0,611	0,055	0,599	0,283	0,059	0,107	0,128	0,123	0,022	0,148	0,084	0,037	0,127
<i>C2</i>	0,055	0,085	0,108	0,017	0,207	0,000	0,129	0,127	0,115	0,049	0,253	0,090	0,293	0,207	0,402	0,050	0,052	0,594	0,339	0,065	0,126	0,202	0,182	0,054	0,166	0,088	0,023	0,127
<i>C3</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043	0,201	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,000	0,000	0,070	0,135	0,149	0,165	0,069	0,000	0,038	0,012	0,147
<i>C4</i>	0,090	0,195	0,003	0,024	0,198	0,000	0,144	0,020	0,032	0,008	0,050	0,008	0,066	0,095	0,017	0,017	0,027	0,456	0,171	0,046	0,047	0,137	0,236	0,015	0,070	0,050	0,035	0,055
<i>C5</i>	0,051	0,000	0,000	0,010	0,123	0,001	0,126	0,067	0,027	0,391	0,475	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,049	0,000	0,000	0,077	0,147	0,183	0,229	0,042	0,178	0,093	0,049	0,142
<i>C6</i>	0,040	0,028	0,025	0,001	0,037	0,000	0,017	0,027	0,051	0,017	0,043	0,099	0,125	0,398	0,163	0,022	0,020	0,147	0,036	0,020	0,076	0,056	0,080	0,056	0,218	0,036	0,022	0,051
<i>C7</i>	0,046	0,094	0,247	0,018	0,163	0,001	0,052	0,105	0,049	0,017	0,062	0,044	0,161	0,171	0,292	0,034	0,046	0,485	0,309	0,053	0,086	0,080	0,125	0,030	0,072	0,040	0,036	0,118
<i>C8</i>	0,000	0,111	0,000	0,000	0,259	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,058	0,055	0,063	0,073	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,018	0,075	0,074	0,067	0,000	0,000	0,009	0,000	0,067
<i>C9</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,003	0,003	0,005	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>C10</i>	0,094	0,296	0,215	0,017	0,097	0,000	0,436	0,176	0,046	0,078	0,000	0,218	0,000	0,134	0,132	0,018	0,016	0,000	0,000	0,024	0,026	0,062	0,076	0,034	0,000	0,035	0,018	0,031
<i>C11</i>	0,067	0,069	0,096	0,012	0,034	0,000	0,000	0,738	0,867	0,010	0,000	0,022	0,112	0,000	0,000	0,009	0,019	0,341	0,138	0,032	0,033	0,121	0,072	0,013	0,096	0,008	0,018	0,096
<i>C12</i>	0,041	0,000	0,031	0,000	0,032	0,020	0,061	0,023	0,039	0,025	0,036	0,030	0,027	0,009	0,017	0,067	0,061	0,010	0,380	0,042	0,036	0,058	0,043	0,136	0,044	0,151	0,000	0,048
<i>C13</i>	0,161	0,120	0,063	0,094	0,160	0,097	0,243	0,034	0,028	0,035	0,122	0,104	0,090	0,081	0,125	0,170	0,158	0,102	0,120	0,020	0,128	0,045	0,163	0,076	0,212	0,119	0,017	0,119
<i>Total</i>	0,122	0,095	0,063	0,050	0,104	0,055	0,174	0,048	0,038	0,029	0,078	0,074	0,113	0,130	0,142	0,071	0,086	0,238	0,116	0,035	0,111	0,080	0,151	0,059	0,163	0,093	0,023	0,098

Tabela 21 — Participação do fator terra no total do custo com fatores primários

Atividades	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	Total
<i>C1</i>	0,061	0,088	0,131	0,025	0,263	0,000	0,243	0,167	0,119	0,050	0,217	0,090	0,237	0,167	0,337	0,749	0,092	0,699	0,438	0,130	0,262	0,263	0,212	0,149	0,317	0,248	0,082	0,214
<i>C2</i>	0,065	0,088	0,126	0,027	0,279	0,001	0,273	0,174	0,153	0,052	0,274	0,093	0,307	0,225	0,442	0,061	0,083	0,648	0,464	0,126	0,259	0,329	0,265	0,147	0,309	0,213	0,082	0,214
<i>C3</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043	0,201	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,065	0,000	0,000	0,119	0,242	0,285	0,220	0,142	0,000	0,181	0,081	0,225
<i>C4</i>	0,115	0,313	0,003	0,039	0,278	0,000	0,244	0,027	0,107	0,011	0,079	0,009	0,080	0,144	0,017	0,023	0,043	0,516	0,219	0,087	0,071	0,286	0,364	0,024	0,093	0,095	0,093	0,088
<i>C5</i>	0,065	0,000	0,000	0,014	0,203	0,001	0,206	0,112	0,037	0,391	0,475	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043	0,077	0,000	0,000	0,147	0,259	0,302	0,336	0,134	0,385	0,218	0,099	0,259
<i>C6</i>	0,043	0,031	0,029	0,002	0,052	0,000	0,021	0,030	0,066	0,021	0,064	0,154	0,218	0,607	0,247	0,030	0,027	0,209	0,062	0,037	0,313	0,083	0,111	0,322	0,276	0,089	0,043	0,077
<i>C7</i>	0,098	0,151	0,309	0,036	0,261	0,002	0,414	0,162	0,156	0,024	0,169	0,077	0,169	0,197	0,328	0,053	0,103	0,620	0,583	0,118	0,136	0,110	0,192	0,128	0,395	0,311	0,088	0,176
<i>C8</i>	0,000	0,237	0,000	0,000	0,464	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,285	0,169	0,145	0,104	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,055	0,259	0,186	0,185	0,000	0,000	0,019	0,000	0,171
<i>C9</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,005	0,004	0,007	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>C10</i>	0,141	0,563	0,270	0,065	0,152	0,001	0,603	0,408	0,123	0,095	0,000	0,522	0,000	0,256	0,197	0,038	0,033	0,000	0,000	0,068	0,073	0,144	0,274	0,123	0,000	0,105	0,036	0,082
<i>C11</i>	0,093	0,106	0,219	0,012	0,304	0,000	0,000	0,738	0,867	0,023	0,000	0,084	0,191	0,000	0,000	0,011	0,028	0,472	0,258	0,061	0,042	0,121	0,072	0,078	0,288	0,027	0,048	0,138
<i>C12</i>	0,047	0,000	0,044	0,000	0,038	0,029	0,074	0,027	0,055	0,044	0,067	0,037	0,037	0,010	0,025	0,105	0,088	0,013	0,555	0,095	0,070	0,084	0,063	0,251	0,055	0,244	0,000	0,074
<i>C13</i>	0,221	0,157	0,089	0,216	0,241	0,116	0,435	0,046	0,036	0,056	0,174	0,134	0,164	0,119	0,170	0,218	0,256	0,155	0,196	0,073	0,354	0,204	0,342	0,134	0,398	0,219	0,048	0,226
<i>Total</i>	0,159	0,117	0,081	0,089	0,146	0,070	0,288	0,062	0,051	0,039	0,116	0,092	0,162	0,188	0,174	0,096	0,131	0,331	0,183	0,078	0,229	0,176	0,249	0,127	0,315	0,195	0,058	0,169

A Tabela 13 mostra que as atividades de *Serviços* (C41) (26,1%), *Serviços Públicos* (C42) (11,8%) e *Comércio* (C39) (8,5%) possuem a maior participação na produção do Brasil, respectivamente. Esta tendência é seguida pela maioria dos estados. No entanto, algumas atividades específicas despontam em diferentes estados. Em Roraima, tal atividade foi a de *Alimentos e Bebidas* (C16) (17,9%), o mesmo ocorrendo em Sergipe (23,8%) e Mato Grosso (19,9%). Esta atividade também foi importante na estrutura produtiva relativa de Mato Grosso do Sul (19,6%) e Goiás (16,1%). No Mato Grosso, além da atividade *Alimentos e Bebidas* (C16), *Soja em Grão* (C5) teve alta participação na produção do estado (9,7%). No Amazonas, *Outros Produtos Manufaturados* (C27) foi a que apresentou maior participação na produção (25,4%). Em São Paulo, *Produtos de Metal, Máquinas e Equipamentos, Automóveis e Peças* (C26) teve participação (11,1%) menor apenas do que *Serviços* (C41). No Rio de Janeiro, a atividade *Petróleo, Gás Mineral e Carvão Mineral* (C14) foi a segunda mais importante em termos de produção do estado (13,5%). Em Santa Catarina, a atividade de destaque, além dos *Serviços* (C41), foi a de *Outros Produtos Manufaturados* (C27) (11,4%). Considerando os resultados mais amplamente em termos regionais, percebe-se que os estados da região Sudeste são mais especializados em atividades industriais. Esta região é responsável por 91% da produção de *Ferro e Aço* (C24), 88% da de *Petróleo, Gás Mineral e Carvão Mineral* (C14), 70% da dos *Produtos de Metal, Máquinas e Equipamentos, Automóveis e Peças* (C26) e 67,2% da de *Metalurgia dos Não Ferrosos* (C25). A região Centro-Oeste possui maior importância relativa com relação à produção de bens agrícolas, *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13) e *Alimentos e Bebidas* (C16). Nos estados da região Sul, atividades como *Têxteis* (C17), *Outros Produtos Manufaturados* (C27) e *Alimentos e Bebidas* (C16) destacam-se.

As Tabelas de 14 a 19 mostram a estrutura das vendas regionais para os fluxos de insumos intermediários, criação de capital, consumo das famílias, exportações, demandas dos governos regionais e federal, respectivamente. Os valores foram calculados para os produtos e 27 estados de origem. Correspondem à participação do produto regional segundo as categorias de demanda. Os fluxos dizem respeito ao valor do produto utilizado como insumo intermediário, investimento, consumo final pelas famílias etc. Dessa forma, para cada produto regional, a soma dos valores das Tabelas de 14 a 19 deve ser igual a 1, correspondente a 100% das vendas. Como destacou Haddad (1999) verificar a orientação das vendas é importante na discussão dos resultados de simulações em modelos EGC, desde que mudanças em diferentes mercados podem ter impactos distintos sobre a decisão dos produtores. Espera-se, com isso,

que mudanças na demanda externa afetem mais o nível de atividade de produtos mais orientados para a exportação do que o de produtos vendidos localmente, por exemplo.

Com relação a estas tabelas, na última coluna, exceto na Tabela 17, referente às exportações, são retratados os valores das vendas externas para o mercado interno, isto é, importações. Maiores vendas para a produção intermediária pode indicar um grau mais elevado de ligações intrarregionais, o que significa maior capacidade de geração de efeitos multiplicadores na economia local. Os maiores valores relativos a este fluxo foram observados para os Estados do Rio de Janeiro, Sergipe, São Paulo, Espírito Santo, Paraná e Santa Catarina, em ordem decrescente. Os menores valores deste fluxo foram observados para Amapá, Acre, Tocantins, Roraima e Piauí. Isso pode sugerir que a economia destes estados apresenta uma estrutura regional menos integrada. O menor valor das vendas para a produção intermediária pode implicar que a economia do estado apresente maior intensidade nas vendas externas, consumo das famílias ou criação de capital. O Piauí, por exemplo, apresenta baixo valor para as exportações e criação de capital, mas elevado valor da participação de vendas para o consumo das famílias. Os estados cujas vendas são mais voltadas para o produto externo são Pará, Mato Grosso, Espírito Santo e Minas Gerais.

Com relação aos valores dos produtos, tem-se que o produto *Construção* (C38) é formado basicamente por criação de capital em todos os estados. Outros produtos, como *Outros Produtos e Serviços da Lavoura* (C6), *Alimentos e Bebidas* (C16), *Provisão de Água e Esgoto* (C37) e *Serviços* (C41), têm suas vendas mais voltadas para o consumo das famílias. Em termos gerais, os produtos mais voltados para a exportação são *Café em Grão* (C11), *Minério de Ferro, Minerais Metálicos não Ferrosos e Minerais não Metálicos* (C15) e *Soja em Grão* (C5).

A Tabela 20 mostra a participação do fator terra no total dos custos de produção das atividades da agropecuária. A Tabela 21 apresenta a participação do fator terra no total dos custos com fatores primários das atividades da agropecuária. Estes indicadores podem fornecer informações valiosas na interpretação dos resultados, visto que subsidiam a observação das atividades mais intensivas em terra ou outros insumos (capital, trabalho e insumos intermediários), isto é, a identificação de padrões relativos da estrutura tecnológica regional. Atividades mais intensivas em terra, por exemplo, serão mais afetadas por políticas que tendem a mudar sua composição. Em termos nacionais, tem-se que o fator terra participa

de 16,9% do total dos custos com fatores primários e de 9,8% do total dos custos de produção. Pode-se observar que as atividades de *Soja em Grão* (C5), *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13) e *Trigo em Grão e Outros Cereais* (C3) são mais intensivas em terra relativamente aos outros insumos de produção do que as outras atividades da agropecuária. Regionalmente, os estados que utilizam terra de forma mais intensiva relativamente são: Espírito Santo, Mato Grosso, Tocantins e Rio Grande do Sul.

A seguir, são apresentados indicadores selecionados para uma caracterização mais aprofundada das atividades econômicas consideradas no modelo em 2007.

4.1.1. Ligações de insumo-produto na economia brasileira em 2007

Nesta parte do trabalho, serão empregados dois métodos de insumo-produto para alcançar os seguintes objetivos: i) identificar as atividades regionais com maiores índices de ligação para frente e para trás; e ii) verificar quais as atividades nacionais e regiões que foram mais influentes em termos de mobilização da atividade econômica em 2007.

4.1.1.1. Índices de Rasmussen-Hirschman

Segundo Haddad *et al* (2007a), os índices propostos a partir de Rasmussen (1956) e Hirschman (1958) constituem um método baseado no equilíbrio por utilizar a estrutura da economia na construção de um indicador que tenta evidenciar mudanças e similaridades na estrutura econômica regional ao longo do tempo. Dado um sistema de insumo-produto, dois tipos de índices de Rasmussen-Hirschman podem ser observados: os índices de ligação para trás e os índices de ligação para frente. O primeiro fornece informações sobre o grau de ligação que uma atividade é capaz de gerar com outras atividades com relação ao fornecimento de insumos, enquanto que o segundo, o grau de associação de uma atividade na compra de insumos de outras atividades.

Seja b_{ij} o elemento da linha i e da coluna j da matriz de Leontief B . Assim, pode-se definir $b_{.j}$ e $b_{i.}$ como sendo a soma dos elementos da matriz B nestas coluna e linha, respectivamente, e $b_{..}$ como sendo a soma de todos os elementos desta matriz. Os índices de ligação para trás, U_j , e para frente, U_i , podem ser calculados pelas seguintes relações:

$$U_j = \frac{B_{.j}/n}{B^*} \quad (4.1)$$

$$U_i = \frac{B_{i.}/n}{B^*} \quad (4.2)$$

em que n é o número de atividades e $B^* = b_{..}/n^2$, isto é, B^* é média de todos os elementos da matriz B . Em (4.1), o numerador representa a média dos elementos da coluna j ; analogamente em (4.2), o numerador representa a média dos elementos da linha i . A configuração de atividade-chave segue o fato de que, se uma atividade qualquer do sistema apresenta U_j e U_i maiores que 1, então esta atividade é uma atividade-chave da economia. Adicionalmente, se $U_j > 1$, então a atividade j é capaz de promover mudanças acima da média no sistema, dada uma variação unitária em sua demanda final, e, se $U_i > 1$, a atividade i sofre um aumento acima da média no sistema, dada uma variação unitária na demanda final de todas as atividades da economia.

Os resultados dos índices de ligação para frente e para trás das atividades para os 27 estados e para o Brasil são apresentados nas Tabelas 22 e 23.⁴⁴ Em geral, a atividade de *Transmissão e Distribuição de Eletricidade* (C35) foi a que apresentou maior frequência através dos estados em termos de atividade-chave. Isso foi observado em quase todos os estados.⁴⁵ Tal fato ocorre em razão de tal atividade desenvolvida ao nível local conectar o sistema de geração de energia elétrica, mesmo quando não presente no estado, ao mercado consumidor. Isso inclui a atividade das concessionárias de energia e a consequente mobilização quanto a serviços de reparação, manutenção e reposição necessários localmente. Vale destacar também que a análise dos índices de ligação considera a importância relativa das atividades em termos de capacidade de acionar o conjunto mais amplo de atividades econômicas na região. Assim, essa característica da metodologia de índices de ligação pode ter influenciado neste resultado. Com exceção dos Estados de Goiás e de São Paulo e do Brasil, todos os outros estados tiveram *Transmissão e Distribuição de Eletricidade* (C35) como uma atividade-chave. Além desta atividade, *Outros Produtos Manufaturados, Incluindo Vestuário, Eletrodomésticos e*

⁴⁴ Para transpor o sistema econômico para uma versão atividade×atividade a partir de um sistema setor×produto, foi adotada a hipótese da tecnologia baseada na indústria. Dessa forma, foram calculadas as matrizes de requerimentos diretos e indiretos sobre o enfoque atividade×atividade (MILLER; BLAIR, 2009).

⁴⁵ Para facilitar a exposição seguinte, relacionada à análise dos resultados das atividades individuais dos estados, a identificação desta atividade-chave será omitida na análise.

Móveis (C27) foram caracterizados como atividade-chave da economia de quinze estados e do Brasil.

A Tabela 22 apresenta os índices de ligação para os estados das regiões Norte, Centro-Oeste e Sul. Em Rondônia, assim como nos outros estados da região Norte, exceto no Acre e no Amapá, ambas as atividades referidas anteriormente foram consideradas atividades-chave. Considerando esta região, no Amazonas outra atividade-chave foi observada: *Refino e Produtos do Petróleo* (C19). O resultado para este estado ocorreu em conformidade com o fato de que as atividades da Zona Franca de Manaus e de extração de petróleo e gás são importantes para a economia do estado. Em Tocantins, dentre outras atividades, *Outros Produtos Minerais não Metálicos* (C23) também foi considerada atividade-chave. Neste estado, nove atividades foram consideradas atividades-chave. Na região Norte, outras atividades de destaque foram *Transporte e Correio* (C40) e *Serviços* (C41).

Na região Centro-Oeste, *Alimentos e Bebidas* (C16) foi o principal destaque, sendo atividade-chave em todos os estados desta região, exceto no Distrito Federal. Neste, foram consideradas atividades-chave *Transporte e Correio* (C40) e *Serviços* (C41). Com relação à região Sul, a atividade *Produtos de Metal, Máquinas e Equipamentos, Automóveis e Peças* (C26) foi considerada chave nos três estados. Além disso, destacaram-se nesta região as atividades *Alimentos e Bebidas* (C16), no Paraná e em Santa Catarina, e *Produtos Químicos* (C21) e *Transporte e Correio* (C40), em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul (Tabela 22).

Nos estados do Nordeste, as principais atividades-chave foram *Alimentos e Bebidas* (C16), *Produtos Químicos* (C21) e *Petróleo, Gás Natural e Carvão Mineral* (C14). Na região Sudeste, o Estado de Minas Gerais teve oito atividades-chave, sendo os valores mais acentuados para *Minério de Ferro, Minerais Metálicos não Ferrosos e Minerais não Metálicos* (C15), *Produtos Químicos* (C21), *Produtos de Metal, Máquinas e Equipamentos, Automóveis e Peças* (C26) e *Ferro e Aço* (C24). Resultado este esperado, em razão da presença intensa das atividades de siderurgia, automobilística e extrativa mineral neste estado. No Rio de Janeiro, as atividades-chave apresentaram valores mais expressivos nos índices de ligação para frente, com relação aos *Serviços* (C41), *Petróleo, Gás Natural e Carvão Mineral* (C14) e *Refino e Produtos do Petróleo* (C19). Em São Paulo, foram identificadas seis atividades-chave, com destaque para *Produtos Químicos* (C21), *Produtos de Metal, Máquinas e Equipamentos, Automóveis e Peças* (C26) e *Serviços* (C41) (Tabela 23).

Por fim, o resultado do Brasil representa de certa forma um comportamento ponderado regionalmente das atividades da economia. Assim, foram observadas como atividades-chave do Brasil, dentre outras, *Alimentos e Bebidas* (C16), *Refino e Produtos do Petróleo* (C19), *Produtos Químicos* (C21) e *Produtos de Metal, Máquinas e Equipamentos, Automóveis e Peças* (C26). A ordenação das atividades mais importantes em termos de índices de ligação revela que *Termoeletricidade — Combustível Fóssil* (C29) tem a maior capacidade de gerar encadeamentos para frente e *Serviços* (C41), encadeamentos para trás, no sistema produtivo nacional (Tabela 23).

4.1.1.2. Campo de influência⁴⁶

A análise de campo de influência contribui de forma distinta da dos índices de ligação de Rasmussen-Hirschman, mas complementar, ao incluir aspectos de desequilíbrios no sistema (HADDAD *et al*, 2007a). Isso porque tal método funciona incorporando elementos de choques no sistema para encontrar novos equilíbrios comparáveis ao original.

O método de campo de influência foi originalmente elaborado por Sonis e Hewings (1989) e Sonis *et al* (1993) e tem como fundamento principal captar a influência de uma mudança em um ou mais coeficientes diretos de insumo-produto sob os seus elementos associados na matriz inversa de Leontief. O objetivo é determinar as atividades que mais produzem mudanças no sistema econômico a partir de uma perturbação no coeficiente direto. Assim, este método permite captar efeitos de ligação das atividades, ao mesmo tempo em que as atividades mais importantes em termos de impactos sobre o sistema destacam-se. Isso mostra que o campo de influência é complementar à análise dos índices de ligação por tratar dessas ligações.

Dada uma perturbação ε num coeficiente técnico qualquer (a_{ij}), define-se a solução do sistema como:

$A = \|a_{ij}\|$ é a matriz de coeficientes diretos de insumo-produto;

⁴⁶ O cálculo do campo de influência regional e das atividades foi realizado no Matlab versão 7.0.

$E = \|\varepsilon_{ij}\|$ é a matriz de perturbações nos coeficientes diretos de insumo-produto;

$B = (I - A)^{-1} = \|b_{ij}\|$ é a matriz inversa de Leontief antes da implementação das perturbações;

$B(\varepsilon) = (I - A - E)^{-1} = \|b_{ij}(\varepsilon)\|$ é matriz inversa de Leontief após a implementação das perturbações;

Supondo o caso mais simples, em que a mudança ε ocorre apenas em um coeficiente direto na localização (i_1, j_1) , tem-se:

$$\varepsilon_{ij} = \begin{cases} \varepsilon; & i = i_1, j = j_1 \\ 0; & i \neq i_1, j \neq j_1 \end{cases} \quad (4.3)$$

O campo de influência dessa variação pode ser determinado pela seguinte aproximação:

$$F(\varepsilon_{ij}) \cong \frac{[B(\varepsilon_{ij}) - B]}{\varepsilon_{ij}} \quad (4.4)$$

em que $F(\varepsilon_{ij})$ representa a matriz de dimensão $n \times n$ do campo de influência da perturbação no coeficiente direto a_{ij} .

Assim, cada elemento daquela matriz é associado à perturbação correspondente no coeficiente direto. Para determinar os coeficientes que possuem os maiores campos de influência, utiliza-se um valor S_{ij} , que é associado a cada matriz $F(\varepsilon_{ij})$, da seguinte forma:

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n [f_{kl}(\varepsilon_{ij})]^2 \quad (4.5)$$

Deste valor associado, S_{ij} , pode ser construída uma hierarquia dos coeficientes diretos baseados no seu campo de influência. Assim, atividades mais sensíveis às perturbações serão aquelas cujos coeficientes diretos estão associados aos maiores valores de S_{ij} , isto é, aqueles que tiverem os maiores campos de influência no sistema.

Nesta parte do trabalho, o método do campo de influência é utilizado para identificar as atividades mais importantes em termos de impacto sobre o sistema em cada região. Isso ocorrerá de forma complementar à análise dos índices de ligação, que identifica atividades importantes para a economia, mas não traz informações sobre os elos entre estas. Vale destacar que, comumente, atividades que possuem índices de ligação importantes apresentam ligações mais fortes com as outras atividades da economia. Assim, os índices de ligação não são dissociados das medidas de campo de influência.

Os dados utilizados para a realização da análise do campo de influência correspondem às informações das tabelas inter-regionais de insumo-produto representando os fluxos econômicos entre as 42 atividades e 42 produtos e as 27 Unidades da Federação utilizadas para calibrar o modelo BLUE. As informações das Unidades da Federação foram agregadas de forma pertinente para representar os fluxos entre as atividades de cada região de análise. Estas informações serviram como base para o cálculo da matriz de coeficientes técnicos A de cada região. Os resultados apresentados a seguir destacam os campos de influência mais importantes (10% maiores).

As Figuras de 11 a 13 retratam os resultados da análise de campo de influência das atividades produtivas para as cinco macrorregiões do Brasil e para a economia nacional. Além disso, é apresentado o campo de influência regional ao nível de estado. Esta análise é similar à do campo de influência das atividades, entretanto, neste caso, busca-se identificar as regiões mais sensíveis às perturbações no sistema. Analisando conjuntamente as figuras, percebe-se que os resultados são diferenciados através das regiões com relação aos maiores valores do campo de influência. Na região Norte, observa-se, na oferta, maiores valores do campo de influência com relação às atividades *Termoeletricidade — Gás Natural* (C32) e *Outros Produtos Manufaturados, Incluindo Vestuário, Eletrodomésticos e Móveis* (C27) e, na demanda, às atividades *Petróleo, Gás Natural e Carvão Mineral* (C14) e *Outros Produtos Manufaturados, Incluindo Vestuário, Eletrodomésticos e Móveis* (C27). Na região Nordeste, as ligações mais fortes correspondem às atividades *Têxteis* (C17) e *Produtos Químicos* (C21), no lado da oferta, e a *Refino e Produtos do Petróleo* (C19) e *Serviços* (C41), no lado da demanda. Com relação à região Sudeste, observou-se terem as atividades *Serviços* (C41), *Refino e Produtos do Petróleo* (C19) e *Produtos Químicos* (C21) maior capacidade de influenciar a economia regional pelo lado da demanda, em ordem decrescente. Padrão similar foi observado na região Sul, porém a atividade *Refino e Produtos do Petróleo* (C19) apresentou valores maiores nesta

região do que a atividade *Serviços* (C41). Observam-se nesta região valores elevados da atividade *Termoeletricidade — Diesel* (C31) no lado da oferta. No Centro-Oeste, valores elevados do campo de influência correspondem às atividades de *Termoeletricidade — Outras Fontes* (C34) e *Serviços* (C41), na oferta, e a *Outros Produtos Manufaturados, Incluindo Vestuário, Eletrodomésticos e Móveis* (C27) e *Serviços* (C41), na demanda.

Em termos comparativos, percebe-se que o padrão das regiões Sul e Sudeste é relativamente similar, o mesmo não ocorrendo com o padrão entre as demais regiões do Brasil. Considerando o Brasil como um todo, tem-se que *Produtos Químicos* (C21) apresentou valores elevados do campo de influência, tanto na oferta quanto na demanda, indicando que tal atividade possui capacidade relativa elevada de mobilizar o sistema econômico, tanto na cadeia de insumos, quanto na de produção. Isso corrobora o resultado encontrado dos índices de ligação das atividades do Brasil. Além desta atividade, *Serviços* (C41) e *Petróleo, Gás Natural e Carvão Mineral* (C14) tiveram valores elevados do campo de influência pelo lado da demanda. Por fim, os resultados encontrados para a análise do campo de influência regional indicam que o Estado de São Paulo teve a maior capacidade de gerar efeitos na economia no ano de 2007, dada uma perturbação no sistema tanto nos fluxos de origem quanto nos fluxos de destino (Figura 14).

Tabela 22 — Índices de ligação para frente (LF) e para trás (LP) de Rasmussen-Hirschman — Estados das regiões Norte, Centro-Oeste e Sul

Produtos	Norte												Centro-Oeste								Sul							
	RO		AC		AM		RR		PA		AP		TO		MS		MT		GO		DF		PR		SC		RS	
	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP
C1	0,905	0,900	0,815	0,812	0,782	0,761	0,974	0,979	0,908	0,880	0,947	0,925	0,966	0,956	0,961	0,863	0,973	0,876	0,864	0,738	0,952	0,892	0,936	0,736	0,941	0,868	0,954	0,794
C2	0,908	0,909	0,819	0,821	0,786	0,767	0,988	0,999	0,905	0,890	0,945	0,923	0,968	0,970	0,967	0,950	0,962	0,947	0,874	0,823	0,961	0,991	0,981	0,886	0,977	0,950	0,947	0,854
C3	0,881	0,881	0,804	0,804	0,759	0,759	0,938	0,938	0,862	0,862	0,921	0,921	0,926	0,926	0,960	0,845	0,975	0,841	0,862	0,722	0,951	0,893	0,928	0,741	0,935	0,841	0,955	0,751
C4	0,905	0,881	0,815	0,805	0,781	0,777	0,972	0,938	0,909	0,887	0,947	0,921	0,966	0,929	0,961	1,050	0,974	1,059	0,863	0,892	0,952	0,892	0,932	0,858	0,938	0,840	0,954	0,764
C5	0,905	0,892	0,804	0,804	0,759	0,759	0,973	0,949	0,909	0,866	0,921	0,921	0,966	0,936	0,961	0,969	0,973	0,967	0,863	0,814	0,952	0,916	0,933	0,846	0,939	0,860	0,954	0,834
C6	0,906	0,911	0,816	0,825	0,783	0,780	0,977	0,968	0,908	0,953	0,947	0,926	0,967	0,984	0,962	0,888	0,971	0,905	0,866	0,837	0,955	0,902	0,944	0,829	0,948	0,922	0,953	0,840
C7	0,906	0,916	0,815	0,828	0,782	0,784	0,974	1,002	0,908	0,942	0,947	0,955	0,966	0,969	0,962	0,886	0,972	0,870	0,864	0,752	0,953	0,894	0,938	0,822	0,943	0,874	0,954	0,787
C8	0,881	0,881	0,815	0,804	0,781	0,760	0,938	0,938	0,909	0,862	0,921	0,921	0,926	0,926	0,843	0,843	0,841	0,841	0,862	0,721	0,891	0,891	0,930	0,738	0,936	0,852	0,955	0,796
C9	0,881	0,881	0,804	0,804	0,759	0,759	0,938	0,938	0,862	0,862	0,921	0,921	0,966	0,930	0,962	0,860	0,972	0,905	0,864	0,749	0,953	0,894	0,938	0,734	0,838	0,838	0,743	0,743
C10	0,905	0,882	0,815	0,805	0,782	0,761	0,973	0,940	0,909	0,869	0,947	0,924	0,966	0,927	0,961	0,844	0,974	0,841	0,863	0,724	0,952	0,892	0,933	0,738	0,939	0,840	0,954	0,750
C11	0,905	0,894	0,815	0,807	0,782	0,759	0,938	0,938	0,908	0,863	0,921	0,921	0,926	0,926	0,961	0,844	0,973	0,841	0,863	0,722	0,952	0,892	0,934	0,733	0,838	0,838	0,743	0,743
C12	0,905	0,944	0,815	1,011	0,782	0,782	0,973	1,029	0,909	1,093	0,947	0,978	0,966	0,978	0,961	0,911	0,974	0,962	0,863	0,759	0,952	0,892	0,933	0,875	0,939	0,955	0,954	0,854
C13	0,914	0,989	0,830	0,884	0,797	0,812	1,026	1,067	0,898	0,963	0,939	0,944	0,973	1,015	0,980	0,969	0,936	0,975	0,899	0,889	0,985	0,934	1,099	0,875	1,073	0,963	0,930	0,887
C14	0,881	0,881	0,804	0,804	0,956	4,498	0,938	0,938	0,862	0,862	0,921	0,921	0,926	0,926	0,843	0,843	0,841	0,841	0,721	0,721	0,891	0,891	1,095	0,780	1,134	0,841	1,132	0,751
C15	0,959	0,939	0,898	0,848	0,995	0,849	1,053	1,009	1,070	1,122	1,111	1,020	1,055	0,991	1,073	1,010	1,014	0,943	0,910	0,823	1,075	0,983	0,998	0,821	1,119	0,904	1,145	0,894
C16	1,110	0,976	0,953	0,893	0,901	1,412	1,108	1,013	1,074	0,973	1,027	0,969	1,105	1,007	1,146	1,207	1,199	1,071	1,060	1,289	1,023	0,928	1,114	1,345	1,146	1,111	1,219	0,963
C17	0,988	0,884	0,979	0,907	0,885	0,796	0,938	0,938	1,051	0,962	0,921	0,921	1,013	0,948	1,001	0,890	1,002	0,902	0,866	0,822	0,891	0,891	0,967	0,856	1,077	1,153	1,020	0,863
C18	0,975	0,952	0,862	0,829	0,907	0,866	1,013	0,953	1,038	0,933	1,029	1,001	1,001	0,962	0,973	0,906	0,945	0,897	0,873	0,800	1,017	0,932	1,074	0,988	1,219	1,122	1,028	0,884
C19	0,916	0,881	0,832	0,804	1,121	1,276	0,963	0,938	0,893	0,862	0,959	0,921	0,952	0,927	0,901	0,843	0,897	0,841	0,782	0,721	0,942	0,891	0,888	2,717	0,896	0,838	0,914	2,110
C20	0,881	0,881	0,804	0,804	0,812	0,762	0,938	0,938	0,946	0,865	0,921	0,921	0,926	0,926	1,134	0,872	1,156	0,883	0,977	0,761	0,891	0,891	0,943	0,773	0,838	0,838	0,962	0,744
C21	0,992	0,969	0,892	0,868	0,985	1,117	1,041	0,953	1,008	1,078	1,085	1,030	1,037	1,092	0,990	1,353	1,030	1,853	0,943	1,779	1,068	0,977	0,990	2,126	1,032	1,482	1,259	2,695
C22	0,881	0,881	0,804	0,804	1,072	0,831	0,938	0,938	1,094	0,906	0,921	0,921	0,926	0,926	1,079	0,874	1,034	0,879	0,960	0,739	1,131	0,942	1,050	0,768	1,185	0,848	1,151	0,786
C23	1,081	1,023	0,937	0,910	1,019	0,826	1,077	0,983	1,097	0,989	1,104	1,029	1,114	1,057	1,038	0,948	1,006	0,987	0,923	0,893	1,067	0,910	0,971	0,865	1,099	1,003	1,076	0,869
C24	1,036	0,894	0,988	0,833	1,037	0,810	0,938	0,938	1,086	0,871	0,921	0,921	1,097	0,942	1,078	0,869	0,985	0,851	0,872	0,735	1,063	0,892	0,976	0,775	1,100	0,888	1,139	0,923
C25	1,037	1,009	0,993	0,981	1,035	0,815	0,938	0,938	1,134	0,960	1,103	0,924	1,101	1,008	1,047	0,924	0,987	0,863	0,877	0,788	1,065	0,967	0,988	0,806	1,100	0,920	1,124	0,852
C26	1,011	1,364	0,871	0,928	1,072	1,331	1,012	0,952	0,991	0,979	0,990	1,029	1,015	1,029	0,988	1,036	0,954	1,069	0,881	0,995	1,015	0,963	1,005	1,278	1,094	1,353	1,204	1,537
C27	1,108	2,023	0,946	5,982	1,091	1,229	1,118	1,080	1,210	1,706	0,979	0,962	1,085	1,191	1,001	1,113	1,097	2,338	0,857	5,799	0,982	1,009	0,984	1,531	1,144	1,190	1,149	1,203
C28	0,909	1,204	1,420	1,068	0,800	1,153	0,965	1,204	0,881	1,874	0,947	1,426	0,935	1,282	0,866	1,351	0,852	1,032	0,750	0,949	0,916	1,037	0,752	1,223	0,876	1,013	0,792	1,043
C29	1,027	0,883	0,963	0,806	0,797	0,763	0,975	0,940	0,890	0,868	0,965	0,924	0,953	0,929	0,944	0,846	0,999	0,843	0,803	0,723	0,943	0,893	1,626	0,734	0,896	0,841	0,852	0,747
C30	0,881	0,881	0,804	0,804	0,759	0,759	0,938	0,938	0,862	0,862	0,921	0,921	0,926	0,926	0,843	0,843	0,841	0,841	0,721	0,721	0,891	0,891	1,128	0,735	0,972	0,842	0,889	0,750
C31	0,921	0,889	0,831	0,810	0,788	0,768	0,971	0,941	0,890	0,884	0,955	0,933	0,971	0,933	0,959	0,853	0,863	0,845	1,839	0,725	0,924	0,894	1,515	0,740	0,872	0,843	1,270	0,750
C32	1,734	0,896	4,363	0,817	4,422	0,778	1,068	0,952	1,411	0,907	1,119	0,946	1,118	0,942	1,047	0,869	0,922	0,852	3,773	0,731	1,143	0,898	1,096	0,752	0,987	0,849	0,923	0,764
C33	1,064	0,885	1,151	0,807	1,505	0,766	0,989	0,942	1,059	0,878	1,026	0,927	0,985	0,930	0,994	0,854	0,928	0,847	0,877	0,727	0,964	0,893	0,856	0,739	0,887	0,841	0,838	0,752
C34	1,402	0,898	1,740	0,817	0,773	0,779	0,984	0,954	0,899	0,909	1,002	0,945	0,972	0,945	0,962	0,867	2,152	0,852	2,366	0,734	0,972	0,900	0,847	0,759	0,897	0,857	0,836	0,766
C35	1,210	1,135	1,208	1,042	1,184	1,124	1,215	1,137	1,788	1,171	1,396	1,176	1,212	1,186	1,368	1,095	1,022	1,080	0,976	0,996	1,054	1,105	1,293	1,011	1,018	1,148	1,076	1,113
C36	1,148	0,938	0,976	0,859	1,481	0,846	1,099	0,980	1,013	0,940	1,233	0,979	1,003	1,006	1,147	0,896	0,978	0,904	0,886	0,786	1,201	0,947	0,941	0,804	1,034	0,927	1,077	0,855
C37	1,100	0,906	0,924	0,830	0,949	0,804	1,082	0,958	1,165	0,892	1,158	0,944	1,023	0,959	1,171	0,867	0,962	0,866	0,904	0,748	1,066	0,915	0,965	0,763	0,993	0,872	0,995	0,788
C38																												

Tabela 23 — Índices de ligação para frente (LF) e para trás (LP) de Rasmussen-Hirschman — Brasil e estados das regiões Nordeste e Sudeste

Produtos	Nordeste												Sudeste								Brasil							
	MA		PI		CE		RN		PB		PE		AL		SE		BA		MG				ES		RJ		SP	
	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP	LF	LP
C1	0,947	0,936	0,890	0,872	0,790	0,739	0,880	0,832	0,945	0,905	0,901	0,833	0,951	0,860	0,889	0,802	0,921	0,803	0,926	0,812	0,759	0,705	0,900	0,780	0,954	0,703	0,904	0,573
C2	0,944	0,938	0,890	0,877	0,797	0,758	0,880	0,837	0,945	0,916	0,926	0,841	0,944	0,865	0,899	0,811	0,909	0,843	0,926	0,891	0,756	0,713	0,884	0,781	0,981	0,766	0,923	0,657
C3	0,905	0,905	0,851	0,851	0,734	0,734	0,831	0,831	0,904	0,904	0,833	0,833	0,858	0,858	0,798	0,798	0,801	0,801	0,926	0,807	0,704	0,704	0,780	0,780	0,950	0,701	0,901	0,543
C4	0,947	0,991	0,890	0,916	0,789	0,774	0,880	1,006	0,945	1,105	0,899	1,148	0,951	1,175	0,888	0,870	0,922	0,852	0,926	0,941	0,759	0,853	0,902	0,850	0,952	1,011	0,902	0,795
C5	0,947	0,913	0,890	0,876	0,734	0,734	0,831	0,831	0,904	0,904	0,833	0,833	0,858	0,858	0,798	0,798	0,922	0,830	0,926	0,824	0,704	0,704	0,780	0,780	0,953	0,713	0,903	0,646
C6	0,947	0,923	0,890	0,881	0,792	0,796	0,880	0,918	0,945	0,957	0,907	0,882	0,950	0,897	0,891	0,846	0,920	0,889	0,926	0,848	0,758	0,747	0,898	0,794	0,959	0,760	0,907	0,646
C7	0,947	0,943	0,890	0,898	0,790	0,774	0,880	0,910	0,945	0,940	0,903	0,864	0,950	0,897	0,890	0,839	0,921	0,874	0,926	0,825	0,758	0,722	0,899	0,788	0,956	0,720	0,905	0,621
C8	0,905	0,905	0,851	0,851	0,789	0,734	0,880	0,831	0,945	0,904	0,898	0,833	0,951	0,868	0,888	0,800	0,923	0,806	0,807	0,807	0,704	0,704	0,780	0,780	0,951	0,701	0,902	0,536
C9	0,947	0,909	0,890	0,864	0,790	0,735	0,880	0,834	0,945	0,906	0,903	0,833	0,950	0,860	0,798	0,798	0,921	0,851	0,926	0,812	0,758	0,704	0,780	0,780	0,956	0,706	0,905	0,580
C10	0,947	0,905	0,890	0,852	0,789	0,735	0,880	0,832	0,945	0,906	0,900	0,833	0,951	0,860	0,888	0,816	0,922	0,816	0,926	0,811	0,759	0,706	0,901	0,782	0,953	0,733	0,903	0,544
C11	0,905	0,905	0,851	0,851	0,790	0,735	0,831	0,831	0,904	0,904	0,901	0,833	0,951	0,858	0,798	0,798	0,922	0,808	0,926	0,821	0,759	0,716	0,901	0,781	0,954	0,703	0,904	0,535
C12	0,947	1,004	0,890	0,911	0,789	0,787	0,880	0,873	0,945	0,919	0,900	0,853	0,951	0,861	0,888	0,813	0,922	0,916	0,926	0,888	0,759	0,760	0,902	0,785	0,953	0,786	0,903	0,689
C13	0,938	1,023	0,890	0,917	0,816	0,840	0,880	0,914	0,946	0,971	0,989	0,952	0,927	0,915	0,925	0,842	0,879	0,902	0,926	0,932	0,748	0,802	0,840	0,809	1,053	0,807	0,971	0,771
C14	0,905	0,905	0,851	0,851	1,103	1,053	1,104	1,476	0,904	0,904	0,833	0,833	1,072	1,665	0,998	1,751	1,105	1,113	0,807	0,807	0,966	5,663	1,102	2,062	1,089	0,703	0,983	2,648
C15	1,084	0,972	0,966	0,893	0,966	0,826	0,992	0,943	1,053	0,985	1,086	0,927	1,020	0,941	0,932	0,813	1,070	0,959	1,185	1,102	0,947	0,737	1,076	0,882	1,133	0,842	1,101	1,021
C16	1,153	1,012	1,009	0,945	0,944	0,939	1,013	1,088	1,058	1,035	1,090	1,312	1,029	1,043	0,938	1,130	1,080	0,955	1,101	1,049	0,893	0,969	0,947	1,023	1,040	1,212	1,209	1,257
C17	1,031	0,945	0,963	0,886	0,973	1,433	1,083	1,322	1,147	1,132	1,110	1,000	1,057	0,943	0,975	1,115	1,140	0,902	1,034	0,987	0,907	0,862	0,982	0,903	1,081	0,963	1,075	0,854
C18	1,084	1,014	0,944	0,880	0,883	0,791	0,935	0,880	1,029	0,965	1,095	1,003	0,956	0,883	0,901	0,836	1,109	0,962	1,049	0,942	0,838	0,766	1,001	0,898	1,103	1,016	1,059	0,908
C19	0,947	0,905	0,880	0,986	1,025	0,979	1,286	0,835	0,955	0,905	0,912	0,833	1,171	0,860	1,197	0,801	1,078	2,419	0,957	1,891	1,120	0,704	1,341	1,809	0,913	2,173	1,383	2,511
C20	1,050	0,920	0,963	0,854	0,823	0,735	1,059	0,838	1,147	0,940	1,240	0,870	1,212	0,898	0,922	0,806	0,918	0,810	1,028	0,826	0,915	0,721	0,919	0,782	1,133	0,804	1,034	0,654
C21	1,087	1,243	0,976	1,035	0,958	1,295	0,966	0,990	1,034	1,313	1,089	1,604	1,111	1,995	0,983	1,547	1,170	1,972	1,057	1,680	0,849	1,143	1,075	1,606	1,146	2,938	1,249	3,896
C22	1,130	0,924	1,002	0,863	1,041	0,788	1,032	0,852	1,099	0,975	1,165	0,852	1,068	0,903	0,998	0,891	1,125	0,815	1,197	0,879	0,970	0,775	1,178	0,812	1,185	0,741	1,168	0,589
C23	1,080	1,040	0,978	0,993	0,982	0,906	1,014	0,970	1,088	1,020	1,095	0,983	1,063	0,939	0,997	0,948	1,072	0,925	1,130	0,945	0,915	0,849	1,091	0,864	1,081	0,852	1,092	0,712
C24	1,059	0,922	1,008	0,860	0,986	0,926	0,989	0,836	1,082	0,907	1,097	1,041	1,021	0,869	0,882	0,803	1,134	0,897	1,226	1,109	0,946	0,980	1,070	0,980	1,102	0,941	1,224	1,049
C25	1,053	0,913	1,008	0,966	0,993	0,847	0,993	0,854	1,085	1,012	1,097	0,994	1,025	0,884	0,881	0,817	1,069	0,847	1,144	0,890	0,871	0,730	1,035	0,856	1,090	0,831	1,229	0,724
C26	0,983	1,158	1,003	1,049	0,990	1,135	0,905	1,013	1,015	1,041	1,146	1,163	0,942	0,973	0,909	1,009	1,060	1,070	1,203	1,279	0,910	1,063	1,107	1,132	1,211	1,570	1,252	1,774
C27	1,051	1,234	0,933	3,874	0,968	5,130	1,017	2,443	1,046	1,429	1,094	1,191	0,945	0,949	0,928	3,643	1,021	0,952	1,082	1,050	0,867	1,368	0,971	0,916	1,149	1,168	1,126	1,359
C28	0,911	1,135	0,864	1,047	1,429	0,892	1,148	1,125	1,024	1,058	0,888	1,079	0,873	1,278	0,815	1,003	0,822	1,085	0,839	1,024	0,728	1,039	0,864	1,069	0,790	0,925	0,592	0,810
C29	1,007	0,907	1,037	0,853	2,471	0,735	1,599	0,834	1,152	0,906	0,972	0,835	0,893	0,861	2,065	0,800	1,354	0,805	1,224	0,809	0,803	0,706	1,318	0,783	1,226	0,703	1,443	0,520
C30	0,905	0,905	0,851	0,851	0,734	0,734	0,831	0,831	0,904	0,904	0,833	0,833	0,858	0,858	0,798	0,798	0,801	0,801	0,807	0,807	0,704	0,704	0,780	0,780	0,701	0,701	0,889	0,520
C31	1,021	0,910	0,877	0,855	0,902	0,737	0,928	0,837	0,946	0,907	0,996	0,839	0,882	0,867	1,546	0,802	1,418	0,807	1,165	0,811	0,818	0,712	1,233	0,786	0,701	0,701	1,060	0,525
C32	1,242	0,918	3,579	0,860	0,900	0,744	1,194	0,844	1,005	0,911	1,090	0,849	1,330	0,875	1,610	0,807	1,014	0,819	1,016	0,818	6,958	0,719	1,377	0,798	1,008	0,715	1,236	0,547
C33	0,940	0,912	0,881	0,857	2,136	0,737	1,035	0,839	0,984	0,911	1,075	0,842	0,923	0,871	0,958	0,804	0,880	0,806	0,969	0,812	1,174	0,712	1,090	0,787	0,897	0,709	1,027	0,526
C34	0,918	0,921	1,438	0,863	2,377	0,744	1,642	0,847	1,109	0,915	0,961	0,848	0,943	0,876	1,828	0,809	0,838	0,825	0,856	0,823	0,744	0,726	0,830	0,801	0,802	0,720	0,632	0,547
C35	1,116	1,156	1,024	1,094	1,002	1,008	1,202	1,144	1,043	1,123	1,133	1,106	1,216	1,142	1,000	1,053	1,094	1,100	1,045	1,070	1,101	1,065	1,105	1,134	0,985	1,066	0,869	1,022
C36	0,974	0,988	0,903	0,917	0,921	0,803	0,975	0,896	0,963	0,977	0,995	0,922	1,353	0,943	1,269	0,863	0,960	0,902	0,980	0,891	1,231	0,776	1,302	0,861	1,031	0,794	1,183	0,658
C37	0,991	0,935	0,880	0,884	0,786	0,769	0,967	0,864	0,928	0,932	1,042	0,867	1,074	0,887	0,887	0,826	0,962	0,837	0,943	0,840	0,938	0,742	1,070	0,822	0,932	0,745	0,828	0,581
C38	1,037	0

Figura 11 — Campo de influência das atividades das regiões Norte e Nordeste

Figura 12 — Campo de influência das atividades das regiões Centro-Oeste e Sul

Figura 13 — Campo de influência das atividades da região Sudeste e do Brasil

Figura 14 — Campo de influência regional do Brasil

4.2. Diferencial de produtividade agrícola no Brasil entre 1996 e 2006

O objetivo desta parte do trabalho é realizar uma análise mais detalhada acerca da mudança no padrão espacial da produtividade agrícola entre 1996 e 2006, anos dos dois últimos Censos Agropecuários oficiais do IBGE. Inicialmente, são analisados os dados relativos a cada cultura regional e, em seguida, é empregado o método de convergência para fornecer maiores informações sobre a mudança no padrão espacial da produtividade em termos estatísticos. Estas análises servirão como base para a estruturação dos choques, na simulação com o modelo BLUE, dos efeitos econômicos das mudanças observadas entre 1996 e 2006 na produtividade agrícola das lavouras.

4.2.1. Introdução

A importância dos produtos agrícolas para o Brasil vai além da questão de segurança alimentar e da autossuficiência na produção de alimentos. O Brasil é um país que apresenta dimensões continentais e características de clima e relevo que geram uma vocação natural para a produção agrícola. No caso brasileiro, a atividade agrícola foi responsável por cerca de 5% do PIB nacional em 2006 e empregou 19,3% da mão de obra do País neste ano, sendo um setor com grande participação no nível de atividade econômica. Além disso, no contexto global, o País é um grande produtor, exercendo influência considerável nos mercados internacionais de diversas *commodities* agrícolas. Nas últimas duas décadas, as exportações de produtos agrícolas foram essenciais para a manutenção do equilíbrio das contas externas brasileiras. Dessa maneira, as características relacionadas ao setor agrícola brasileiro são de grande relevância para entender, por exemplo, questões relacionadas à produtividade agrícola.

Neste sentido, buscou-se nesta etapa realizar duas análises: i) verificar o diferencial na produtividade regional segundo as diferentes atividades agrícolas de lavoura consideradas no modelo; e ii) investigar se houve ou não convergência da produtividade agrícola das culturas considerando dados estaduais neste período de referência. A primeira análise fornecerá os insumos necessários para mensurar os efeitos econômicos do diferencial de produtividade regional. A segunda análise será realizada para ampliar o entendimento sobre o padrão de dispersão da produtividade agrícola no espaço brasileiro. Isso poderá, ao mesmo tempo, auxiliar na interpretação dos resultados da análise de impactos do aumento da produtividade

agrícola da terra entre 1996 e 2006. O conceito de produtividade utilizado baseia-se na razão entre produção total em toneladas e área colhida em hectares de cada região.

A análise exploratória dos dados espaciais foi realizada buscando detectar relações espaciais com relação à produtividade agrícola dos estados do Brasil, ou seja, verificar se a proximidade espacial entre os estados é um fator que exerce influência na determinação dessa medida. Foi utilizada também a metodologia de convergência para analisar se houve ou não mudanças no padrão de dispersão espacial da produtividade agrícola das culturas do Brasil entre 1996 e 2006.

A metodologia de convergência é bastante disseminada na literatura, com aplicações bastante variadas. Uma das aplicações mais usuais é para análise da convergência de renda, como em Rey e Montouri (1999) para os Estados Unidos; Fischer e Sirböck (2006), Fischer e Stumpner (2008), Olejnik (2008), Tselios (2009) e Mur *et al* (2010) para a União Europeia; Yıldırım e Öcal (2006) para a Turquia; Kosfeld *et al* (2006) para a Alemanha; e Silveira Neto e Azzoni (2011) para o Brasil. Outras aplicações da análise de convergência, como para diferenciais de salários (MAZA; VILLAVERDE, 2009; FINGLETON; BADDELEY, 2011) e produtividade do trabalho e setorial (DALL'ERBA, 2005; ØSTBYE; WESTERLUND, 2011), podem ser observadas.

No entanto, os trabalhos de convergência com foco na produtividade agrícola não são disseminados como as aplicações citadas acima. Algumas aplicações para outros países foram observadas. Li *et al* (2008) realizaram uma análise de convergência da produtividade agrícola entre 29 províncias da China entre 1980 e 2005. O principal resultado deste trabalho indica a existência de convergência da produtividade agrícola entre as províncias no período, fato importante em termos estratégicos para este país, que conta com disponibilidade reduzida de terra para cultivo. Ezcurra *et al* (2008) fazem uma análise regional da disparidade da produtividade agrícola entre 194 regiões da Europa entre 1980 e 2001. A análise exploratória de dados espaciais indicou a presença de autocorrelação espacial positiva na produtividade agrícola entre as regiões consideradas e que esta autocorrelação continuou a existir ao longo tempo. Este resultado foi utilizado como argumento pelos autores para a inexistência de convergência da produtividade agrícola entre as regiões. Regiões com maiores níveis de produtividade foram observadas na França, Alemanha e Finlândia, enquanto que as regiões com menores valores encontravam-se em Portugal, Espanha, Itália e Polônia. Sassi (2010)

estudou a produtividade agrícola entre 166 regiões da Europa entre 1996 e 2005. Os resultados, em geral, apontaram para a existência de convergência da produtividade agrícola entre as regiões no período analisado; no entanto, regressões individuais por grupo de regiões mostraram resultados divergentes. A autora destacou que isso pode ter ocorrido em razão da existência de heterogeneidade regional na Europa, associada à capacidade individual de cada país de acumular capital público e de realizar investimentos em treinamento e capital humano.

Para o caso brasileiro, dois trabalhos principais analisaram a questão do padrão espacial da produtividade agrícola. Perobelli *et al* (2007) e Almeida *et al* (2008) realizaram, respectivamente, uma análise exploratória dos dados espaciais e uma análise de convergência espacial para a produtividade agrícola média das microrregiões do Brasil entre os anos de 1991 e 2003. Outro trabalho observado (OZAKI, 2008) faz uma análise da produtividade agrícola do milho e da soja no Paraná para verificar se a existência de dependência espacial nos dados afeta ou não o mercado de seguros agrícola. Este autor conclui que, uma vez verificada a presença de dependência espacial, uma estratégia das seguradoras para reduzir o risco de inadimplência seria diversificar espacialmente a concessão de seguros.

4.2.2. Dados

Os dados utilizados nesta etapa referem-se às informações de área colhida e produção agrícola encontrados nos censos agrícolas de 1996 e 2006 para as 558 microrregiões brasileiras. As informações foram geradas através do sistema SIDRA, vinculado ao IBGE.⁴⁷ Posteriormente, estas informações foram agregadas para cada cultura para o nível estadual. A realização da análise ao nível estadual deve-se a um então melhor ajustamento dos resultados alcançados nesta parte do trabalho com o restante da Tese, especificamente com relação ao exercício de simulação com o modelo BLUE da variação na produtividade agrícola regional das culturas entre 1996 e 2006. Além disso, como este exercício de simulação considera as variações na produtividade agrícola de cada cultura no período em questão, a elaboração de análises de convergência específicas para cada cultura é mais apropriada do que a consideração de um indicador de produtividade agrícola média.

⁴⁷ <http://www.sidra.ibge.gov.br/>.

Devido à falta de informações sobre a área plantada, a produtividade agrícola utilizada neste trabalho refere-se a um “indicador de produtividade agrícola suja”, uma vez que utiliza a área colhida ao invés da área plantada. A produção agrícola é medida em toneladas; assim, os produtos que apresentavam outra unidade de medida de quantidade no banco de dados (*e.g.*, mil cachos) tiveram essa unidade convertida para toneladas pela tabela de conversão apresentada no Apêndice 4. Vale também destacar que algumas culturas foram excluídas da análise devido à falta de informações sobre a conversão de suas unidades de medida para toneladas. Estas culturas estão listadas no Apêndice 5.

Em seguida, são comentados com maiores detalhes os dados de produtividade com foco regional ao nível de estado. Além disso, atenção também é dada para as atividades agrícolas consideradas na modelagem EGC deste trabalho. Após esta análise, a metodologia empregada na análise exploratória de dados espaciais é apresentada. Esta análise retrata o indicador de autocorrelação espacial global. Também são apresentadas brevemente as metodologias da análise de convergência e dos modelos espaciais.

4.2.3. Produtividade agrícola regional

As Tabelas 24 e 25 apresentam os valores das produtividades das atividades agrícolas de lavouras por Unidade da Federação em 1996 e 2006, respectivamente. De acordo com a Tabela 24, a cana-de-açúcar possui valor mais acentuado de produtividade do que as outras culturas em todos os estados, exceto em Roraima. A mandioca e as frutas cítricas também apresentaram valor acentuado de produtividade.

Ainda com relação à Tabela 24, vale destacar o desempenho do Estado de São Paulo, que possui a produtividade de todas as culturas acima da média nacional, exceto de fumo em folha. Além disso, em 1996 tal estado teve a produtividade mais elevada dentre os 27 estados na produção de frutas cítricas e segundo no *ranking* de produtividade de cana-de-açúcar e outros produtos da lavoura. Outro destaque foi o Estado do Paraná, que apresentou as maiores produtividades na produção de cana-de-açúcar e soja e o segundo maior valor na produção de mandioca. A Tabela 25 mostra a produtividade das culturas por estado para o ano de 2006. Neste ano, novamente o Estado de São Paulo desempenhou papel de destaque, não apresentando maior produtividade do que a média nacional apenas nas culturas de arroz em

casca e fumo em folha. Cana-de-açúcar e outros produtos da lavoura tiveram os maiores valores de produtividade neste estado.

Tabela 24 — Produtividade agrícola das atividades de lavoura nos estados em 1996

Código	UF	Arroz em Casca	Milho em Grão	Trigo em Grão	Cana-de-açúcar	Soja em Grão	Mandioca	Fumo em Folha	Algodão Herbáceo	Frutas Cítricas	Café em Grão	Outros produtos da lavoura
11	RO	1,104	1,273	0,000	42,149	2,021	9,969	3,386	0,932	6,973	0,817	1,173
12	AC	1,150	1,218	0,000	14,776	1,167	8,986	0,989	1,039	7,393	1,143	4,943
13	AM	1,411	1,288	0,000	12,594	0,553	9,298	0,567	0,929	3,907	0,611	5,247
14	RR	2,068	1,291	0,000	3,879	1,167	6,110	0,000	1,410	2,106	0,903	6,149
15	PA	1,086	0,859	0,633	28,639	1,161	8,818	0,633	0,967	6,007	0,762	3,353
16	AP	0,786	0,741	0,000	22,959	0,000	9,084	0,000	0,000	7,303	0,598	9,188
17	TO	1,874	1,236	0,000	43,579	2,405	5,825	0,808	0,644	10,835	0,794	4,650
21	MA	1,374	0,647	0,000	49,006	2,132	5,326	0,842	1,707	6,920	0,755	2,620
22	PI	1,263	0,655	0,000	62,901	2,350	5,803	1,104	0,384	6,691	0,280	0,880
23	CE	2,145	0,790	0,000	49,380	2,016	6,415	1,245	0,686	6,025	0,424	2,060
24	RN	0,966	0,418	0,000	43,898	0,421	5,261	0,760	0,380	13,354	0,359	3,112
25	PB	1,289	0,560	0,000	40,294	0,444	4,054	0,712	0,596	13,936	0,509	2,569
26	PE	3,148	0,611	0,000	43,057	1,982	5,452	1,084	0,427	7,538	0,665	4,091
27	AL	1,215	1,036	0,000	55,914	1,803	8,046	1,195	1,140	12,469	0,936	4,142
28	SE	2,318	0,869	0,000	46,317	1,260	7,663	2,096	0,580	8,991	0,785	3,539
29	BA	1,165	1,096	1,250	24,369	2,031	4,114	0,634	0,432	6,161	0,855	1,477
31	MG	1,129	2,542	3,180	43,691	1,953	4,613	0,744	1,193	9,790	1,907	8,890
32	ES	1,368	1,375	2,703	46,112	0,556	7,901	0,230	1,702	8,593	1,523	9,373
33	RJ	1,635	1,417	2,000	41,771	1,794	6,530	0,000	1,647	7,194	0,777	11,434
35	SP	1,741	3,205	1,936	72,379	2,144	10,704	0,848	1,653	14,650	1,588	10,324
41	PR	1,806	3,391	1,859	77,660	2,789	14,003	1,394	1,650	7,277	1,053	3,953
42	SC	4,464	3,053	1,495	20,985	2,438	10,664	1,609	0,000	8,324	3,470	4,766
43	RS	5,126	2,365	1,501	21,087	1,893	8,863	1,611	1,008	9,463	0,956	4,298
50	MS	2,709	3,187	1,096	65,865	2,408	17,021	0,000	1,572	8,021	0,690	5,923
51	MT	1,723	2,567	0,000	65,551	2,551	3,781	0,952	1,364	4,731	0,570	2,405
52	GO	1,321	3,869	2,526	72,211	2,270	8,272	0,697	2,113	8,781	1,370	8,599
53	DF	1,077	4,430	4,760	21,654	2,046	4,412	0,000	0,000	6,191	2,010	8,718
Brasil (média)		1,795	1,703	0,924	41,951	1,695	7,666	0,894	0,969	8,134	1,004	5,107

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Censo Agropecuário de 1996.

Tabela 25 — Produtividade agrícola das atividades de lavoura nos estados em 2006

Código	UF	Arroz em Casca	Milho em Grão	Trigo em Grão	Cana-de-açúcar	Soja em Grão	Mandioca	Fumo em Folha	Algodão Herbáceo	Frutas Cítricas	Café em Grão	Outros produtos da lavoura
11	RO	1,961	2,354	0,000	28,018	2,956	6,843	0,000	0,000	7,470	0,636	0,677
12	AC	2,584	2,815	0,000	3,425	0,000	8,851	0,855	0,000	5,627	1,372	2,139
13	AM	2,081	1,266	0,000	6,088	0,000	2,185	1,326	0,000	9,437	0,902	1,808
14	RR	4,545	2,281	0,000	10,657	2,742	1,200	0,000	0,000	11,788	4,167	4,548
15	PA	1,301	2,395	0,000	62,181	2,412	3,777	0,421	0,333	16,177	1,227	2,232
16	AP	2,155	1,392	0,000	35,000	1,803	6,304	0,000	0,000	11,381	0,000	3,050
17	TO	3,000	3,170	0,000	51,482	2,362	5,064	0,000	2,850	19,123	0,600	2,014
21	MA	2,085	2,553	0,000	60,852	2,542	4,456	0,000	3,058	22,558	0,333	1,511
22	PI	2,322	1,491	0,000	57,339	2,445	6,559	0,667	2,543	6,803	0,500	0,697
23	CE	3,524	1,685	2,467	40,068	4,412	6,731	1,149	1,298	14,418	0,619	1,593
24	RN	2,099	1,464	1,018	47,477	0,667	5,865	0,889	0,962	16,666	0,091	2,095
25	PB	2,313	0,609	2,364	40,360	0,000	4,130	0,768	1,088	30,603	0,429	2,220
26	PE	4,641	1,355	0,000	52,795	0,687	4,080	0,788	0,605	10,875	0,654	3,451
27	AL	6,204	1,499	0,000	54,548	1,118	10,861	1,190	0,337	23,873	3,071	2,127
28	SE	4,116	1,989	0,000	41,661	0,000	8,357	1,850	0,500	15,027	0,000	2,338
29	BA	1,445	2,386	0,000	47,254	2,720	3,880	0,983	3,444	13,685	1,360	2,101
31	MG	2,949	4,681	3,995	64,836	2,635	8,780	0,686	2,795	15,887	1,545	11,074
32	ES	1,926	1,757	0,000	54,917	0,000	12,853	0,000	0,000	15,570	1,129	5,640
33	RJ	4,275	3,884	0,000	39,832	0,000	7,307	0,000	0,000	16,772	0,991	9,718
35	SP	2,826	5,112	2,424	77,588	2,462	12,054	0,352	2,395	20,525	1,650	13,480
41	PR	3,937	4,534	1,720	67,785	2,667	12,289	2,306	1,702	16,646	1,841	7,329
42	SC	6,369	4,637	2,531	22,314	2,700	16,621	1,982	0,000	19,817	2,385	11,218
43	RS	6,217	4,113	1,629	24,349	2,202	6,642	1,917	0,000	9,611	4,000	5,059
50	MS	4,546	3,507	1,658	68,501	2,571	12,992	0,000	3,136	7,461	1,138	3,400
51	MT	2,274	3,668	0,000	65,057	2,846	8,116	0,000	2,920	6,460	0,861	3,671
52	GO	2,259	4,732	3,410	72,460	2,771	5,490	1,325	2,726	11,300	2,285	6,484
53	DF	4,604	6,095	5,352	22,677	2,659	7,707	0,000	2,896	17,937	1,212	3,825
Brasil (média)		3,280	2,868	1,058	45,167	1,866	7,407	0,721	1,318	14,574	1,296	4,278

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Censo Agropecuário de 2006.

Tabela 26 — Variação da produtividade agrícola das atividades de lavoura nos estados entre 1996 e 2006 (em variação %)

Código	UF	Arroz em Casca	Milho em Grão	Trigo em Grão	Cana-de-açúcar	Soja em Grão	Mandioca	Fumo em Folha	Algodão Herbáceo	Frutas Cítricas	Café em Grão	Outros produtos da lavoura
11	RO	77,70	84,89	0,00	-33,53	46,22	-31,35	0,00	0,00	7,14	-22,14	-42,30
12	AC	124,71	131,08	0,00	-76,82	0,00	-1,50	-13,59	0,00	-23,89	20,03	-56,72
13	AM	47,52	-1,69	0,00	-51,66	0,00	-76,50	133,88	0,00	141,55	47,56	-65,54
14	RR	119,73	76,62	0,00	174,71	135,04	-80,36	0,00	0,00	459,61	361,46	-26,04
15	PA	19,81	178,96	0,00	117,12	107,70	-57,17	-33,52	-65,52	169,28	61,05	-33,43
16	AP	173,97	87,97	0,00	52,45	0,00	-30,60	0,00	0,00	55,84	0,00	-66,80
17	TO	60,13	156,48	0,00	18,13	-1,76	-13,06	0,00	342,17	76,50	-24,44	-56,69
21	MA	51,75	294,26	0,00	24,17	19,24	-16,33	0,00	79,16	225,98	-55,86	-42,33
22	PI	83,80	127,68	0,00	-8,84	4,05	13,03	-39,64	562,44	1,68	78,55	-20,73
23	CE	64,31	113,24	0,00	-18,86	118,89	4,93	-7,70	89,06	139,30	46,02	-22,70
24	RN	117,20	250,07	0,00	8,15	58,38	11,48	16,99	153,26	24,80	-74,65	-32,67
25	PB	79,38	8,90	0,00	0,16	0,00	1,90	7,91	82,52	119,59	-15,80	-13,62
26	PE	47,45	121,65	0,00	22,62	-65,35	-25,16	-27,27	41,74	44,28	-1,74	-15,64
27	AL	410,52	44,63	0,00	-2,44	-38,00	34,99	-0,39	-70,48	91,46	228,01	-48,66
28	SE	77,60	128,84	0,00	-10,05	0,00	9,05	-11,73	-13,82	67,14	0,00	-33,96
29	BA	24,05	117,82	0,00	93,91	33,90	-5,67	54,96	697,80	122,11	59,11	42,21
31	MG	161,24	84,10	25,63	48,40	34,95	90,34	-7,82	134,24	62,27	-18,97	24,56
32	ES	40,79	27,79	0,00	19,10	0,00	62,66	0,00	0,00	81,19	-25,84	-39,82
33	RJ	161,43	174,06	0,00	-4,64	0,00	11,90	0,00	0,00	133,16	27,59	-15,01
35	SP	62,34	59,47	25,21	7,20	14,80	12,61	-58,49	44,89	40,10	3,90	30,56
41	PR	118,04	33,69	-7,51	-12,71	-4,40	-12,24	65,46	3,16	128,75	74,78	85,42
42	SC	42,68	51,86	69,34	6,33	10,75	55,86	23,22	0,00	138,06	-31,27	135,39
43	RS	21,28	73,88	8,48	15,47	16,32	-25,06	19,00	0,00	1,56	318,45	17,71
50	MS	67,82	10,04	51,25	4,00	6,76	-23,67	0,00	99,47	-6,98	64,90	-42,60
51	MT	31,99	42,89	0,00	-0,75	11,59	114,67	0,00	114,08	36,53	51,13	52,65
52	GO	70,99	22,31	34,98	0,34	22,05	-33,64	90,22	29,00	28,70	66,79	-24,59
53	DF	327,55	37,59	12,45	4,72	29,95	74,66	0,00	0,00	189,73	-39,70	-56,13

Fonte: Elaboração própria a partir de dados dos Censos Agropecuários de 1996 e 2006.

Figura 15 — Participação (em %) regional no produto das lavouras em 1996

Figura 16 — Participação (em %) regional no produto das lavouras em 2006

A Tabela 26 apresenta a variação percentual da produtividade das culturas entre 1996 e 2006 nos estados. Esta tabela mostra um panorama geral acerca das principais variações que podem ter influenciado no padrão espacial da produtividade agrícola. Com relação a arroz em casca, todos os estados apresentaram aumento de produtividade. O mesmo ocorreu com milho em grão, exceto no Estado do Amazonas. A produtividade da cana-de-açúcar cresceu na maioria dos estados com destaque para Roraima e Pará. Em São Paulo, a produtividade desta lavoura cresceu cerca de 7%, o que é significativo, uma vez que este estado produziu cerca de 60% de toda a cana-de-açúcar do Brasil em 2006. A produtividade da soja cresceu cerca de 11% no Mato Grosso, o que também é relevante, uma vez que tal estado é o principal produtor de soja do País. A mandioca apresentou queda de produtividade nos estados da região Norte e também no Paraná, principal estado produtor. Vale-se destacar também que frutas cítricas teve aumento de produtividade em quase todos os estados, com exceção do Acre e do Mato Grosso do Sul. Em geral, percebe-se que para algumas culturas, como a de café e a de mandioca, o principal estado produtor apresentou queda de produtividade. As Figuras 15 e 16 auxiliam na observação dos estados que possuíam maior participação na produção das lavouras nos dois períodos analisados.

Os valores reportados na Tabela 26 serão objeto de estudo futuro, aplicados para verificar os efeitos das variações na produtividade agrícola regional das lavouras entre 1996 e 2006. Foram desconsiderados, assim como apresentado nesta tabela, os valores da mudança na produtividade nos estados em que a produção da lavoura era inicialmente nula, isto é, quando o estado não produzia certa lavoura em 1996 e passou a produzi-la em 2006. Isso foi desconsiderado por não informar o diferencial de produtividade entre estes dois anos.

4.2.4. Metodologia

4.2.4.1. Análise exploratória de dados espaciais

Esta técnica tem como objetivo tratar de efeitos espaciais de heterogeneidade e dependência entre as observações. Heterogeneidade espacial significa que os dados não ocorrem similarmente no espaço, já a dependência espacial é a coincidência de similaridade dos dados acoplada com similaridade de localização. Este procedimento exploratório fornece indicativo a respeito de regimes espaciais e de padrões de associação espacial ou *clusters* espaciais (ANSELIN, 1996).

A medida utilizada neste trabalho para verificar a presença de dependência espacial é a estatística I de Moran. Seguindo Cliff e Ord (1981), em termos formais a estatística I de Moran (I_t) pode ser expressa como:

$$I_t = \left(\frac{n}{s_0} \right) \left(\frac{Z_t' W Z_t}{Z_t' Z_t} \right), t = 1, \dots, n \quad (4.6)$$

em que Z_t é o vetor de n observações para o ano t na forma de desvio em relação à média. W é a matriz de pesos espaciais: os elementos W_{ii} na diagonal são iguais à zero, enquanto que os elementos W_{ij} indicam a forma como a região i está espacialmente conectada com a região j . O termo S_0 é um escalar igual à soma de todos os elementos de W .

O I de Moran fornece a indicação formal do grau de associação linear entre os vetores de valores observados no tempo t (Z_t) e a média ponderada dos valores da vizinhança, ou as defasagens espaciais (WZ_t). Valores de I_t maiores do que o seu valor esperado indicam presença de autocorrelação espacial positiva. O contrário indica presença de autocorrelação espacial negativa (ANSELIN, 1992).

O valor do I de Moran computado segue o procedimento comum em que a variável analisada é assumida seguir uma distribuição normal não correlacionada dos dados. Os procedimentos alternativos, permutação e randomização, assumem características de probabilidade e aleatoriedade de ocorrência das observações nas localidades. A hipótese de distribuição normal da variável transmite também as propriedades assintóticas inerentes a esta distribuição como padronização (média zero e variância igual a 1) e tamanho da amostra (*i.e.*, assume-se que a amostra pode tornar-se infinitamente grande) (ANSELIN, 1992).

4.2.4.2. Análise de convergência⁴⁸

A análise de convergência é realizada com o objetivo de averiguar o comportamento do padrão espacial da produtividade agrícola das culturas. A análise de convergência fornece o rigor econométrico necessário para concluir se há evidência de redução das disparidades

⁴⁸ Para maiores detalhes teóricos sobre convergência, v. Barro e Sala-i-Martin (1995). Rey e Janikas (2005), por sua vez, incorporam o componente espacial à análise de convergência.

regionais ou de aumento da dispersão espacial do padrão de produtividade agrícola das lavouras.

Uma interpretação possível para isso é a de que mudanças significativas do padrão da produtividade agrícola entre os estados no período entre 1996 e 2006 representam um resultado em que há convergência. Vale destacar que a análise de convergência aqui realizada procura identificar mudanças do padrão de dispersão da produtividade sem, contudo, buscar explicar os fatores que conduzem à dispersão da produtividade agrícola.

O objetivo é estimar a seguinte equação:

$$\ln\left(\frac{Produtividade_i^{2006}}{Produtividade_i^{1996}}\right) = \alpha + \beta \ln(Produtividade_i^{1996}) + \varepsilon \quad (4.8)$$

em que o termo $\ln\left(\frac{Produtividade_i^{2006}}{Produtividade_i^{1996}}\right)$ representa o logaritmo natural da razão entre a produtividade agrícola de 2006 e a de 1996 da cultura i ; o termo $\ln(Produtividade_i^{1996})$, o logaritmo da produtividade agrícola de 1996 da cultura i ; α , a constante; β , o coeficiente que indica a presença ou não de convergência; e ε , o termo de erro.

A análise de convergência empregada é do tipo absoluta, tal qual realizada por Baumol (1986), que analisou a convergência de renda entre um conjunto de países, e por Almeida *et al* (2008). Assim, se o coeficiente β da equação (4.8) apresentar valor negativo, isto indica presença de convergência absoluta da produtividade agrícola, enquanto que um valor positivo indica o contrário.

A estimação por mínimos quadrados ordinários (MQO) da equação (4.8) pode apresentar alguns problemas em razão da presença da autocorrelação/dependência espacial. Isso pode fazer com que a estimativa de β seja viesada, inconsistente e/ou ineficiente, dependendo da forma com que a dependência espacial apresenta-se na produtividade agrícola entre os estados do Brasil. De modo a corrigir este problema, serão utilizadas técnicas econométricas espaciais, que são preparadas para lidar com a dependência espacial, reportadas a seguir.

4.2.4.3. Econometria espacial

A econometria espacial pode ser entendida como uma área dentro da econometria destinada ao tratamento da interação (dependência espacial) e da heterogeneidade espacial nos modelos. A autocorrelação espacial é uma maneira comum de testar dependência espacial nos dados. A presença de autocorrelação espacial nos resíduos viola uma hipótese básica dos modelos de regressão lineares, que é a independência das observações. A dependência espacial decorre da existência de correlação entre os dados da variável dependente ou do termo de erro com os dados das localizações vizinhas. Uma forma de visualizar isso é que a influência dos vizinhos sobre as variáveis da unidade espacial de interesse é um componente não modelado; portanto, a dependência espacial pode ocorrer em função da omissão de uma variável. Desse modo, a dependência espacial necessita de um tratamento próprio nos modelos econométricos espaciais (ANSELIN, 1992).

A dependência espacial, segundo Anselin (1995), pode ser incorporada aos modelos de regressão linear de duas maneiras. Primeiro, por meio da construção de novas variáveis, as defasagens espaciais, tanto para a variável dependente quanto para as variáveis explicativas e para os termos de erro do modelo. Essas novas variáveis incorporam a dependência espacial através da média ponderada dos valores dos vizinhos. O modelo que se utiliza deste procedimento é o de defasagem espacial. Segundo, por meio de termos de erro autorregressivos (ou de média móvel) espaciais. Este modelo é o de erro espacial.

Adaptando a notação de Anselin e Bera (1998) à análise de convergência espacial, o modelo de defasagem espacial pode ser definido como:

$$y = \rho Wy + \beta X + \varepsilon \quad (4.9)$$

em que $y = \ln\left(\frac{Produtividade_i^{2006}}{Produtividade_i^{1996}}\right)$; $X = \ln(Produtividade_i^{1996})$; W é a matriz de pesos espaciais; Wy é o termo de defasagem espacial correlacionado com os erros; e ρ é o coeficiente espacial autorregressivo que retrata a influência média dos vizinhos sobre y e fornece a proporção da explicação de y decorrente da dependência espacial. Os outros termos já foram definidos anteriormente.

Este modelo implica que choques em uma localização afetem todas as outras através de um efeito multiplicador global. O termo de defasagem espacial, Wy , tem intuição similar a das séries temporais; a diferença consiste em que no espaço há mais direções (e.g., norte, sul, leste e oeste) e Wy sempre é correlacionado com o termo de erro, independentemente das características de sua distribuição. Como destacaram Anselin (1988) e Anselin e Bera (1998), o termo de defasagem espacial deve ser incorporado ao modelo, caso contrário os estimadores de MQO apresentam resultados viesados e não consistentes quando aplicados ao modelo espacial, independentemente do comportamento dos termos de erro.

O segundo modelo, o de erro espacial⁴⁹, especifica uma forma espacial para o termo de erro na incorporação da autocorrelação espacial. Segundo Anselin e Bera (1998), tal modelo pode ser formalizado da seguinte maneira:

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (4.10)$$

sendo que:

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + \xi \quad (4.11)$$

em que ε é o termo de erro autocorrelacionado; ξ é um termo de erro não correlacionado e homocedástico; e λ é o coeficiente espacial autorregressivo da defasagem do erro $W\varepsilon$.

Em ambos os modelos, a interação espacial é incorporada através da matriz de pesos espaciais, W . A especificação de W e a maneira como é incorporada ao modelo econométrico (na forma de defasagem ou de erro espacial) condicionam a interpretação do modelo. O modelo de defasagem espacial é mais adequado para medir interação espacial, enquanto que o modelo de erro espacial é mais apropriado para corrigir problemas causados pela espacialidade dos dados.

Testes são realizados neste trabalho para verificar a existência de dependência espacial. Caso seja detectada sua presença, na forma de defasagem ou de erro espacial, estimações apropriadas devem ser implementadas. Os testes podem ser listados: i) para normalidade dos

⁴⁹ Do termo em inglês *Spatial Autoregressive Error* (SAR).

erros (Jarque-Bera); ii) de heteroscedasticidade (Breusch-Pagan ou Koenker-Basset); iii) de dependência espacial (I de Moran e Multiplicadores de Lagrange — LM) para erro (LM-ERRO) e para a defasagem espacial (LM-LAG); e iv) de multicolinearidade (*multicollinearity condition number*).

A escolha do modelo final, entre os modelos de erro e defasagem espacial, segue o conjunto de sugestões de Florax *et al* (2003) combinada com os testes LM robustos. Sugestões que podem ser sumarizadas nos seguintes passos, segundo Anselin (2005): 1) estima-se por MQO o modelo de regressão sem termos espaciais; 2) testa-se, por meio dos testes LM-ERRO e LM-LAG, a hipótese de ausência de dependência espacial devido à omissão de termos espaciais (defasagem espacial ou erros autorregressivos espaciais); 3) caso sejam significativos, estima-se o modelo utilizando a especificação mais adequada, segundo o teste que é mais significativo estatisticamente; 4) se LM-ERRO for significativo e LM-LAG não, estima-se o modelo de erro espacial, e vice-versa.

4.2.4.4. Matriz de peso espacial

Tanto para implementar a análise exploratória de dados espaciais quanto para realizar a análise de convergência, é preciso definir uma matriz de pesos espaciais, W , que fornecerá o critério de contiguidade entre as unidades espaciais. A escolha desta matriz é importante, pois os resultados da análise são sensíveis a esta seleção. Qualquer matriz de pesos espaciais precisa atender às condições de regularidade impostas pela necessidade de invocar as propriedades assintóticas dos estimadores e dos testes. Segundo Anselin (1988), isso significa que os pesos devam ser não negativos e finitos e que correspondam a uma determinada métrica.

Este trabalho fará uso da matriz de pesos binária do tipo *queen*. Esta matriz é especificada de acordo com uma descrição poligonal (unidade de área), em que os vizinhos de uma localidade são aquelas unidades que fazem fronteira com esta em um ponto ou de forma contínua.

4.2.5. Resultados

A Tabela 27 apresenta os valores dos índices de Moran da produtividade agrícola de sete culturas agrícolas selecionadas: arroz em casca, milho em grão, cana-de-açúcar, mandioca,

frutas cítricas, café em grão e outros produtos da lavoura. Foram calculados os índices de autocorrelação espacial apenas da produtividade agrícola destas culturas, para 1996 e 2006, uma vez que as outras quatro culturas consideradas (trigo em grão, soja em grão, fumo em folha e algodão herbáceo) foram produzidas apenas em parte dos estados brasileiros em ambos os anos (caso de trigo em grão, fumo em folha e algodão herbáceo) ou eram culturas produzidas por quase todos os estados em 1996 e deixaram, em mais de cinco estados, de ser produzidas em 2006 (caso da soja em grão). Nestas situações, muitos valores nulos da produtividade agrícola poderiam distorcer a análise.

Observam-se, pela Tabela 27, valores positivos e significativos a pelo menos 10% do *I* de Moran para as culturas selecionadas. A única exceção foi a cultura de frutas cítricas no ano de 2006, que apresentou um *I* de Moran positivo, porém não significativo a 10%. Este resultado indica a presença de autocorrelação espacial global positiva com relação à produtividade agrícola das culturas. Os valores dos coeficientes foram mais altos em 2006 do que em 1996 para as culturas de cana-de-açúcar, mandioca e outros produtos da lavouras, indicando, nestes casos, um crescimento no nível de autocorrelação espacial no período.

Tabela 27 — Índice de autocorrelação espacial global das culturas selecionadas

Ano	Culturas	<i>I</i> de Moran	Média	Desvio-padrão	Probabilidade
1996	Arroz em Casca	0,526	-0,037	0,130	0,001
	Milho em Grão	0,702	-0,038	0,143	0,001
	Cana-de-açúcar	0,318	-0,038	0,147	0,012
	Mandioca	0,344	-0,036	0,133	0,004
	Frutas Cítricas	0,178	-0,036	0,143	0,078
	Café em Grão	0,227	-0,039	0,119	0,026
	Outros produtos da lavoura	0,479	-0,039	0,144	0,001
2006	Arroz em Casca	0,378	-0,034	0,141	0,005
	Milho em Grão	0,664	-0,038	0,139	0,001
	Cana-de-açúcar	0,368	-0,037	0,145	0,006
	Mandioca	0,377	-0,036	0,138	0,005
	Frutas Cítricas	0,098	-0,041	0,142	0,165
	Café em Grão	0,172	-0,041	0,136	0,068
	Outros produtos da lavoura	0,571	-0,033	0,142	0,001

Fonte: Elaboração própria com base no programa SpaceStat.

A fim de obter mais informações sobre o movimento verificado com relação às mudanças no padrão espacial da produtividade agrícola das culturas (v. Tabela 26), foi realizada uma análise de convergência. Esta análise tem a vantagem de fornecer indicativos acerca de algum

dos movimentos observados entre 1996 e 2006 ter contribuído ou não para a redução das diferenças regionais em termos de produtividade agrícola. Apesar de a análise anterior ter indicado a presença de autocorrelação espacial global para as culturas selecionadas, tal resultado, no entanto, não implica a existência de dependência espacial nas regressões. A análise de convergência é realizada considerando o mesmo conjunto de culturas da análise da autocorrelação espacial global.

A Tabela 28 mostra os resultados da estimação por MQO da equação (4.8). A primeira parte da tabela apresenta os valores dos coeficientes (α — constante — e β) estimados, seus desvios-padrão, e indica a qual nível são significativos. Os coeficientes β da análise de convergência das culturas de milho em grão e frutas cítricas foram significativos a 1%, enquanto que os coeficientes β da análise de convergência das culturas de arroz em casca, cana-de-açúcar e mandioca foram significativos a 10%. Os valores dos coeficientes β de todas as culturas consideradas apresentaram valor negativo, indicando convergência absoluta da produtividade agrícola no caso específico de cada cultura. A segunda parte da tabela expõe os resultados dos testes de Jarque-Bera e Koenker-Basset e os critérios de informação de Akaike e Schwarz.

A terceira parte da Tabela 28 apresenta os testes para detecção da dependência espacial. Os testes de Multiplicador de Lagrange robustos (LM Robusto) mostram que os modelos de erro espacial e de defasagem espacial são não significativos, exceto nas análises de convergência das culturas de café em grão e outros produtos da lavoura. Com base nestes testes, a modelagem espacial não se faz necessária no caso das culturas de arroz em casca, milho em grão, cana-de-açúcar, mandioca e frutas cítricas.

Para as culturas de café em grão e outros produtos da lavoura, a estimação do próximo modelo deve seguir o procedimento sugerido por Anselin (2005): considerar a significância e/ou o valor dos coeficientes dos testes LM robustos de erro e de defasagem espacial. Dessa forma, a próxima estimação será do modelo de defasagem espacial para a análise da cultura de café em grão e do modelo de erro espacial para a análise da cultura de outros produtos da lavoura. Os testes de Jarque-Bera e Koenker-Basset sugeriram a existência de normalidade dos resíduos e homoscedasticidade dos coeficientes β estimados, respectivamente. Assim, as estimações das análises de convergência espacial destas culturas foram feitas por máxima verossimilhança.

A Tabela 29 apresenta a estimação do modelo de defasagem espacial da análise de convergência da cultura de café em grão e a estimação do modelo de erro espacial da análise de convergência da cultura de outros produtos da lavoura. Embora os termos espaciais ρ , no modelo de defasagem espacial, e λ , no modelo de erro espacial, sejam significativos a 1%, os coeficientes β de ambas as análises de convergência das culturas permaneceram não significativos.

No entanto, as análises de convergência das outras culturas sugeriram a existência de convergência absoluta da produtividade agrícola. Tal resultado indica uma redução das disparidades regionais em termos de produtividade agrícola com relação às culturas de arroz em casca, milho em grão, cana-de-açúcar, mandioca e frutas cítricas, entre 1996 e 2006. A extração de maiores conclusões com base neste resultado, entretanto, é limitada. Uma das análises realizadas no próximo Capítulo tem como objetivo verificar os efeitos econômicos da variação na produtividade agrícola regional das culturas. Com isso, buscou-se identificar, além de outros elementos, as regiões e as atividades econômicas que mais são impactadas com as mudanças no padrão espacial da produtividade agrícola das culturas.

Tabela 28 — Regressão MQO da análise de convergência das culturas selecionadas (1996-2006) e testes de dependência espacial

Variáveis independentes	Arroz em Casca	Milho em Grão	Cana-de-açúcar	Mandioca	Frutas Cítricas	Café em Grão	Outros produtos
Constante (α)	3,243*** (0,396)	3,325*** (0,254)	2,536*** (0,071)	2,650*** (0,137)	3,164*** (0,238)	2,844 0,768	2,447*** (0,121)
β	-0,309* (0,161)	-0,345*** (0,103)	-0,033* (0,018)	-0,088* (0,048)	-0,238*** (0,082)	-0,174 0,320	-0,023 (0,045)
Jarque-Bera	25,805***	0,413	1,702	0,387	0,679	9,353***	8,812***
Koenker-Bassett	1,479	4,415**	13,392***	1,156	5,130	0,272	0,017
AIC	-68,023	-83,039	-92,792	-95,097	-67,018	-50,073	-90,190
SC	-65,431	-80,447	-90,201	-92,505	-64,426	-47,481	-87,599
LM (lag)	0,120	0,839	2,842	0,977	0,062	0,956	4,708
LM Robusto (lag)	0,688	1,309	0,258	1,044	0,229	5,069**	5,113***
LM (erro)	0,021	0,408	3,293	1,737	0,206	0,507	5,448
LM Robusto (erro)	0,589	0,877	0,709	1,804	0,373	4,620**	5,853***

Nota: Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão;

* $p < 0,10$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$.

Fonte: Elaboração própria com base nos programas GeoDa e SpaceStat.

Tabela 29 — Estimações dos modelos espaciais da análise de convergência para as culturas de Café em Grão e Outros produtos da lavoura (1996-2006)

Variáveis independentes	Café em Grão	Outros produtos
Constante (α)	3,471*** (0,920)	2,569*** (0,124)
β	-0,060 (0,837)	-0,070 0,046
ρ	-0,371*** (0,126)	-
λ	-	0,445** (0,189)

Notas: Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão;

* $p < 0,10$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$.

Fonte: Elaboração própria com base nos programas GeoDa e SpaceStat.

5. RESULTADOS DAS APLICAÇÕES DO MODELO

Para a construção dos resultados dos exercícios de simulação foram analisados: i) os efeitos econômicos de mudanças climáticas; e ii) os efeitos da variação na produtividade agrícola entre 1996 e 2006. Tais exercícios tiveram como base análise de estática comparativa. O fechamento utilizado em ambos os exercícios é representado pela estrutura do fechamento de longo prazo descrito anteriormente, isto é, tem-se que o estoque de capital é endógeno para responder aos mecanismos de propagação dos efeitos sistêmicos definidos pelo modelo. O salário real nacional é endógeno e, com relação ao mercado do fator terra, a oferta desta foi mantida exógena e o termo que capta a variação percentual da conversão de áreas de floresta em usos produtivos na agropecuária foi estipulado como endógeno, assim como o retorno nacional proporcionado pelo uso da terra. A oferta de terra foi fixada em conformidade com o fato de que mais terra não pode ser criada ou reduzida regionalmente.⁵⁰ Além disso, o experimento conta com uma estrutura de retornos decrescente de escala, com base no parâmetro de transformação utilizado por Hertel *et al* (2010), igual a 0,5. Isso implica que o emprego de terra adicional fornece um retorno menos que proporcional à produção.⁵¹

5.1. Efeitos sistemáticos nas relações causais do mecanismo de funcionamento do modelo

As Figuras 17 e 18 apresentam os mecanismos principais de propagação dos efeitos isolados provocados pela aplicação de políticas exógenas no sistema devido aos efeitos de mudanças climáticas e mudança na produtividade da terra agrícola, respectivamente. Para fins de exposição, é retratada a cadeia relacionada aos efeitos de mudanças climáticas sobre o uso da terra. As mudanças climáticas são retratadas no modelo de forma que variações na temperatura e na precipitação deslocam a curva de demanda por terra segundo os diferentes usos possíveis. Embora a Figura 17 apresente o mecanismo de forma mais geral em termos das possibilidades de uso da terra, um exemplo pode ser configurado envolvendo propagação dos efeitos das mudanças climáticas supondo um contexto específico para o uso de terra pelo produto *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13).

⁵⁰ Uma exceção a isso se configuraria se as fronteiras regionais se modificassem.

⁵¹ Não foram encontradas na literatura estimativas para este parâmetro. No entanto, o uso de um parâmetro para representar retornos decrescentes de escala parece plausível e tem suporte teórico fundamentado nas ideias seminais de David Ricardo.

Figura 17 — Relações causais do mecanismo de funcionamento do modelo no uso da terra às mudanças climáticas

Fonte: Adaptado a partir de Haddad (2004).

Supondo que as mudanças climáticas favoreçam a atividade da pecuária, o desdobramento deste fato ocorre de forma com que a estrutura de produção, demanda e utilização de insumos

da pecuária governará o diferencial regional no estabelecimento da competição regional. Assim, os efeitos regionais de mudanças climáticas sobre a demanda por terra para uso na atividade da pecuária dependerão da estrutura produtiva específica de cada região.

As atividades agrícolas utilizam um fator de produção a mais que as demais atividades, tendo um processo de produção diferenciado e mais complexo. Assim, as atividades agrícolas tendem a empregar mais terra para a produção com base em um processo de escolha que considera o preço relativo do capital, da terra e do trabalho. Em geral, a mudança na demanda por terra por diferentes usos afeta a demanda por insumos primários, em razão da competição do fator terra com capital e trabalho na produção de bens agrícolas. De forma sistêmica, os efeitos de uma mudança na demanda por terra espalham-se para as outras atividades produtivas da economia, via mercado de fatores primários e dependência na cadeia de insumos intermediários. Neste último caso, atividades que demandam produtos agrícolas mais intensivamente tendem a ser mais afetadas, de forma que atividades que dependem relativamente mais de produtos agrícolas podem sofrer impacto negativo, caso o produto agrícola utilizado seja adversamente afetado, ou positivo, caso o contrário. O impacto médio líquido dos efeitos sobre a cadeia de insumos agrícolas pode ser positivo ou negativo sobre a produção das demais atividades. Isso é refletido nos preços e índices de preços da economia, que alteram as demandas dos usuários da demanda final.

Em termos mais específicos, se a demanda por terra de uma determinada atividade agrícola aumentar, isso quer dizer que naquele período pode ter ocorrido substituição de outro fator primário por terra ou simplesmente ocorreu uso mais intensivo de terra. Com relação à primeira hipótese, o aumento no uso da terra pode liberar capital e trabalho para serem utilizados na produção pelas outras atividades não agrícolas. Este excesso relativo de capital e trabalho na economia pode criar uma redução nos seus respectivos preços. Em ambos os casos, isso implica uma produção menos custosa do bem agrícola em questão, *ceteris paribus*, o que leva a uma maior disponibilidade deste insumo na cadeia produtiva. Isso tende a reduzir os seus custos de obtenção pelas outras atividades, criando também um acesso geral maior na economia em termos de consumo e liberação de recursos para investimento. Neste caso, o uso mais intensivo de terra pode levar a uma redução dos preços dos insumos e dos produtos da economia, tornando o custo do capital e do investimento menor, o que implica custos de produção menores e ganho de competitividade. Isso pode provocar uma redução dos preços da economia, aumentando a renda disponível das famílias e, conseqüentemente, o consumo. O

ganho de competitividade pelas firmas pode refletir-se em um aumento da demanda externa por bens domésticos. Como a demanda interna está aquecida, uma maior competição pelos bens domésticos é criada. O efeito combinado destes fatores pode contribuir para o aumento dos preços destes bens. No entanto, o aumento da demanda por terra provoca uma escassez relativa desta, o que funciona como uma força contrária ou limitante no funcionamento do processo descrito anteriormente.

Por outro lado, a demanda por terra segundo os diferentes usos conduz à conversão física de terra, levando a um uso mais intensivo de terra cujo custo de utilização é menor. O aumento da demanda por terra pode também proporcionar a conversão de áreas de florestas dos estabelecimentos produtivos em áreas de outros usos para a produção agrícola, conversão esta medida pela variação negativa do termo endógeno “desemprego da terra” ou aumento do desmatamento.⁵² À medida que o uso da terra empregado em certa atividade aumenta em razão da redução da área de floresta, a escassez de terra aumenta, tendo efeitos sobre o custo marginal de seu emprego. Assim, a utilização marginal da terra é cada vez mais restrita, devido ao custo marginal crescente. Uma vez que a terra torna-se mais escassa, o preço deste fator é alterado, tendo como implicação mudanças sistêmicas relativas no mercado de insumos intermediários, de forma análoga à apresentada anteriormente.

A descrição com relação aos efeitos possíveis sobre o mercado de insumos primários conforme o funcionamento dos efeitos das mudanças climáticas ocorreu de forma compatível com a estrutura do fechamento utilizado de longo prazo. Tal fechamento postula um ambiente econômico em que a mobilidade de terra, trabalho e capital é livre entre atividades e regiões. A migração ou realocação de fatores primários de produção ocorre em consonância com as taxas de retorno regionais. Portanto, no longo prazo, atividades e regiões mais dinâmicas tendem a atrair mais capital (HADDAD, 2004).

⁵² Em uma situação oposta, em que a variação do termo “desemprego da terra” seja positiva, tem-se que os custos de produção agrícola possam elevar-se ao ponto de reduzir a demanda por terra. Neste caso, entende-se que não há mudança do uso da terra da atividade produtiva para aumento das áreas de reserva, mas sim criação de terra ociosa.

Figura 18 — Relações causais entre o mecanismo de funcionamento do modelo no uso da terra às mudanças na produtividade da terra

Fonte: Adaptado a partir de Haddad (2004).

Com base na Figura 18, podem-se também retratar as relações causais do mecanismo de funcionamento do modelo às mudanças na produtividade da terra agrícola. Vale lembrar que o termo de produtividade da terra agrícola na função de demanda por terra desempenha papel análogo ao termo tecnológico atribuído à função de demanda por terra para captar a relação dos efeitos das mudanças climáticas. Resumidamente, a forma principal pela qual o mecanismo de propagação de mudanças na produtividade da terra funciona dá-se é via impactos sobre a demanda por este fator. Um aumento na produtividade da terra implica que um mesmo nível de produção possa ser alcançado utilizando-se uma menor quantidade deste fator, *ceteris paribus*. Neste caso, alguns efeitos podem ser enumerados: i) a demanda pelos outros fatores de produção (capital, trabalho ou insumos intermediários) tende a aumentar, uma vez que o aumento da produtividade libera recursos que podem ser destinados à compra de mais insumos; ii) os preços relativos dos fatores primários e da economia mudam; iii) a estrutura de custos das firmas muda, deslocando a demanda por insumos em direção aos fatores de produção com preços relativos mais baixos; iv) os bens domésticos tornam-se mais competitivos, com efeitos positivos sobre o nível de exportações; e v) o aumento da demanda por fatores primários eleva a renda das firmas, investidores e famílias, o que estimula o consumo de bens intermediários e finais. O aumento do consumo faz com que novas oportunidades de investimento sejam criadas, o que tem repercussão positiva sobre o nível de produção da economia. Novamente, este estímulo da economia faz com que aumente a demanda por fatores de produção e que seja gerada mais renda.

5.2. Estratégia de integração entre a modelagem EGC do uso da terra e a modelagem do uso da terra às variações climáticas e os efeitos econômicos de mudanças climáticas

Para verificar os efeitos econômicos de mudanças climáticas a partir da modelagem desenvolvida neste trabalho, foi utilizada uma estratégia de integração em que os resultados de um modelo econométrico do uso da terra foram acoplados ao modelo EGC para a geração dos resultados visados. Tal modelo econométrico considerou em sua especificação os efeitos de variação de temperatura e precipitação sobre a alocação de terra de diferentes categorias de uso.

A metodologia do modelo econométrico utilizada neste trabalho, conduzida no âmbito da pesquisa de Barbosa (2011), pode ser observada segundo três aspectos: econômico, de especificação econométrica e de simulação.

O modelo econômico de uso da terra, desenvolvido a partir do trabalho de Féres *et al* (2009), é derivado do problema de maximização de lucro de um agente representativo. Dados os preços dos produtos, os custos dos insumos e as características agroclimáticas de cada região, o agente escolhe de forma ótima a alocação dos diferentes tipos de uso do solo que maximiza seu lucro. Na versão original do trabalho de Barbosa (2011), o agente poderia alocar as áreas de terra entre os usos de soja, milho, cana-de-açúcar, outros produtos da lavoura, pasto e floresta. Como o presente trabalho considera mais possibilidades de uso da terra, uma extensão deste modelo foi utilizada para captar também as possibilidades de uso para cultivo de arroz em casca, trigo em grão e outros cereais, mandioca, fumo em folha, algodão herbáceo, frutas cítricas e café em grão, como desdobramento de “outros produtos da lavoura” da versão original. Dessa forma, pôde-se alcançar um nível de detalhamento das lavouras que engloba todos os usos de terra agrícola considerados no modelo EGC. Além disso, os resultados, necessários para a execução deste trabalho, em que maiores possibilidades de alocação do uso da terra são consideradas, podem ser mais precisos, uma vez que se espera que diferentes culturas não reajam da mesma maneira frente às mudanças no clima.

Ainda com relação ao modelo econômico, o agente maximiza o retorno proveniente da escolha ótima entre as possibilidades de uso dada a restrição de que a soma das áreas alocadas às diferentes atividades não pode ultrapassar a área total do estabelecimento. Obtêm-se com isso as alocações ótimas para cada tipo de uso da terra como função, dentre outras variáveis, da temperatura e da precipitação.

A especificação econométrica do modelo descrito acima partiu de uma função quadrática normalizada para representar a função lucro. Para efeitos do presente trabalho, esta forma funcional apresenta duas características que torna o seu uso apreciado: i) por se tratar de uma forma funcional flexível, sua especificação não impõe restrição *a priori* sobre as elasticidades de substituição dos insumos; e ii) como as alocações ótimas do uso da terra derivadas desta função são lineares nos parâmetros, foi possível estimar as equações por métodos lineares de solução. Em termos práticos tem-se para serem estimadas as seguintes equações de alocações ótimas dos diferentes usos da terra (BARBOSA, 2011):

$$n_i^* = \beta_0^i + \sum_{f=1}^j \beta_{1f}^i p_f + \sum_{k=1}^t \beta_{2k}^i r_k + \beta_3^i N + \sum_{l=1}^s \beta_{4l}^i X_l + \varepsilon, i = 1, \dots, 13 \quad (5.1)$$

sujeitas às restrições:

$$\sum_{i=1}^{13} \beta_3^i = 1 \quad (5.2)$$

$$\sum_{i=1}^{13} \beta_{1f}^i = 0 \quad (5.3)$$

$$\sum_{i=1}^{13} \beta_{2k}^i = 0 \quad (5.4)$$

$$\sum_{i=1}^{13} \beta_{4l}^i = 0 \quad (5.5)$$

$$\sum_{i=1}^{13} \beta_{1f}^i = \sum_{i=1}^{13} \beta_{1f}^f \quad (5.6)$$

em que i representa a atividade exercida; p é o vetor de preços dos produtos das atividades agrícolas; r é o vetor de preços dos insumos; n_i é a área alocada para a atividade i ; X é o vetor de variáveis agroclimáticas; e N é a área total do estabelecimento. As restrições (equações de 5.2 a 5.5) garantem que a soma das alterações nas alocações causadas por um aumento na área total do estabelecimento deve ser igual ao aumento ocorrido e que variações nas áreas ótimas de qualquer uso provocadas, por exemplo, por mudança na temperatura, façam com que a soma das variações nos outros tipos de uso da terra tenha a mesma magnitude, com sinal contrário, que as variações iniciais da área daqueles usos. A última restrição (equação 5.6) indica que a propriedade de simetria da função normalizada é respeitada. Assim, tem-se um sistema em que treze equações, cada uma referente a um tipo de uso da terra, são estimadas.⁵³

Tem-se, por fim, a simulação da alocação de terra entre os usos possíveis a partir de projeções de temperatura e precipitação. No caso do trabalho de Barbosa (2011), o objetivo principal era estimar estas áreas; no entanto, o resultado de interesse deste exercício para o presente trabalho é com relação às estimativas dos parâmetros do uso da terra quanto às mudanças nas variáveis climáticas. Tais parâmetros foram estimados a partir da seguinte equação:

⁵³ Barbosa (2011) discute outras características relevantes que podem emergir da modelagem ao se considerarem fatos relacionados ao contexto do uso da terra. Assim, foi adotado o método *Iterative Seemingly Unrelated Equations* (ISUR) de estimação, uma vez que o objetivo foi capturar relações de longo prazo do comportamento dos agentes. Tal método mostra-se adequado diante da hipótese assumida de que a configuração atual do uso da terra no Brasil representa o equilíbrio ótimo de longo prazo dos agentes quanto à alocação de terra, dados os preços e condições climáticas.

$$\hat{n}_{i,c}^* = \hat{\beta}_0^i + \sum_{f=1}^j \hat{\beta}_{1f}^i p_f + \sum_{k=1}^t \hat{\beta}_{2k}^i r_k + \hat{\beta}_3^i N + \sum_{l=1}^s \hat{\beta}_{4l}^i X_{l,c} \quad (5.7)$$

em que os β 's representam os parâmetros estimados relativos a cada uma das variáveis e $X_{l,c}$, às variáveis agroclimáticas projetadas para o cenário C.

Como será explicado, estes parâmetros foram trabalhados para gerar as elasticidades do uso da terra com relação às variações de temperatura e precipitação. Portanto, esta estratégia de integração dos resultados de um modelo econométrico do uso da terra, para calibrar as elasticidades da sensibilidade da alocação da terra às variações climáticas na modelagem EGC, mostrou-se conveniente. Dois pontos básicos ratificam isso.

Primeiro, que na modelagem EGC foi especificada de forma detalhada a demanda pelo fator terra, com estrutura aninhada bem definida em que esta pode ser adaptada para que mudanças exógenas ao sistema possam ser introduzidas, caso haja suporte teórico/prático. Isso se mostrou conveniente, uma vez que os parâmetros estimados pelo modelo econométrico representam escolhas ótimas dos agentes quanto à alocação da terra entre diferentes usos face a situações de variações climáticas. Assim, houve uma integração metodológica entre as duas abordagens, econométrica e de EGC.

A integração ocorreu adicionando-se termos tecnológicos exógenos na função de demanda por terra do modelo EGC, para introduzir as variações percentuais na temperatura e na precipitação dos cenários climáticos. Tais termos são multiplicados pelos seus correspondentes vetores de elasticidades regionais de cada cultura. A introdução destes termos teve como objetivo promover deslocamentos da função de demanda por terra em razão de variações climáticas.⁵⁴ A forma com que a função de demanda por terra se deslocará dependerá da interação entre os valores percentuais das variáveis climáticas e dos valores das elasticidades. Os termos exógenos adicionados à função de demanda por terra têm finalidade análoga à dos termos exógenos de produtividade de outras funções no modelo EGC. Vale destacar, novamente, que a especificação do modelo econométrico, suas características e o objetivo da análise permitiram que a integração fosse possível.

⁵⁴ Como pode ser observado, as outras variáveis do modelo econométrico não foram integradas com o modelo BLUE. Isso porque apenas as variáveis climáticas foram consideradas como objeto de estudo. Entretanto, a estimação dos parâmetros dos efeitos das variáveis climáticas sobre a alocação de terra considera o efeito implícito destas outras variáveis.

Segundo, que alguns dados comuns foram utilizados para calibrar ambos os modelos, referentes ao Censo Agropecuário de 2006. Isso reforça a consistência estrutural da modelagem de integração. Salienta-se ainda que a possibilidade de realizar simulações dos efeitos econômicos de mudanças climáticas no modelo EGC reforça a capacidade ampla desta metodologia em analisar fenômenos e políticas diversas. Tal capacidade permite que sejam obtidos, de forma sistêmica, os impactos sobre a economia regional do fenômeno de interesse. Isso é potencializado quando especificações mais detalhadas são introduzidas na modelagem. No caso do presente trabalho, a especificação do uso da terra entre diferentes categorias funciona desta maneira.

Como um dos resultados das simulações, são computadas as *model-consistent climatic elasticities* (elasticidades climáticas consistentes), uma vez que se consideram as elasticidades implícitas da economia referentes à relação entre decisões de alocação de uso da terra e a questão climática. Além disso, tal estratégia representa uma forma de introduzir fatores edafoclimáticos na modelagem econômica, visto que na geração das elasticidades simuladas outras características, como altitude, potencial da terra para o desenvolvimento de atividades agrícolas em diferentes classes de solo e em presença/ausência de recursos hídricos, foram consideradas.

Para a geração das elasticidades da alocação da terra às mudanças climáticas é feita a hipótese de que as decisões ótimas dos agentes representativos do modelo EGC são consistentes com as decisões ótimas do agente representativo da especificação econométrica. Neste sentido, apenas os elementos climáticos são considerados para fazer a integração, mantidos constantes os outros elementos levados em conta na especificação econométrica. Portanto, a utilização das elasticidades estimadas pela especificação econométrica representa uma forma de considerar fatores edafoclimáticos na modelagem econômica. Para verificar as elasticidades climáticas consistentes do modelo para o Brasil, foram realizados 27 exercícios de simulação pressupondo, a cada simulação, um aumento de 1% da temperatura em cada região. Isso permite verificar como as ligações regionais do nível de atividade respondem a variações climáticas. Outros 27 exercícios de simulação foram feitos supondo um aumento de 2% da temperatura em cada região, a cada simulação.

Como pode se observar nas Tabelas 30 e 31⁵⁵, os estados que geraram as maiores variações negativas do PIB real regional devido a mudanças climáticas foram São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Paraná e Pará. Isso significa, por exemplo, que os efeitos do aumento de temperatura em São Paulo repercutem de forma negativa sobre o PIB real da maioria dos outros estados. Tal repercussão acontece de forma sistêmica por meio das ligações de equilíbrio geral: o aumento de temperatura em São Paulo tende a provocar perdas nas atividades agrícolas e em outras atividades relacionadas à cadeia produtiva neste estado. Os efeitos disso se espalham para outras atividades e regiões via interdependência na cadeia de insumos.

Por outro lado, aumentos de temperatura nos estados impactaram de forma positiva o PIB real principalmente de Mato Grosso do Sul, Maranhão e Piauí. Isso ocorre devido ao efeito substituição em direção a estes estados. O maior nível de temperatura pode favorecer a produção de culturas na região que antes era imprópria. O resultado para o Rio Grande do Sul mostra que o aumento de temperatura neste estado favorece o PIB real da maioria dos outros estados. O processo inverso ao mencionado explica este fato. Este estado pode tornar-se apropriado para o cultivo de algumas lavouras, repercutindo sobre o restante da economia de forma sistêmica. Os resultados das Tabelas 30 e 31 indicam ser quase linear a relação entre os efeitos de variação na temperatura e o PIB real.

⁵⁵ Nas Tabelas 30 e 31 estão destacados os 10% maiores efeitos positivos e negativos.

Tabela 30 — Efeitos sobre o PIB real do aumento em 1% na temperatura em cada região (em variação %)

UF	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF
RO	-0,000138	-0,000034	-0,000015	-0,000004	-0,000405	-0,000004	-0,000156	-0,000022	-0,000026	-0,000091	-0,000113	-0,000094	-0,000238	-0,000055	-0,000072	-0,000165	-0,000570	-0,000135	-0,000031	-0,000464	-0,000414	-0,000043	0,000095	-0,000077	-0,000263	-0,000437	-0,000006
AC	-0,000012	-0,000004	-0,000001	0,000000	-0,000034	0,000000	-0,000014	-0,000002	-0,000002	-0,000008	-0,000009	-0,000008	-0,000021	-0,000005	-0,000006	-0,000014	-0,000050	-0,000012	-0,000003	-0,000041	-0,000036	-0,000004	0,000008	-0,000007	-0,000023	-0,000039	-0,000001
AM	-0,000064	-0,000016	-0,000007	-0,000002	-0,000189	-0,000002	-0,000073	-0,000010	-0,000012	-0,000042	-0,000053	-0,000044	-0,000111	-0,000026	-0,000034	-0,000077	-0,000266	-0,000063	-0,000014	-0,000216	-0,000193	-0,000020	0,000044	-0,000036	-0,000123	-0,000204	-0,000003
RR	-0,000053	-0,000013	-0,000006	-0,000002	-0,000155	-0,000002	-0,000060	-0,000008	-0,000010	-0,000035	-0,000044	-0,000036	-0,000092	-0,000021	-0,000028	-0,000064	-0,000220	-0,000052	-0,000012	-0,000179	-0,000160	-0,000016	0,000037	-0,000030	-0,000101	-0,000169	-0,000002
PA	-0,000133	-0,000033	-0,000014	-0,000004	-0,000393	-0,000004	-0,000152	-0,000021	-0,000026	-0,000088	-0,000109	-0,000091	-0,000232	-0,000053	-0,000070	-0,000160	-0,000553	-0,000131	-0,000030	-0,000450	-0,000402	-0,000041	0,000092	-0,000074	-0,000255	-0,000424	-0,000006
AP	-0,000138	-0,000034	-0,000015	-0,000004	-0,000407	-0,000004	-0,000157	-0,000022	-0,000027	-0,000091	-0,000113	-0,000094	-0,000240	-0,000055	-0,000072	-0,000166	-0,000573	-0,000136	-0,000031	-0,000466	-0,000417	-0,000043	0,000095	-0,000077	-0,000264	-0,000439	-0,000006
TO	-0,000773	-0,000191	-0,000083	-0,000025	-0,002283	-0,000024	-0,000880	-0,000124	-0,000149	-0,000511	-0,000635	-0,000528	-0,001345	-0,000308	-0,000406	-0,000931	-0,003215	-0,000761	-0,000173	-0,002614	-0,002337	-0,000240	0,000535	-0,000432	-0,001482	-0,002465	-0,000035
MA	0,000297	0,000074	0,000032	0,000009	0,000878	0,000009	0,000339	0,000048	0,000057	0,000197	0,000244	0,000203	0,000517	0,000119	0,000156	0,000357	0,001236	0,000293	0,000066	0,001005	0,000899	0,000092	-0,000206	0,000166	0,000570	0,000948	0,000014
PI	0,000146	0,000036	0,000016	0,000005	0,000431	0,000004	0,000167	0,000023	0,000028	0,000097	0,000120	0,000100	0,000254	0,000058	0,000077	0,000176	0,000068	0,000144	0,000033	0,000494	0,000442	0,000045	-0,000101	0,000082	0,000280	0,000466	0,000007
CE	-0,000035	-0,000009	-0,000004	-0,000001	-0,000103	-0,000001	-0,000040	-0,000006	-0,000007	-0,000023	-0,000029	-0,000024	-0,000060	-0,000014	-0,000018	-0,000042	-0,000145	-0,000034	-0,000008	-0,000118	-0,000105	-0,000011	0,000024	-0,000019	-0,000067	-0,000111	-0,000002
RN	-0,000201	-0,000050	-0,000022	-0,000006	-0,000592	-0,000006	-0,000229	-0,000032	-0,000039	-0,000133	-0,000165	-0,000137	-0,000349	-0,000080	-0,000105	-0,000241	-0,000834	-0,000197	-0,000045	-0,000678	-0,000606	-0,000062	0,000139	-0,000112	-0,000384	-0,000639	-0,000009
PB	-0,000317	-0,000079	-0,000034	-0,000010	-0,000936	-0,000010	-0,000362	-0,000051	-0,000061	-0,000210	-0,000261	-0,000217	-0,000552	-0,000127	-0,000167	-0,000382	-0,001319	-0,000312	-0,000071	-0,001073	-0,000959	-0,000098	0,000219	-0,000177	-0,000608	-0,001012	-0,000014
PE	-0,000378	-0,000094	-0,000041	-0,000012	-0,001116	-0,000012	-0,000431	-0,000061	-0,000073	-0,000250	-0,000311	-0,000258	-0,000658	-0,000151	-0,000199	-0,000455	-0,001572	-0,000372	-0,000085	-0,001278	-0,001143	-0,000117	0,000261	-0,000211	-0,000724	-0,001205	-0,000017
AL	-0,000455	-0,000113	-0,000049	-0,000015	-0,001342	-0,000014	-0,000518	-0,000073	-0,000088	-0,000301	-0,000374	-0,000311	-0,000791	-0,000182	-0,000239	-0,000547	-0,001891	-0,000447	-0,000102	-0,001537	-0,001374	-0,000141	0,000314	-0,000254	-0,000871	-0,001450	-0,000021
SE	-0,001066	-0,000264	-0,000115	-0,000034	-0,003147	-0,000032	-0,001215	-0,000171	-0,000205	-0,000705	-0,000876	-0,000728	-0,001854	-0,000425	-0,000561	-0,001283	-0,004434	-0,001049	-0,000238	-0,003604	-0,003222	-0,000331	0,000737	-0,000596	-0,002043	-0,003399	-0,000049
BA	-0,000218	-0,000054	-0,000023	-0,000007	-0,000643	-0,000007	-0,000248	-0,000035	-0,000042	-0,000144	-0,000179	-0,000149	-0,000379	-0,000087	-0,000115	-0,000262	-0,000906	-0,000214	-0,000049	-0,000737	-0,000659	-0,000068	0,000151	-0,000122	-0,000418	-0,000695	-0,000010
MG	-0,000152	-0,000038	-0,000016	-0,000005	-0,000450	-0,000005	-0,000174	-0,000025	-0,000029	-0,000101	-0,000125	-0,000104	-0,000265	-0,000061	-0,000080	-0,000183	-0,000634	-0,000150	-0,000034	-0,000516	-0,000461	-0,000047	0,000105	-0,000085	-0,000292	-0,000486	-0,000007
ES	-0,000688	-0,000170	-0,000074	-0,000022	-0,002032	-0,000021	-0,000784	-0,000111	-0,000133	-0,000455	-0,000566	-0,000470	-0,001197	-0,000275	-0,000362	-0,000828	-0,002862	-0,000677	-0,000154	-0,002327	-0,002080	-0,000214	0,000476	-0,000385	-0,001319	-0,002194	-0,000031
RJ	-0,000148	-0,000037	-0,000016	-0,000005	-0,000438	-0,000005	-0,000169	-0,000024	-0,000029	-0,000098	-0,000122	-0,000101	-0,000258	-0,000059	-0,000078	-0,000179	-0,000617	-0,000146	-0,000033	-0,000502	-0,000448	-0,000046	0,000103	-0,000083	-0,000284	-0,000473	-0,000007
SP	-0,000123	-0,000030	-0,000013	-0,000004	-0,000363	-0,000004	-0,000140	-0,000020	-0,000024	-0,000081	-0,000101	-0,000084	-0,000214	-0,000049	-0,000065	-0,000148	-0,000511	-0,000121	-0,000027	-0,000416	-0,000372	-0,000038	0,000085	-0,000069	-0,000236	-0,000392	-0,000006
PR	-0,000318	-0,000079	-0,000034	-0,000010	-0,000940	-0,000010	-0,000363	-0,000051	-0,000061	-0,000211	-0,000262	-0,000217	-0,000554	-0,000127	-0,000167	-0,000383	-0,001324	-0,000313	-0,000071	-0,001076	-0,000963	-0,000099	0,000220	-0,000178	-0,000610	-0,001015	-0,000015
SC	-0,000044	-0,000011	-0,000005	-0,000001	-0,000130	-0,000001	-0,000050	-0,000007	-0,000009	-0,000029	-0,000036	-0,000030	-0,000077	-0,000018	-0,000023	-0,000053	-0,000183	-0,000043	-0,000010	-0,000149	-0,000133	-0,000014	0,000031	-0,000025	-0,000085	-0,000141	-0,000002
RS	-0,000334	-0,000083	-0,000036	-0,000011	-0,000987	-0,000010	-0,000381	-0,000054	-0,000064	-0,000221	-0,000275	-0,000228	-0,000582	-0,000133	-0,000176	-0,000402	-0,001391	-0,000329	-0,000075	-0,001131	-0,001011	-0,000104	0,000231	-0,000187	-0,000641	-0,001066	-0,000015
MS	0,000559	0,000138	0,000060	0,000018	0,001650	0,000017	0,000637	0,000090	0,000108	0,000370	0,000459	0,000382	0,000973	0,000223	0,000294	0,000673	0,002325	0,000550	0,000125	0,001890	0,001690	0,000173	-0,000387	0,000312	0,001072	0,001783	0,000025
MT	-0,001692	-0,000419	-0,000182	-0,000054	-0,004994	-0,000051	-0,001928	-0,000272	-0,000326	-0,001119	-0,001390	-0,001155	-0,002943	-0,000675	-0,000889	-0,002036	-0,007035	-0,001665	-0,000378	-0,005720	-0,005113	-0,000525	0,001170	-0,000945	-0,003242	-0,005394	-0,000077
GO	-0,000269	-0,000067	-0,000029	-0,000009	-0,000794	-0,000008	-0,000307	-0,000043	-0,000052	-0,000178	-0,000221	-0,000184	-0,000468	-0,000107	-0,000141	-0,000323	-0,001119	-0,000265	-0,000060	-0,000910	-0,000813	-0,000083	0,000186	-0,000150	-0,000516	-0,000858	-0,000012
DF	-0,000223	-0,000055	-0,000024	-0,000007	-0,000657	-0,000007	-0,000254	-0,000036	-0,000043	-0,000147	-0,000183	-0,000152	-0,000387	-0,000089	-0,000117	-0,000267	-0,000926	-0,000219	-0,000050	-0,000752	-0,000673	-0,000069	0,000154	-0,000124	-0,000427	-0,000710	-0,000010

Tabela 31 — Efeitos sobre o PIB real do aumento em 2% na temperatura em cada região (em variação %)

UF	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF
RO	-0,000275	-0,000068	-0,000030	-0,000009	-0,0000820	-0,000008	-0,000319	-0,000045	-0,000054	-0,000183	-0,000228	-0,000189	-0,000484	-0,000111	-0,000147	-0,000335	-0,001159	-0,000274	-0,000062	-0,000943	-0,000843	-0,000086	0,000193	-0,000156	-0,000534	-0,000889	-0,000013
AC	-0,000024	-0,000002	-0,000003	-0,000001	-0,000070	-0,000001	-0,000028	-0,000004	-0,000005	-0,000016	-0,000020	-0,000017	-0,000043	-0,000010	-0,000013	-0,000030	-0,000103	-0,000024	-0,000006	-0,000083	-0,000075	-0,000008	0,000017	-0,000014	-0,000047	-0,000079	-0,000001
AM	-0,000129	-0,000032	-0,000014	-0,000004	-0,000383	-0,000004	-0,000149	-0,000021	-0,000025	-0,000086	-0,000106	-0,000088	-0,000226	-0,000052	-0,000069	-0,000156	-0,000541	-0,000128	-0,000029	-0,000440	-0,000393	-0,000040	0,000090	-0,000073	-0,000249	-0,000415	-0,000006
RR	-0,000107	-0,000026	-0,000011	-0,000003	-0,000317	-0,000003	-0,000123	-0,000017	-0,000021	-0,000071	-0,000088	-0,000073	-0,000187	-0,000043	-0,000057	-0,000129	-0,000447	-0,000106	-0,000024	-0,000364	-0,000325	-0,000033	0,000074	-0,000060	-0,000206	-0,000343	-0,000005
PA	-0,000269	-0,000066	-0,000029	-0,000008	-0,000796	-0,000008	-0,000309	-0,000043	-0,000052	-0,000178	-0,000221	-0,000184	-0,000469	-0,000108	-0,000143	-0,000325	-0,001125	-0,000266	-0,000060	-0,000915	-0,000817	-0,000083	0,000187	-0,000151	-0,000518	-0,000863	-0,000012
AP	-0,000279	-0,000068	-0,000030	-0,000009	-0,000823	-0,000008	-0,000320	-0,000045	-0,000054	-0,000184	-0,000229	-0,000190	-0,000486	-0,000111	-0,000148	-0,000336	-0,001164	-0,000275	-0,000062	-0,000947	-0,000846	-0,000086	0,000193	-0,000156	-0,000537	-0,000893	-0,000013
TO	-0,001569	-0,000383	-0,000167	-0,000049	-0,004622	-0,000045	-0,001802	-0,000252	-0,000304	-0,001034	-0,001283	-0,001067	-0,002727	-0,000625	-0,000828	-0,001887	-0,006533	-0,001544	-0,000349	-0,005317	-0,004746	-0,000485	0,001086	-0,000878	-0,003012	-0,005011	-0,000072
MA	0,000601	0,000147	0,000064	0,000019	0,001776	0,000017	0,000690	0,000097	0,000117	0,000398	0,000493	0,000410	0,001048	0,000240	0,000318	0,000725	0,002511	0,000593	0,000134	0,002044	0,001824	0,000186	-0,000417	0,000337	0,001158	0,001926	0,000028
PI	0,000296	0,000072	0,000031	0,000009	0,000873	0,000008	0,000339	0,000048	0,000057	0,000195	0,000242	0,000202	0,000515	0,000118	0,000156	0,000356	0,001235	0,000292	0,000066	0,001005	0,000897	0,000091	-0,000205	0,000166	0,000569	0,000947	0,000014
CE	-0,000070	-0,000017	-0,000007	-0,000002	-0,000208	-0,000002	-0,000081	-0,000011	-0,000014	-0,000046	-0,000058	-0,000048	-0,000123	-0,000028	-0,000037	-0,000085	-0,000294	-0,000069	-0,000016	-0,000239	-0,000213	-0,000022	0,000049	-0,000039	-0,000135	-0,000225	-0,000003
RN	-0,000406	-0,000099	-0,000043	-0,000013	-0,001198	-0,000012	-0,000466	-0,000065	-0,000079	-0,000268	-0,000330	-0,000277	-0,000707	-0,000162	-0,000215	-0,000489	-0,001694	-0,000400	-0,000090	-0,001379	-0,001231	-0,000126	0,000281	-0,000228	-0,000781	-0,001299	-0,000019
PB	-0,000642	-0,000157	-0,000068	-0,000020	-0,001895	-0,000018	-0,000737	-0,000103	-0,000125	-0,000424	-0,000526	-0,000436	-0,001118	-0,000256	-0,000340	-0,000774	-0,002680	-0,000633	-0,000143	-0,002181	-0,001947	-0,000199	0,000445	-0,000360	-0,001235	-0,002056	-0,000030
PE	-0,000765	-0,000187	-0,000081	-0,000024	-0,002258	-0,000022	-0,000878	-0,000123	-0,000149	-0,000506	-0,000627	-0,000521	-0,001330	-0,000305	-0,000405	-0,000922	-0,003193	-0,000755	-0,000170	-0,002599	-0,002320	-0,000237	0,000531	-0,000429	-0,001472	-0,002449	-0,000035
AL	-0,000920	-0,000225	-0,000098	-0,000029	-0,002716	-0,000026	-0,001056	-0,000148	-0,000179	-0,000608	-0,000754	-0,000627	-0,001602	-0,000366	-0,000487	-0,001109	-0,003840	-0,000908	-0,000205	-0,003126	-0,002790	-0,000285	0,000638	-0,000516	-0,001771	-0,002946	-0,000042
SE	-0,002156	-0,000528	-0,000230	-0,000068	-0,006366	-0,000062	-0,002475	-0,000348	-0,000419	-0,001425	-0,001768	-0,001470	-0,003757	-0,000861	-0,001139	-0,002600	-0,009000	-0,002128	-0,000480	-0,007326	-0,006540	-0,000669	0,001496	-0,001210	-0,004150	-0,006904	-0,000099
BA	-0,000441	-0,000108	-0,000047	-0,000014	-0,001302	-0,000013	-0,000506	-0,000071	-0,000086	-0,000291	-0,000361	-0,000301	-0,000768	-0,000176	-0,000233	-0,000531	-0,001840	-0,000435	-0,000098	-0,001498	-0,001337	-0,000137	0,000306	-0,000247	-0,000848	-0,001412	-0,000020
MG	-0,000309	-0,000076	-0,000033	-0,000010	-0,000912	-0,000009	-0,000355	-0,000050	-0,000060	-0,000204	-0,000253	-0,000210	-0,000538	-0,000123	-0,000163	-0,000372	-0,001287	-0,000304	-0,000069	-0,001048	-0,000936	-0,000096	0,000214	-0,000173	-0,000594	-0,000988	-0,000014
ES	-0,001392	-0,000341	-0,000148	-0,000044	-0,004111	-0,000040	-0,001598	-0,000224	-0,000271	-0,000920	-0,001141	-0,000949	-0,002426	-0,000556	-0,000737	-0,001679	-0,005812	-0,001373	-0,000310	-0,004731	-0,004223	-0,000432	0,000966	-0,0000781	-0,002680	-0,004459	-0,000064
RJ	-0,000300	-0,000073	-0,000032	-0,000009	-0,000887	-0,000009	-0,000345	-0,000048	-0,000058	-0,000198	-0,000246	-0,000205	-0,000523	-0,000120	-0,000159	-0,000362	-0,001253	-0,000296	-0,000067	-0,001020	-0,000910	-0,000093	0,000208	-0,000168	-0,000578	-0,000961	-0,000014
SP	-0,000249	-0,000061	-0,000026	-0,000008	-0,000734	-0,000007	-0,000285	-0,000040	-0,000048	-0,000164	-0,000204	-0,000170	-0,000433	-0,000099	-0,000132	-0,000300	-0,001038	-0,000245	-0,000055	-0,000846	-0,000754	-0,000077	0,000173	-0,000140	-0,000479	-0,000797	-0,000011
PR	-0,000644	-0,000158	-0,000069	-0,000020	-0,001902	-0,000019	-0,000739	-0,000104	-0,000125	-0,000426	-0,000528	-0,000439	-0,001122	-0,000257	-0,000341	-0,000777	-0,002690	-0,000636	-0,000144	-0,002189	-0,001950	-0,000200	0,000447	-0,000361	-0,001240	-0,002063	-0,000030
SC	-0,000089	-0,000022	-0,000010	-0,000003	-0,000264	-0,000003	-0,000102	-0,000014	-0,000017	-0,000059	-0,000073	-0,000061	-0,000156	-0,000036	-0,000047	-0,000108	-0,000373	-0,000088	-0,000020	-0,000303	-0,000271	-0,000028	0,000062	-0,000050	-0,000172	-0,000286	-0,000004
RS	-0,000676	-0,000166	-0,000072	-0,000021	-0,001998	-0,000019	-0,000777	-0,000109	-0,000131	-0,000447	-0,000555	-0,000461	-0,001179	-0,000270	-0,000358	-0,000816	-0,002826	-0,000668	-0,000151	-0,002299	-0,002052	-0,000210	0,000469	-0,000380	-0,001302	-0,002167	-0,000031
MS	0,001131	0,000277	0,000120	0,000035	0,003341	0,000033	0,001299	0,000182	0,000220	0,000748	0,000927	0,000771	0,001971	0,000452	0,000599	0,001364	0,004723	0,001116	0,000252	0,003845	0,003430	0,000351	-0,000785	0,000635	0,002178	0,003623	0,000052
MT	-0,003422	-0,000838	-0,000365	-0,000107	-0,010106	-0,000098	-0,003929	-0,000552	-0,000665	-0,002262	-0,002806	-0,002334	-0,005964	-0,001367	-0,001811	-0,004127	-0,014290	-0,003377	-0,000763	-0,011631	-0,010382	-0,001061	0,002375	-0,001920	-0,006590	-0,010961	-0,000157
GO	-0,000544	-0,000133	-0,000058	-0,000017	-0,001607	-0,000016	-0,000625	-0,000088	-0,000106	-0,000360	-0,000446	-0,000371	-0,000949	-0,000217	-0,000288	-0,000656	-0,002273	-0,000537	-0,000121	-0,001850	-0,001651	-0,000169	0,000378	-0,000305	-0,001048	-0,001743	-0,000025
DF	-0,000450	-0,000110	-0,000048	-0,000014	-0,001329	-0,000013	-0,000516	-0,000073	-0,000087	-0,000298	-0,000369	-0,000307	-0,000785	-0,000180	-0,000238	-0,000543	-0,001880	-0,000444	-0,000100	-0,001530	-0,001366	-0,000140	0,000312	-0,000253	-0,000867	-0,001442	-0,000021

5.2.1. Elasticidades, dados e choques

A partir do trabalho de Barbosa (2011), os parâmetros foram reestimados e tiveram que ser trabalhados para que fossem geradas as elasticidades do uso terra às variações de temperatura e precipitação com relação ao conjunto completo de culturas, atividade de extração vegetal e silvicultura e pecuária. Foram estimados parâmetros para os treze tipos de uso da terra para cada uma das quatro estações climáticas. Portanto, para cada tipo de uso da terra foram estimados quatro parâmetros para a temperatura e quatro parâmetros para a precipitação. Como o modelo estimado teve como base a função quadrática normalizada, podem-se calcular as elasticidades (ε) da alocação do uso da terra a variações de temperatura e precipitação por meio da seguinte especificação:

$$\varepsilon_{n_i, X_c} = \frac{\partial n_i}{\partial X_c} \times \frac{\bar{X}_c}{\bar{n}_i}, i = 1, \dots, 13; c = \text{temperatura, precipitação} \quad (5.8)$$

em que o subscrito i corresponde aos possíveis usos da terra e o subscrito c , a temperatura e precipitação; n representa o uso da terra e $\bar{n}$, o seu valor médio regional; X representa as variáveis climáticas e $\bar{X}$, a sua média regional. O termo $\partial n_i / \partial X_c$ corresponde ao parâmetro estimado pelo modelo da relação entre o tipo de uso da terra i e a variável climática X_c . Tal termo indica, por exemplo, a variação do uso da terra de cana-de-açúcar em função das variações de temperatura.

Ponderando os parâmetros com as médias das variáveis climáticas e do uso da terra regional correspondentes, podem-se calcular as elasticidades da sensibilidade do uso da terra a variações de temperatura e precipitação para cada região e estação climática.

Neste ponto, foi admitido um limite para os valores das elasticidades, entre -5 e 5, de forma a eliminar situações em que o uso da terra regional fosse incipiente para determinado tipo e em que, dadas as mudanças climáticas, aumentos ou reduções do uso da terra se refletissem em valores muito elevados. Em seguida, foram calculadas as elasticidades médias com base nas estações climáticas. Dessa forma, obtiveram-se elasticidades regionais para cada tipo de uso da terra para temperatura e precipitação. As Tabelas 32 e 33 retratam os valores das elasticidades regionais da demanda por terra em relação à temperatura e à precipitação, respectivamente.

Tabela 33 — Elasticidades regionais da demanda por terra em relação à precipitação

UF	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
RO	0,078	-0,255	0,000	-1,563	-0,641	-0,153	-0,080	0,000	0,000	-1,816	0,001	-0,015	0,037
AC	0,160	-0,319	0,000	0,000	0,000	-0,314	-0,040	-1,046	0,000	0,000	-0,160	-0,018	0,152
AM	0,840	-0,637	0,000	0,000	0,000	-0,029	0,003	0,000	0,000	-1,224	-1,901	-0,017	0,041
RR	-0,115	-1,196	0,000	0,000	0,000	0,381	0,372	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,008	-0,214
PA	0,023	0,134	0,000	-0,011	-0,473	0,001	0,004	0,370	0,000	-0,012	-0,731	-0,003	-0,004
AP	-0,385	-5,000	0,000	0,000	0,000	0,779	1,121	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,036	-0,680
TO	0,047	-0,465	0,000	-1,131	-0,217	-0,073	-0,199	0,000	-3,553	-2,006	0,000	-0,008	0,021
MA	0,009	0,088	0,000	-0,099	0,161	0,005	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,004	-0,013
PI	0,026	0,025	0,000	-0,184	0,055	-0,006	0,004	0,000	-0,582	-1,206	0,000	-0,003	0,003
CE	0,089	0,027	0,000	-0,155	0,000	0,013	0,022	-1,540	0,306	0,333	-0,305	0,001	-0,045
RN	0,455	0,245	-0,114	-0,039	0,000	0,044	0,062	-1,192	0,464	0,000	0,000	0,004	-0,099
PB	0,117	0,055	0,000	0,000	0,000	0,038	0,067	-0,367	0,292	-0,170	0,000	0,001	-0,060
PE	0,191	0,042	0,000	0,005	0,000	0,018	0,002	0,012	1,625	0,059	-0,402	-0,001	-0,049
AL	-0,070	0,071	0,000	0,003	0,000	0,048	0,013	-0,001	1,037	0,004	0,000	0,001	-0,134
SE	0,087	0,178	0,000	0,039	0,000	0,115	0,020	-0,089	0,000	-0,008	0,000	0,004	-0,120
BA	0,063	-0,003	0,000	-0,008	-0,001	-0,003	0,000	-0,032	-0,004	-0,005	-0,003	-0,002	0,003
MG	0,027	-0,021	0,140	0,000	-0,081	-0,014	-0,031	-0,277	-0,148	0,013	0,000	-0,005	0,011
ES	0,647	-0,498	0,000	-0,036	0,000	-0,077	-0,054	0,000	0,000	-0,513	0,000	-0,038	0,100
RJ	0,735	-1,162	0,000	-0,003	0,000	-0,185	-0,111	0,000	0,000	0,029	-0,010	-0,089	0,123
SP	0,056	-0,034	0,039	0,000	-0,126	-0,011	-0,022	-0,015	-0,159	0,001	-0,001	-0,014	0,026
PR	0,032	-0,006	0,005	-0,004	-0,006	-0,007	-0,002	-0,002	-0,160	-0,030	-0,004	-0,007	0,023
SC	0,003	-0,010	0,078	-0,069	-0,050	-0,023	-0,004	-0,002	0,000	-0,105	0,000	-0,011	0,055
RS	0,000	-0,004	0,005	-0,024	-0,001	-0,004	0,003	-0,001	0,000	-0,057	0,000	-0,006	0,006
MS	0,077	-0,027	0,081	-0,009	-0,026	-0,028	-0,033	0,000	-0,126	-1,099	-0,019	-0,005	0,007
MT	0,022	-0,020	0,000	-0,011	-0,012	-0,014	-0,106	0,000	-0,010	-1,285	0,025	-0,002	0,010
GO	0,045	-0,042	0,376	-0,005	-0,033	-0,025	-0,131	-1,598	-0,082	-0,007	0,090	-0,008	0,015
DF	0,482	-1,242	2,444	-1,954	-1,201	-0,964	-1,575	0,000	-2,331	-2,240	0,235	-0,603	2,258

As informações das variáveis climáticas são relativas à base de dados da *Climatic Research Unit* (CRU/University of East Anglia) e as projeções de temperatura e precipitação para o período de 2010 a 2099, considerado no presente trabalho, advêm do modelo regionalizado PRECIS, do CPTEC/INPE.

As informações de temperatura (em °C) e precipitação (em mm) da CRU correspondem às médias dos valores de um período de trinta anos, entre 1975 e 2005, divididas de acordo com as diferentes estações climáticas, relativas a médias trimestrais, e consolidadas para as microrregiões brasileiras. Para efeito do presente trabalho, o detalhamento acerca das estações, tanto destas informações quanto das projeções das variáveis climáticas, foi pertinente no cálculo das elasticidades. Na parte da estimação econométrica dos parâmetros, esta subdivisão dos dados de temperatura e precipitação exerceu papel mais relevante, por incorporar possíveis efeitos da sazonalidade climática sobre o uso da terra.

As projeções fornecidas pelo modelo PRECIS de temperatura e precipitação encontravam-se também ao nível de microrregião e referiam-se a valores mensais. Assim, as projeções foram calculadas, para além da construção de médias trimestrais, segundo três intervalos de tempo de trinta anos: 2010-2039, 2040-2069 e 2070-2099. Dois cenários definidos pelo IPCC, o A2 e o B2, foram utilizados como base para a construção das projeções. Para Barbosa (2011), a utilização de projeções de temperatura e precipitação para intervalos de trinta anos justifica-se por ser razoável esperar que as decisões de alocação de terra sejam tomadas a partir do comportamento do clima no longo prazo. Além disso, ao considerarem-se períodos extensos de tempo, podem-se reduzir as incertezas quanto às projeções climáticas dos modelos. Por outro lado, os valores médios das informações podem não capturar os efeitos de eventos extremos.

Na construção dos choques, primeiramente foram calculadas as médias estaduais a partir das informações microrregionais da CRU e das projeções das variáveis climáticas. Em seguida, foram obtidas as variações percentuais das médias trimestrais dos valores das projeções, tanto da temperatura quanto da precipitação, em relação aos valores das médias trimestrais da CRU para ambos os cenários, A2 e B2. Em outras palavras, para cada intervalo de tempo, 2010-2039, 2040-2069 e 2070-2099, foram calculadas as variações percentuais das projeções trimestrais em relação aos dados trimestrais do período 1975-2005. Como os valores necessários para a geração dos choques deviam refletir o ambiente anual das variáveis climáticas, foi realizado, por fim, o cálculo dos valores médios de temperatura e precipitação em cada cenário e período de previsão, com base nas informações trimestrais das estações. As tabelas abaixo retratam os valores dos choques em variação (em %) e os da variação de temperatura (em °C) e precipitação (em mm).

A Tabela 34 mostra, em °C, mm e %, os valores das variações de temperatura e precipitação do período 2010-2039 em relação aos valores de 1975-2005 nos cenários A2 e B2. Em ambos os casos, tem-se os maiores aumentos de temperatura projetados para os estados das regiões Sul e Centro-Oeste do País. Projetam-se também maiores quedas na precipitação nos Estados de Rondônia, Acre, Amazonas e Roraima na região Norte, no cenário A2. No cenário B2, estes mesmos estados apresentam também variação (em %) negativa no nível de precipitação, embora mais branda. Neste cenário, projeta-se uma frequência maior de estados com queda no nível de precipitação do que no cenário A2. Para o Estado de Roraima, que possui um nível elevado de precipitação, é projetado ter as maiores quedas em ambos os cenários e ser o único

estado a ter redução na temperatura. Em geral, projeta-se um aumento da temperatura mais homogêneo através dos estados em comparação com a variação da precipitação, em ambos os cenários.

Tabela 34 — Variações (em °C, mm e %) de temperatura e precipitação do período 2010-2039 em relação a 1975-2005

UF	A2		B2		A2		B2	
	Temperatura (var. °C)	Precipitação (var. mm)	Temperatura (var. °C)	Precipitação (var. mm)	Temperatura (var. %)	Precipitação (var. %)	Temperatura (var. %)	Precipitação (var. %)
RO	1,407	-5,988	1,386	-4,271	5,408	-4,772	5,328	-3,929
AC	1,160	-3,716	1,152	-2,114	4,554	-2,496	4,527	-1,749
AM	1,125	-5,868	1,123	-4,455	4,257	-4,138	4,249	-3,360
RR	-0,112	-40,141	-0,108	-39,330	-0,454	-9,231	-0,433	-8,111
PA	0,972	1,415	1,029	-1,019	3,679	0,224	3,893	-1,111
AP	0,944	-2,423	0,970	-4,572	3,632	0,372	3,733	-0,604
TO	0,978	-0,453	0,987	-2,054	3,723	1,889	3,757	0,065
MA	0,927	4,587	0,951	1,906	3,464	3,898	3,555	1,253
PI	0,888	0,572	0,905	-2,071	3,345	3,567	3,408	-0,866
CE	0,914	3,663	0,949	0,200	3,491	17,729	3,625	11,515
RN	0,926	-0,236	0,952	-2,522	3,503	5,143	3,599	4,403
PB	0,873	1,898	0,884	-0,710	3,500	3,338	3,537	0,758
PE	0,842	1,147	0,854	-1,716	3,447	2,211	3,491	-2,822
AL	0,860	3,663	0,849	-0,665	3,478	4,874	3,427	-2,389
SE	0,882	3,584	0,871	-0,880	3,506	5,288	3,449	-2,042
BA	0,903	2,427	0,879	-0,677	3,753	2,654	3,640	-0,916
MG	0,947	1,509	0,968	1,914	4,483	-2,407	4,600	-2,382
ES	0,860	-3,045	0,863	-1,643	3,776	-5,329	3,801	-4,370
RJ	0,782	-0,805	0,819	-1,505	3,702	-2,515	3,891	-3,728
SP	0,915	1,305	1,015	1,406	4,361	0,511	4,852	-0,376
PR	1,052	0,863	1,156	-0,088	5,551	0,286	6,079	-0,421
SC	0,799	-0,576	0,884	-1,827	4,680	-0,538	5,132	-1,462
RS	0,929	0,748	0,964	-0,264	5,137	0,552	5,283	-0,201
MS	1,361	-0,998	1,391	-0,734	5,696	-1,638	5,816	-2,325
MT	1,286	-0,458	1,276	0,135	5,133	-0,210	5,090	-0,006
GO	1,068	4,453	1,070	4,189	4,405	2,126	4,409	1,765
DF	1,034	3,115	0,985	3,947	4,842	0,879	4,602	0,798
Brasil	0,945	-1,102	0,964	-2,201	4,002	0,825	4,087	-0,838

As Tabelas 35 e 36 apresentam, em °C, mm e %, os valores das variações de temperatura e precipitação dos períodos 2040-2069 e 2070-2099, respectivamente, em relação aos valores de 1975-2005 nos cenários A2 e B2. A diferença básica destas tabelas quanto à anterior é que os valores são maiores, como reflexo do aumento dos efeitos das mudanças climáticas. Os valores da Tabela 35 indicam a frequência e a intensidade da redução do nível de precipitação nos estados do Brasil, principalmente no cenário A2. Esta redução intensifica-se na projeção para o período 2070-2099. Na Tabela 35, percebem-se ainda maiores elevações da temperatura nos estados das regiões Sul e Centro-Oeste, em ambos os cenários. Já as projeções para o período 2070-2099 indicam aumentos mais heterogêneos da temperatura, sendo os maiores valores para Espírito Santo, Mato Grosso do Sul e Paraíba, no cenário A2.

Tabela 35 — Variações (em °C, mm e %) de temperatura e precipitação do período 2040-2069 em relação a 1975-2005

UF	A2		B2		A2		B2	
	Temperatura (var. °C)	Precipitação (var. mm)	Temperatura (var. °C)	Precipitação (var. mm)	Temperatura (var. %)	Precipitação (var. %)	Temperatura (var. %)	Precipitação (var. %)
RO	2,716	-8,138	2,314	-5,934	10,450	-6,843	8,907	-5,173
AC	2,463	-6,967	2,030	-3,115	9,677	-4,306	7,978	-2,371
AM	2,489	-10,329	2,011	-8,390	9,422	-6,447	7,616	-5,536
RR	1,066	-43,846	0,635	-40,259	4,037	-11,084	2,398	-9,027
PA	2,201	-8,109	1,739	-2,790	8,329	-4,589	6,575	-2,241
AP	2,054	-13,792	1,675	-4,640	7,903	-5,394	6,444	1,041
TO	2,248	-5,497	1,768	-2,266	8,563	-4,446	6,726	-1,442
MA	2,023	-2,191	1,636	1,765	7,559	-1,392	6,105	0,664
PI	1,918	-3,511	1,613	-1,272	7,217	-5,672	6,066	-1,931
CE	1,852	-1,257	1,669	1,311	7,068	8,874	6,368	12,319
RN	1,826	-4,053	1,664	-2,318	6,903	2,590	6,292	2,633
PB	1,712	-2,169	1,567	-1,419	6,859	-2,614	6,278	-1,708
PE	1,672	-3,079	1,533	-3,804	6,841	-4,853	6,275	-5,419
AL	1,673	-0,819	1,523	-1,651	6,760	-2,175	6,156	-2,948
SE	1,738	-1,826	1,539	-1,638	6,895	-3,086	6,115	-2,102
BA	1,818	-2,128	1,532	-0,155	7,555	-3,356	6,376	-1,066
MG	2,098	-1,650	1,695	1,245	9,988	-4,314	8,106	-3,291
ES	1,849	-5,104	1,567	-2,519	8,152	-6,703	6,914	-4,990
RJ	1,792	-4,007	1,531	-3,858	8,515	-4,290	7,294	-5,276
SP	2,174	-1,790	1,813	-0,349	10,408	-2,217	8,724	-2,018
PR	2,292	1,118	2,002	0,611	12,094	0,251	10,656	-0,379
SC	2,006	1,482	1,723	-1,854	11,580	0,931	10,051	-1,470
RS	2,053	3,591	1,806	1,627	11,171	2,767	9,902	1,236
MS	2,698	-2,099	2,254	0,168	11,323	-3,044	9,502	-2,023
MT	2,588	-4,560	2,147	-0,338	10,350	-2,825	8,593	-0,191
GO	2,324	2,802	1,813	7,504	9,601	0,068	7,494	3,162
DF	2,217	4,163	1,658	8,081	10,384	-1,152	7,765	2,758
Brasil	2,058	-4,584	1,721	-2,454	8,726	-2,790	7,321	-1,363

Tabela 36 — Variações (em °C, mm e %) de temperatura e precipitação do período 2070-2099 em relação a 1975-2005

UF	A2		B2		A2		B2	
	Temperatura (var. °C)	Precipitação (var. mm)	Temperatura (var. °C)	Precipitação (var. mm)	Temperatura (var. %)	Precipitação (var. %)	Temperatura (var. %)	Precipitação (var. %)
RO	4,634	-9,526	3,265	-13,091	18,209	-6,180	12,835	-9,182
AC	3,113	-11,555	2,206	-8,265	12,585	-6,159	8,925	-5,030
AM	4,531	-12,425	3,232	-13,544	17,156	-8,178	12,241	-8,446
RR	3,593	-48,025	2,629	-41,996	13,823	-13,407	10,115	-8,794
PA	3,393	-12,428	2,341	-7,744	14,108	-7,520	9,741	-4,502
AP	3,419	-12,493	2,460	-12,569	13,036	-4,020	9,385	-2,529
TO	4,098	-12,742	2,729	-6,875	19,240	-7,096	12,814	-5,510
MA	3,266	-8,738	2,334	-1,185	14,410	-6,175	10,302	0,017
PI	4,326	-11,412	2,922	-4,431	17,919	-12,432	12,098	-5,714
CE	3,803	-7,218	2,627	0,480	14,203	-11,043	9,810	17,146
RN	3,820	-10,234	2,610	-1,325	18,239	-17,564	12,483	7,839
PB	4,591	-9,457	3,223	-0,709	19,330	-16,440	13,581	-1,257
PE	4,659	-10,855	3,298	-2,449	18,675	-16,616	13,214	-4,030
AL	3,975	-7,735	2,807	1,030	15,042	-13,773	10,622	0,064
SE	3,151	-7,460	2,269	2,201	12,620	-12,753	9,091	4,222
BA	3,107	-8,523	2,236	-0,516	12,716	-11,437	9,155	-1,807
MG	3,678	-7,267	2,541	0,959	13,829	-10,976	9,557	-5,993
ES	3,881	-13,678	2,673	-3,612	20,474	-14,845	14,181	-7,515
RJ	3,099	-8,753	2,179	-2,411	14,726	-8,239	10,382	-5,126
SP	3,321	-3,201	2,405	0,721	12,553	-2,950	9,094	-1,025
PR	4,897	4,489	3,575	4,077	18,860	2,830	13,768	2,533
SC	2,843	7,356	1,644	1,552	10,816	5,088	6,249	1,108
RS	3,304	10,129	2,322	6,506	17,905	7,488	12,688	4,881
MS	3,384	0,084	2,329	0,233	19,452	-1,541	13,506	-1,968
MT	3,233	-8,255	2,237	-7,436	12,839	-2,957	8,904	-4,522
GO	3,854	-0,960	2,635	1,547	18,470	-2,139	12,664	-1,415
DF	4,247	-2,046	2,888	2,103	16,184	-4,484	11,002	-3,399
Brasil	3,749	-8,257	2,615	-3,954	15,830	-7,538	11,052	-1,850

5.2.2. Efeitos econômicos de mudanças climáticas globais

As simulações foram realizadas considerando os distintos cenários acerca da variação de temperatura e precipitação. Assim, para cada intervalo de tempo, em relação às informações do período 1975-2005, foram realizadas duas simulações, levando em conta cada um dos cenários, A2 e B2. Por exemplo, as simulações para captar os efeitos de mudanças climáticas para o intervalo 2010-2039 foram feitas considerando os choques em relação às informações do período 1975-2005 de temperatura e precipitação para ambos os cenários. O ambiente de longo prazo foi utilizado nos exercícios de simulação. Para a análise do presente estudo é suposto que a variação percentual ocorre em um termo tecnológico exógeno da demanda por terra, enquanto que os demais termos de produtividade da economia são mantidos constantes. Os resultados foram gerados sob o contexto de análise de estática comparativa, uma vez que as informações sobre as projeções climáticas correspondem a médias de intervalos de

tempo.⁵⁶ A seguir são apresentados os resultados macroeconômicos, setoriais, regionais e sobre emissões das simulações.

5.2.2.1. Resultados macroeconômicos

Tabela 37 — Resultados agregados de longo prazo dos efeitos de mudanças climáticas (em variação %)

Variáveis	A2			B2		
	2010-39	2040-69	2070-99	2010-39	2040-69	2070-99
<i>Preços</i>						
Índice de preços de investimento	-0,0054	-0,0118	-0,0234	-0,0056	-0,0101	-0,0151
Índice de preços do consumidor	0,0134	0,0290	0,0567	0,0139	0,0249	0,0371
Índice de preços da demanda dos governos regionais	-0,0305	-0,0662	-0,1294	-0,0316	-0,0566	-0,0845
Índice de preços da demanda do governo federal	-0,0305	-0,0661	-0,1293	-0,0316	-0,0565	-0,0844
Índice de preços das exportações	0,0300	0,0651	0,1273	0,0311	0,0557	0,0831
Índice de preços do PIB	0,0051	0,0110	0,0214	0,0053	0,0094	0,0140
<i>Fatores primários</i>						
Remuneração agregada do capital	-0,0197	-0,0428	-0,0836	-0,0204	-0,0366	-0,0546
Remuneração agregada do trabalho	-0,0487	-0,1057	-0,2067	-0,0505	-0,0904	-0,1350
Remuneração agregada da terra	1,7359	3,8184	7,6455	1,8051	3,2543	4,9002
Estoque de capital agregado	-0,0141	-0,0305	-0,0593	-0,0146	-0,0261	-0,0389
<i>Demanda agregada</i>						
Consumo real agregado das famílias	-0,0239	-0,0518	-0,1013	-0,0248	-0,0444	-0,0662
Investimento real agregado	-0,0120	-0,0261	-0,0509	-0,0125	-0,0223	-0,0332
Demanda real agregada dos governos regionais	-0,0249	-0,0539	-0,1051	-0,0258	-0,0461	-0,0687
Demanda real agregada do governo federal	-0,0239	-0,0518	-0,1013	-0,0248	-0,0444	-0,0662
Volume das exportações	-0,0484	-0,1050	-0,2050	-0,0501	-0,0898	-0,1340
<i>Outros indicadores agregados</i>						
PIB real	-0,0262	-0,0569	-0,1111	-0,0272	-0,0487	-0,0726
Uso da terra	6,5517	12,3185	25,5298	5,9717	10,4101	16,6001
Indicador de desmatamento	-3,4565	-6,2765	-12,1269	-3,1584	-5,3623	-8,2651
Emissões do uso da terra	2,9987	5,7457	13,5820	2,6764	4,7813	7,7339
Emissões do uso de energia	-0,1144	-0,2408	-0,4458	-0,1186	-0,2077	-0,3026
Variação equivalente (R\$ milhões)	-1931,11	-4183,48	-8157,79	-2001,07	-3579,87	-5336,58

⁵⁶ A análise de dinâmica recursiva seria mais apropriada caso as projeções climáticas fossem anuais. Neste caso, poderiam ser simulados os efeitos de mudanças climáticas de cada período tendo como referência a variação do clima do período anterior.

A Tabela 37 apresenta os resultados das simulações dos efeitos de mudanças climáticas para os três intervalos de tempo e ambos os cenários, A2 e B2. Vale destacar novamente que tais simulações tiveram como base as variações de temperatura e precipitação para os três períodos de tempo em relação aos dados regionais de temperatura e precipitação do período 1975-2005. Em geral, percebe-se que, nos dois cenários, os efeitos de mudanças climáticas tornam-se mais intensos à medida que o intervalo de tempo analisado tem horizonte mais distante. Nenhuma das variáveis apresentou mudança no sinal ao longo das simulações. Isso reforça a robustez do modelo na geração dos resultados. Além disso, os resultados do cenário B2, o qual prevê efeitos de mudanças climáticas mais brandas, têm magnitude menor do que os resultados do cenário A2, em geral. Para o intervalo de tempo mais próximo, isto é, para o período 2010-2039, tem-se que os resultados de ambos os cenários são mais próximos do que para os intervalos posteriores. Isto indica que, à medida que o tempo avança, os efeitos de mudanças climáticas mostram-se mais evidentes, como reflexo das hipóteses admitidas em cada um dos cenários.

As variações de temperatura e precipitação fazem com que os índices de preços do investimento e das demandas dos governos regionais e federal diminuam. Por outro lado, os índices de preços do consumidor, das exportações e do PIB aumentam. Este último ter apresentado variação positiva indica que o efeito líquido das mudanças climáticas provoca uma redução na renda real da economia, em observância aos resultados dos índices de preços do consumidor e das exportações. Tal contexto é consistente com a redução generalizada da demanda agregada e, por consequência, da atividade econômica. Isso também é refletido no mercado de fatores primários de produção, que apresentaram, com exceção do fator terra, variação negativa da remuneração. A variação positiva da renda da terra reflete um contexto em que o fator terra apresenta menores preços relativos, sendo, assim, empregado de forma mais intensiva na produção agrícola, em detrimento dos outros fatores primários, que se tornaram mais caros. Portanto, as mudanças climáticas, neste ambiente de simulação com modelagem EGC do uso da terra, tornam o uso da terra mais intensivo, o que aumenta a competição por este uso entre os usos possíveis. Isso também traz reflexos sobre as emissões do uso da terra.

Outros resultados indicam, em geral, redução do PIB real, em decorrência dos fatores mencionados acima, sobretudo com relação à variação negativa generalizada da demanda agregada. A variação equivalente também reflete este fato, indicando redução do bem-estar.

Como o fator terra é utilizado de forma mais intensiva, o indicador de desmatamento⁵⁷ apresentou variação negativa, o que significa aumento do desmatamento como reflexo do aumento da atividade de extração vegetal ou das possibilidades de conversão de floresta de reserva legal para o uso agrícola. Neste sentido, a especificação do modelo pode estar influenciando este resultado, uma vez que foi limitada a conversão de áreas de floresta de reserva legal para a atividade agrícola de forma a manter os 20% do total da área de floresta regional, como previsto em lei. Por fim, em termos gerais, a redução da atividade econômica tende a impactar de forma negativa a demanda por produtos de energia e, em consequência, as emissões do uso de energia.

Valem-se destacar também alguns fatos relacionados às magnitudes dos efeitos das mudanças climáticas. O PIB real apresentou variação negativa cada vez mais intensa à medida que os períodos de tempo tornavam-se mais distantes. Na simulação para o período 2010-2039 foi projetada uma variação de -0,026% do PIB no cenário A2 e, na para o período 2070-2099, de -0,111%, também neste cenário. Em relação ao cenário B2, apenas o resultado para o período 2070-2099 é mais distinto do resultado correspondente no cenário A2 (-0,073%). Isso ocorre em razão dos efeitos projetados de mudanças climáticas serem mais evidentes sobre hipóteses distintas à medida que o horizonte de tempo torna-se mais distante. Com relação à variação equivalente, projeta-se uma redução para o período 2070-2099 de R\$ -8.157,8 milhões no cenário A2 e de R\$ -5.336,6 milhões no cenário B2.

Comparando estes resultados com aqueles encontrados no estudo nacional da Economia da Mudança do Clima no Brasil (MARGULIS; DUBEUX, 2010), tem-se que no presente estudo as magnitudes dos resultados são menores. Neste, foram projetadas reduções de 0,5% e 2,3% do nos cenários A2 e B2, respectivamente, em 2050. A diferença entre os resultados dos estudos deve-se, principalmente, a dois elementos: i) no estudo nacional foram considerados os efeitos de mudanças climáticas não apenas sobre o uso da terra, como foi conduzido no presente estudo. Outros modelos forneceram informações, tais como projeções demográficas, do uso de energia e da produtividade agrícola, que foram consideradas na modelagem econômica do estudo nacional. Portanto, outros contextos da influência das mudanças climáticas foram assimilados na estratégia de avaliação dos efeitos de mudanças climáticas

⁵⁷ O indicador de desmatamento representa uma medida de conversão de terra, tanto de áreas de floresta utilizada em atividades de extração quanto de áreas de floresta de reserva, para uso em outras atividades agrícolas. Assim, o movimento nacional líquido deste indicador tende a ter sinal contrário ao do uso da terra.

sobre a economia; e ii) hipóteses distintas foram consideradas por cada estudo na forma de implementar a influência das mudanças climáticas sobre o uso da terra na modelagem econômica. No caso do estudo nacional, foi utilizada uma estratégia em que os efeitos de mudanças climáticas sobre o uso da terra seriam transformados em uma medida tecnológica, para implementação do modelo econômico. No caso do presente estudo, é detalhada a estrutura do uso da terra, com a definição das distintas possibilidades de emprego deste fator, e de um sistema em que a demanda e a oferta de terra são interligadas. Além disso, no presente trabalho, é realizada uma estratégia de integração de modelos para a avaliação dos efeitos econômicos das mudanças climáticas.

5.2.2.2. Resultados sobre as atividades econômicas

A Tabela 38 e a Figura 19 mostram os resultados do impacto das mudanças climáticas sobre as atividades econômicas. Na Figura 19, foi utilizada a mesma escala no eixo vertical para comparar mais facilmente os resultados entre os diferentes períodos de análise e mostrar que os efeitos de mudanças climáticas tornam-se mais fortes para os períodos de tempo mais distantes. Em termos gerais, a maioria das atividades apresentou variação negativa do nível de atividade, com algumas exceções: *Cana-de-açúcar* (C4), *Algodão Herbáceo* (C9), *Petróleo*, *Gás Natural e Carvão Mineral* (C14), *Minério de Ferro*, *Minerais Metálicos não Ferrosos* e *Minerais não Metálicos* (C15), *Ferro e Aço* (C24) e *Metalurgia dos não Ferrosos* (C25). Assim como nos resultados macroeconômicos, não houve mudanças nos sinais dos valores, mas, para quanto mais longo o período de análise, mais fortes foram os efeitos de mudanças climáticas. Verifica-se que as mudanças climáticas tendem a favorecer as atividades *Cana-de-açúcar* (C4) e *Algodão Herbáceo* (C9), que são mais concentradas, a primeira no interior do Estado de São Paulo e a segunda, em Mato Grosso.⁵⁸

As principais atividades afetadas negativamente foram as agrícolas, que utilizam terra como fator de produção e são diretamente impactadas. Os efeitos para os períodos são, em geral, maiores no cenário A2. Para o período 2010-2039, os resultados dos cenários A2 e B2 são mais próximos, quando suas hipóteses não geram grandes diferenças nas projeções de temperatura e precipitação. A diferença é notada mais sensivelmente à medida que o intervalo de tempo avança. As principais atividades impactadas negativamente foram *Trigo em Grão* e

⁵⁸ Em 2006, o Estado de São Paulo respondeu por mais de 60% da produção nacional de cana-de-açúcar e o Estado de Mato Grosso, por mais de 50% da produção de algodão herbáceo.

Outros Cereais (C3) (-0,4129% e -1,7348% no cenário A2 nos períodos 2010-2039 e 2070-2099, respectivamente, e -0,4279% e -1,1377% no cenário B2 para os mesmos períodos, respectivamente), *Café em Grão* (C11) (-0,2788% e -1,1816% no cenário A2 nos períodos 2010-2039 e 2070-2099, respectivamente, e -0,2889% e -0,7720% no cenário B2 para os mesmos períodos, respectivamente) e *Soja em Grão* (C5) (-0,2412% e -1,0288% no cenário A2 nos períodos 2010-2039 e 2070-2099, respectivamente, e -0,2499% e -0,6702% no cenário B2 para os mesmos períodos, respectivamente).

Um resultado esperado era que a atividade *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13) apresentasse variação positiva do seu nível de atividade nacional. Isso porque, de acordo com as elasticidades calculadas a partir do modelo do uso da terra, aumentos na temperatura deslocam terra agrícola de outros usos em direção a esta atividade (Tabela 32). Com relação à precipitação, o efeito sobre o uso da terra, nesta atividade, varia de acordo com o estado (Tabela 33). No entanto, os resultados indicam que esta atividade tem variação negativa do nível de atividade. A explicação para isso reside no fato de que as mudanças climáticas afetam negativamente de forma sistêmica a economia, fazendo com que a demanda por bens desta atividade se reduza, com reflexos sobre seu nível de produção nacional médio. Ao nível regional, por outro lado, a forma com que as mudanças climáticas afetam as atividades varia. Como pode ser visto pela Tabela 39, que mostra a variação (em %) do nível de atividade por estado devido aos efeitos de mudanças climáticas no cenário A2 para o período 2070-2099, a atividade *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13) apresenta variação positiva do nível de atividade na maioria dos estados, com destaque para Distrito Federal, Piauí, São Paulo, Maranhão e Ceará. Portanto, o resultado de que tal atividade apresenta variação negativa não significa que isso ocorre de forma generalizada em todos os estados.

Além das atividades agrícolas, *Alimentos e Bebidas* (C16) e *Álcool* (C20) foram fortemente afetadas negativamente. Isso ocorreu como consequência da relação estabelecida na cadeia de insumos intermediários. Estas atividades demandam fortemente insumos agrícolas para produção; logo, a redução do nível de atividade dos bens agrícolas tende a afetá-las negativamente. Vale destacar, ainda, que os pressupostos de substituição dos insumos intermediários agrícolas e de energia também contribuíram para os resultados. Tais pressupostos permitem que no longo prazo haja substituição entre as culturas para a formação do composto de lavoura e substituição entre este composto e os produtos *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13) e *Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12). As

mudanças climáticas podem ter promovido substituição no processo de produção em direção ao uso mais intensivo de produtos como *Cana-de-açúcar* (C4) e *Algodão Herbáceo* (C9) na formação do composto de lavouras (Tabela 38 e Figura 19).

As atividades agrícolas têm participação reduzida nos custos de produção das atividades energéticas, assim como as atividades energéticas também têm participação reduzida nos custos de produção das atividades agrícolas. Isso explica, em parte, a variação quase nula do nível de atividade das atividades energéticas. Como a maioria das atividades agrícolas apresentou variação negativa, parte do capital tende a migrar para as atividades energéticas, de forma a manter constante a taxa de retorno, com reflexos sobre o resultado do nível de atividade. As atividades *Ferro e aço* (C24) e *Metalurgia dos não Ferrosos* (C25) são de alta intensidade energética.⁵⁹ O aumento da disponibilidade das atividades energéticas pode facilitar a produção daqueles bens como consequência da redução dos custos de produção. Isso explica, em parte, a variação positiva em seus níveis de atividade (Tabela 38 e Figura 19).

⁵⁹ Classificação tomada de Santos (2010).

Tabela 38 — Resultados de longo prazo dos efeitos de mudanças climáticas, nível de atividade (em variação %)

Ordem	Atividades	A2			B2		
		2010-39	2040-69	2070-99	2010-39	2040-69	2070-99
C1	Arroz em Casca	-0,0280	-0,0616	-0,1234	-0,0291	-0,0524	-0,0791
C2	Milho em Grão	-0,2024	-0,4385	-0,8541	-0,2098	-0,3754	-0,5589
C3	Trigo em Grão e Outros Cereais	-0,4129	-0,8928	-1,7348	-0,4279	-0,7644	-1,1377
C4	Cana-de-açúcar	0,0102	0,0225	0,0452	0,0106	0,0192	0,0290
C5	Soja em Grão	-0,2412	-0,5245	-1,0288	-0,2499	-0,4483	-0,6702
C6	Outros Produtos e Serviços da Lavoura	-0,0490	-0,1073	-0,2129	-0,0508	-0,0915	-0,1375
C7	Mandioca	-0,1414	-0,3055	-0,5917	-0,1466	-0,2617	-0,3889
C8	Fumo em Folha	-0,0088	-0,0191	-0,0371	-0,0091	-0,0163	-0,0243
C9	Algodão Herbáceo	0,0104	0,0228	0,0455	0,0108	0,0195	0,0293
C10	Frutas Cítricas	-0,0350	-0,0756	-0,1469	-0,0363	-0,0648	-0,0961
C11	Cafê em Grão	-0,2788	-0,6049	-1,1816	-0,2889	-0,5174	-0,7720
C12	Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura	-0,0315	-0,0690	-0,1367	-0,0327	-0,0589	-0,0885
C13	Bovinos e Outros Animais Vivos	-0,0791	-0,1711	-0,3319	-0,0820	-0,1466	-0,2178
C14	Petróleo, Gás Natural e Carvão Mineral	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0002
C15	Minério de Ferro, Minerais Metálicos não Ferrosos e Minerais não Metálicos	0,0078	0,0170	0,0335	0,0081	0,0146	0,0218
C16	Alimentos e Bebidas	-0,0776	-0,1679	-0,3271	-0,0804	-0,1437	-0,2141
C17	Produtos Têxteis	-0,0061	-0,0131	-0,0256	-0,0063	-0,0112	-0,0168
C18	Papel e Celulose	-0,0143	-0,0309	-0,0604	-0,0148	-0,0264	-0,0395
C19	Refino e Produtos do Petróleo	-0,0021	-0,0046	-0,0088	-0,0022	-0,0039	-0,0058
C20	Álcool	-0,0357	-0,0774	-0,1510	-0,0370	-0,0663	-0,0988
C21	Produtos Químicos	-0,0124	-0,0269	-0,0524	-0,0129	-0,0230	-0,0343
C22	Cimento	-0,0095	-0,0205	-0,0399	-0,0098	-0,0175	-0,0261
C23	Outros Produtos Minerais não Metálicos	-0,0050	-0,0107	-0,0207	-0,0051	-0,0092	-0,0136
C24	Ferro e Aço	0,0023	0,0051	0,0102	0,0024	0,0044	0,0066
C25	Metalurgia dos não Ferrosos	0,0130	0,0283	0,0555	0,0135	0,0242	0,0362
C26	Produtos de Metal, Máquinas e Equipamentos, Automóveis e Peças	-0,0005	-0,0010	-0,0019	-0,0005	-0,0009	-0,0013
C27	Outros Produtos Manufaturados, Incluindo Vestuário, Eletrodomésticos e Móveis	-0,0040	-0,0087	-0,0169	-0,0042	-0,0074	-0,0111
C28	Hidroeleticidade	0,0000	-0,0001	-0,0001	0,0000	-0,0001	-0,0001
C29	Termoeleticidade — Combustível Fossil	-0,0007	-0,0014	-0,0025	-0,0007	-0,0012	-0,0017
C30	Termoeleticidade — Carvão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
C31	Termoeleticidade — Diesel	-0,0002	-0,0004	-0,0007	-0,0002	-0,0003	-0,0004
C32	Termoeleticidade — Gás Natural	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
C33	Termoeleticidade — Cana-de-açúcar	-0,0002	-0,0005	-0,0008	-0,0002	-0,0004	-0,0006
C34	Termoeleticidade — Outras Fontes	-0,0001	-0,0001	-0,0002	-0,0001	-0,0001	-0,0002
C35	Transmissão e Distribuição de Eletricidade	-0,0107	-0,0233	-0,0455	-0,0111	-0,0199	-0,0297
C36	Distribuição Urbana de Gás Natural	-0,0003	-0,0007	-0,0012	-0,0003	-0,0006	-0,0008
C37	Provisão de Água e Esgoto	-0,0099	-0,0215	-0,0419	-0,0103	-0,0184	-0,0274
C38	Construção	-0,0125	-0,0272	-0,0530	-0,0130	-0,0233	-0,0347
C39	Comércio	-0,0193	-0,0418	-0,0812	-0,0200	-0,0358	-0,0532
C40	Transporte e Correio	-0,0128	-0,0278	-0,0541	-0,0133	-0,0238	-0,0354
C41	Serviços	-0,0143	-0,0310	-0,0605	-0,0148	-0,0265	-0,0396
C42	Serviços Públicos	-0,0220	-0,0478	-0,0932	-0,0228	-0,0409	-0,0609

Figura 19 — Resultados de longo prazo dos efeitos de mudanças climáticas, nível de atividade (em variação %)

Tabela 39 — Resultados de longo prazo por atividade e região do efeito de mudanças climáticas para o período 2070-99 do cenário A2, nível de atividade (em variação %)

Atividades /UF	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF
C1	0,854	0,643	0,903	1,527	-1,348	2,421	0,341	0,182	0,174	0,399	-1,435	-0,362	-0,229	0,259	-2,627	-8,063	0,533	-5,540	-4,104	0,495	-0,016	-0,407	0,055	1,610	-0,324	0,616	1,338
C2	0,518	0,227	0,520	0,957	-1,124	1,606	0,021	0,064	-0,959	0,196	-2,535	-0,338	-2,334	-0,781	-12,434	0,578	0,244	-4,385	-5,355	0,014	-1,142	-1,231	-0,639	0,554	-1,970	-0,306	0,861
C3	-0,708	-1,434	-1,365	-0,676	-1,565	-1,433	-1,998	-1,124	-1,237	-0,983	-4,557	-2,040	-1,605	-1,556	-1,918	-1,951	-0,087	-1,621	-0,970	-0,576	-1,654	-1,795	-1,868	-0,367	0,267	-0,282	0,261
C4	-0,356	-2,187	1,460	0,330	-2,558	0,528	-1,532	1,149	0,047	0,627	0,023	1,661	-0,080	-0,659	2,108	0,914	0,531	-6,158	-2,396	-0,039	0,327	-2,006	-3,408	1,164	-0,054	0,116	-0,010
C5	-0,262	-1,434	-1,365	0,173	-2,024	-0,041	-1,975	-0,682	1,481	-28,202	-12,049	-1,688	0,366	-1,379	0,382	0,383	-0,230	-1,621	-0,970	-0,296	-1,002	-1,181	-1,435	0,678	-2,059	-0,747	-0,498
C6	0,032	0,068	-0,001	0,210	-0,029	0,245	0,011	0,193	-0,258	0,332	-0,048	-1,197	-1,324	-5,087	-2,594	0,168	0,082	-1,540	-0,206	0,023	-0,559	-0,067	-0,368	-0,176	-1,881	-0,150	0,069
C7	0,639	-0,037	-1,025	1,034	-1,214	2,084	1,070	0,001	0,409	1,180	0,515	0,278	-0,883	-0,812	-5,349	0,783	0,508	-5,046	-6,617	0,446	0,413	0,685	-0,138	1,483	0,657	1,282	1,253
C8	-1,518	-0,220	0,199	-1,320	-0,745	-1,433	-0,712	-1,124	-1,639	0,189	-0,024	-0,511	-0,115	0,034	0,079	0,161	-0,783	-1,621	-0,970	-0,300	-0,096	-0,055	-0,063	-1,047	-2,076	0,200	-1,341
C9	-1,518	-1,434	-0,455	-1,428	-0,665	-1,433	-0,127	-0,102	0,239	0,192	-0,027	-0,056	0,102	0,008	-1,918	0,145	0,088	-0,255	-0,970	-0,024	0,016	-1,339	-1,735	0,167	-0,103	0,012	-0,104
C10	-0,875	-4,316	-1,793	0,256	-1,144	0,619	-3,832	-2,228	2,373	-1,550	3,152	-8,930	0,162	-1,786	-2,027	0,433	0,485	0,335	0,498	0,034	0,190	-0,830	-1,158	0,017	0,702	-0,048	0,635
C11	-0,084	-0,034	-1,279	-0,636	-0,904	-1,433	-1,998	-6,614	-16,366	0,360	0,389	-0,763	-0,611	0,795	-1,918	0,402	0,035	-4,723	-2,745	-0,520	-0,358	-1,682	-1,538	0,192	-2,148	-0,189	0,201
C12	0,135	0,308	-0,076	0,107	0,157	0,080	-0,247	0,357	0,137	-0,133	-0,240	-0,221	-0,132	0,704	-0,325	-0,352	-0,276	0,143	-6,068	-0,206	0,033	-0,264	-0,027	-1,321	-0,080	-1,603	0,187
C13	-0,319	0,172	0,814	0,338	-0,419	0,654	-2,027	1,299	1,432	1,088	0,047	-0,296	0,270	0,658	0,020	-1,833	-0,814	0,312	-0,016	1,403	-0,313	1,059	-0,815	0,803	-1,863	-0,135	2,006
C14	-0,530	-0,461	0,018	-0,469	-0,579	-0,465	-0,995	-0,158	-0,263	0,048	0,040	-0,692	-0,614	-0,001	-0,120	0,079	-0,698	-0,036	0,003	0,014	0,031	0,088	0,061	-0,082	-1,059	-0,571	-0,340
C15	0,010	0,087	0,031	0,056	0,080	0,088	-0,122	0,204	0,034	0,025	-0,058	-0,085	-0,118	-0,117	-0,113	-0,040	0,036	-0,028	-0,020	0,009	-0,041	0,132	-0,052	0,273	-0,396	-0,066	-0,096
C16	-0,200	-0,058	0,008	0,014	-0,344	0,119	-0,441	-0,082	-0,082	-0,083	-0,200	-0,229	-0,248	-0,217	-0,532	-0,413	-0,312	-0,368	-0,212	-0,288	-0,401	-0,348	-0,614	-0,183	-0,739	-0,354	-0,111
C17	-0,009	0,039	0,080	-0,321	0,058	-0,106	-0,044	0,154	0,007	-0,014	-0,058	-0,146	-0,131	-0,126	-0,261	-0,026	-0,029	-0,186	-0,042	-0,032	-0,040	0,012	-0,051	0,235	-0,107	-0,029	-0,076
C18	0,091	0,115	-0,027	0,022	0,046	0,006	-0,069	0,149	0,069	0,016	-0,038	-0,136	-0,141	-0,070	-0,253	-0,103	-0,048	-0,084	-0,060	-0,065	-0,089	-0,079	-0,010	0,355	-0,134	-0,015	-0,056
C19	0,107	0,098	-0,003	0,013	0,062	-0,022	-0,069	0,453	0,042	0,011	-0,038	0,055	-0,014	-0,069	-0,118	-0,010	-0,011	-0,069	0,003	-0,015	-0,002	0,060	-0,002	0,399	0,047	0,042	-0,103
C20	-0,394	-0,368	0,042	-0,343	-0,123	-0,370	-0,817	0,072	-0,057	0,063	-0,181	-0,128	-0,293	-0,281	-0,293	-0,030	-0,124	-0,730	-0,282	-0,144	-0,065	-0,297	-0,280	0,042	-0,261	-0,100	-0,287
C21	0,064	0,027	-0,023	-0,037	0,024	-0,034	-0,164	0,050	0,022	-0,046	-0,100	-0,144	-0,144	-0,143	-0,276	-0,058	-0,072	-0,332	-0,057	-0,026	-0,110	-0,011	-0,074	0,194	-0,522	-0,096	-0,120
C22	-0,369	-0,265	0,002	-0,115	0,045	-0,259	-0,770	0,152	0,037	0,005	-0,026	-0,085	-0,099	-0,044	-0,157	-0,006	-0,036	-0,088	-0,052	-0,049	-0,019	0,027	-0,011	0,191	-0,086	0,001	-0,071
C23	0,062	0,110	-0,042	0,165	0,009	0,035	-0,074	0,152	0,044	-0,022	-0,042	-0,118	-0,115	-0,143	-0,298	-0,030	-0,023	0,002	-0,048	-0,024	-0,024	0,027	-0,012	0,250	-0,175	-0,049	-0,156
C24	0,050	0,061	0,015	-0,364	0,070	-0,391	-0,101	0,122	0,045	0,001	0,037	-0,098	-0,082	-0,128	0,133	-0,001	0,028	-0,024	0,004	0,016	0,047	0,007	0,024	0,219	-0,130	-0,031	-0,120
C25	0,100	0,118	0,023	-0,313	0,093	0,084	-0,017	0,190	0,121	0,024	0,356	-0,010	-0,047	-0,051	0,657	0,051	0,049	-0,067	0,008	0,046	0,060	0,082	0,070	0,279	-0,021	0,052	-0,028
C26	0,122	0,108	-0,040	0,020	0,104	0,083	-0,048	0,210	-0,010	-0,027	-0,006	-0,104	-0,137	-0,074	-0,266	-0,039	-0,024	-0,082	-0,009	0,006	0,007	0,032	0,005	0,246	-0,239	-0,047	-0,047
C27	0,055	0,077	-0,012	0,035	0,015	-0,012	-0,114	0,136	0,074	-0,022	-0,049	-0,127	-0,099	-0,072	-0,228	-0,058	-0,029	-0,119	-0,005	-0,024	-0,012	0,028	0,001	0,208	-0,158	-0,004	-0,034
C28	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,002	0,000	0,001	-0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	-0,033	-0,002	0,001	0,004
C29	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	-0,002	-0,004	-0,006	-0,020	-0,025	-0,010	-0,015	-0,028	-0,102	0,000	-0,014	0,000	-0,004	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	-0,001
C30	0,012	0,024	-0,001	0,008	-0,028	0,008	0,019	-0,042	-0,013	-0,073	-0,032	-0,036	-0,118	-0,101	0,002	-0,116	0,001	-0,042	-0,006	-0,003	0,001	0,000	0,000	0,031	-0,023	-0,024	0,021
C31	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,002	-0,001	-0,002	-0,001	-0,001	-0,004	-0,014	-0,024	0,000	-0,016	0,000	-0,001	0,000	0,006	0,003	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
C32	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,004	0,000	-0,001	-0,003	-0,002	-0,032	-0,001	-0,003	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,007	-0,001	0,001	0,000
C33	0,002	0,001	0,000	0,001	-0,002	0,001	0,000	0,000	-0,002	-0,004	-0,002	-0,004	-0,010	-0,002	-0,002	-0,028	-0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,025	0,003	0,001	-0,003	-0,001
C34	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,002	0,003	-0,008	-0,001	-0,003	-0,005	-0,012	-0,044	0,000	-0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
C35	-0,015	0,000	0,024	-0,097	-0,022	-0,058	-0,071	0,029	-0,013	-0,046	-0,059	-0,067	-0,098	-0,088	-0,128	-0,054	-0,027	-0,097	-0,063	-0,049	-0,020	-0,010	-0,018	0,119	-0,127	-0,032	-0,074
C36	-0,002	0,002	0,001	-0,003	0,004	0,007	0,003	0,048	0,002	0,006	-0,002	-0,029	-0,002	-0,013	-0,004	-0,002	-0,006	-0,006	-0,003	-0,003	0,000	-0,001	0,000	0,001	-0,002	-0,001	0,010
C37	0,005	0,019	-0,008	-0,021	-0,013	-0,030	-0,070	0,047	0,050	-0,033	-0,064	-0,069	-0,100	-0,104	-0,152	-0,067	-0,029	-0,111	-0,052	-0,039	-0,017	-0,007	-0,022	0,169	-0,188	-0,035	-0,070
C38	0,112	0,104	-0,023	0,008	0,049	-0,029	-0,109	0,182	0,035	-0,026	-0,066	-0,135	-0,138	-0,141	-0,320	-0,039	-0,040	-0,167	-0,078	-0,069	-0,030	0,022	-0,023	0,397	-0,191	-0,008	-0,153
C39	0,003	0,045	-0,027	-0,019	-0,005	-0,043	-0,269	0,121	0,050	-0,026	-0,079	-0,146	-0,131	-0,172	-0,367	-0,066	-0,050	-0,256	-0,071	-0,051	-0,136	0,007	-0,086	0,225	-0,828	-0,138	-0,172
C40	0,016	0,039	-0,029	-0,018	0,031	-0,051	-0,205	0,125	0,055	-0,031	-0,094	-0,156	-0,164	-0,189	-0,423	-0,060	-0,030	-0,159	-0,049	-0,044	-0,081	-0,002	-0,073	0,295	-0,408	-0,072	-0,150
C41	0,048	0,069	-0,045	-0,012	0,024	-0,050	-0,151	0,144	0,045	-0,037	-0,099	-0,142	-0,161	-0,163	-0,331	-0,073	-0,036	-0,165	-0,086	-0,065	-0,031	0,011	-0,038	0,363	-0,213	-0,010	-0,147
C42	-0,059	-0,037	-0,088	-0,080	-0,080	-0,098	-0,131	-0,035	-0,046	-0,084	-0,107	-0,111	-0,125	-0,134	-0,175	-0,105	-0,089	-0,167	-0,099	-0,096	-0,075	-0,072	-0,076	0,070	-0,201	-0,070	-0,093

5.2.2.3. Resultados regionais

A Tabela 40 e a Figura 20 apresentam os resultados sobre o nível de atividade regional dos efeitos de mudanças climáticas. Na Figura 20 foi mantida a mesma escala do eixo vertical nos gráficos para mostrar com maior facilidade como os efeitos tornam-se maiores à medida que os períodos de tempo distanciam-se. Dos 27 estados, apenas quatro apresentaram variação positiva do nível de atividade nos três períodos de tempo analisados e nos dois cenários: Acre, Maranhão, Piauí e Mato Grosso do Sul.

Tabela 40 — Impactos regionais de longo prazo do efeito de mudanças climáticas, PIB real (em variação %)

Estados	A2			B2		
	2010-39	2040-69	2070-99	2010-39	2040-69	2070-99
<i>Rondônia</i>	-0,0174	-0,0379	-0,0744	-0,0180	-0,0324	-0,0482
<i>Acre</i>	0,0005	0,0062	0,0290	0,0005	0,0039	0,0121
<i>Amazonas</i>	-0,0079	-0,0165	-0,0304	-0,0082	-0,0144	-0,0206
<i>Roraima</i>	-0,0067	-0,0129	-0,0207	-0,0070	-0,0116	-0,0156
<i>Pará</i>	-0,0171	-0,0377	-0,0755	-0,0178	-0,0321	-0,0485
<i>Amapá</i>	-0,0164	-0,0326	-0,0575	-0,0170	-0,0291	-0,0402
<i>Tocantins</i>	-0,0995	-0,2188	-0,4383	-0,1031	-0,1864	-0,2814
<i>Maranhão</i>	0,0376	0,0809	0,1560	0,0389	0,0694	0,1029
<i>Piauí</i>	0,0186	0,0402	0,0782	0,0192	0,0344	0,0512
<i>Ceará</i>	-0,0043	-0,0091	-0,0168	-0,0045	-0,0078	-0,0114
<i>Rio Grande do Norte</i>	-0,0252	-0,0540	-0,1028	-0,0261	-0,0463	-0,0684
<i>Paraíba</i>	-0,0401	-0,0866	-0,1674	-0,0416	-0,0741	-0,1101
<i>Pernambuco</i>	-0,0479	-0,1035	-0,2008	-0,0496	-0,0886	-0,1318
<i>Alagoas</i>	-0,0575	-0,1240	-0,2395	-0,0595	-0,1061	-0,1576
<i>Sergipe</i>	-0,1345	-0,2891	-0,5554	-0,1393	-0,2479	-0,3674
<i>Bahia</i>	-0,0275	-0,0593	-0,1144	-0,0285	-0,0508	-0,0754
<i>Minas Gerais</i>	-0,0195	-0,0424	-0,0836	-0,0202	-0,0363	-0,0543
<i>Espírito Santo</i>	-0,0873	-0,1889	-0,3675	-0,0905	-0,1617	-0,2408
<i>Rio de Janeiro</i>	-0,0188	-0,0407	-0,0792	-0,0195	-0,0348	-0,0519
<i>São Paulo</i>	-0,0157	-0,0340	-0,0666	-0,0162	-0,0291	-0,0434
<i>Paraná</i>	-0,0404	-0,0873	-0,1698	-0,0418	-0,0747	-0,1113
<i>Santa Catarina</i>	-0,0056	-0,0123	-0,0245	-0,0058	-0,0105	-0,0158
<i>Rio Grande do Sul</i>	-0,0425	-0,0921	-0,1801	-0,0441	-0,0788	-0,1177
<i>Mato Grosso do Sul</i>	0,0710	0,1536	0,2992	0,0735	0,1314	0,1958
<i>Mato Grosso</i>	-0,2156	-0,4692	-0,9209	-0,2235	-0,4010	-0,5996
<i>Goiás</i>	-0,0345	-0,0754	-0,1494	-0,0357	-0,0644	-0,0966
<i>Distrito Federal</i>	-0,0283	-0,0615	-0,1205	-0,0293	-0,0526	-0,0785

A Tabela 39 também pode ser explorada para subsidiar o entendimento destes resultados. As colunas referentes aos estados que tiveram variação positiva do nível de atividade foram

destacadas para verificar quais foram as atividades responsáveis pelo resultado médio regional.

Com relação ao Estado do Acre, as atividades que tiveram aumentos do nível de atividade mais expressivos foram: *Arroz em Casca* (C1), *Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12), *Milho em Grão* (C2) e *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13). Nenhuma destas atividades apresentou variação média nacional positiva. Tal resultado, em parte, suscita o fato de que existem efeitos realocativos do uso da terra associados às mudanças climáticas, tomando como constante os termos de produtividade. Percebe-se pela Tabela 39 que dentro de cada estado diferentes atividades agrícolas apresentam variação positiva e negativa. Associado a isso, tem-se que as atividades podem deixar de ser mais concentradas com as mudanças climáticas, possuindo potencial de cultivo em outras partes do País. A produção de *Arroz em Casca* (C1) depende mais do regime de chuvas; logo, mudanças na precipitação podem tornar algumas regiões, antes impróprias, próprias para este cultivo. A região Amazônica, que possui níveis elevados de precipitação, pode tornar-se própria à produção de algumas culturas de acordo com a redução ou a intensificação das chuvas.

No Maranhão, as atividades mais importantes para o resultado encontrado foram *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13), *Cana-de-Açúcar* (C4) e *Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura* (C12). No Piauí, as principais atividades agrícolas que contribuíram para o aumento do PIB real do estado foram *Frutas Cítricas* (C10), *Soja em Grão* (C5) e *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13). Por fim, no Mato Grosso do Sul, as atividades responsáveis pela variação positiva do PIB real do estado foram *Arroz em Casca* (C1), *Mandioca* (C7), *Cana-de-Açúcar* (C4) e *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13). Valem-se destacar as contribuições destas duas últimas atividades para os resultados. A *Cana-de-Açúcar* (C5) foi uma das principais atividades responsáveis pela variação positiva do PIB real de dois dos quatro estados citados. Já a atividade *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13) foi uma das principais atividades que contribuíram para o resultado dos quatro estados citados.

Em termos gerais, os valores dos impactos são muito similares nos cenários A2 e B2 para o período 2010-2039; no entanto, tornam-se mais diferentes nos períodos 2040-2069 e 2070-2099, quando se faz imperar com maior intensidade as diferenças nas hipóteses assumidas nas projeções de temperatura e precipitação.

Figura 20 — Resultados regionais de longo prazo dos efeitos de mudanças climáticas, nível de atividade (em variação %)

Outro fato importante que pode ser destacado é com relação à atividade *Cana-de-açúcar* (C4). Em razão das mudanças climáticas, seu retorno relativo tende a aumentar, fazendo com que parte da atividade econômica seja transferida para sua produção. A maioria dos estados teve

variação positiva no seu nível de atividade. Isto demonstra que mudanças na temperatura e na precipitação fazem com que esta atividade seja mais dispersa espacialmente, uma vez que o seu principal produtor, que é o Estado de São Paulo, ofertando quase 60% de toda a produção nacional para uso intermediário, apresenta queda do PIB. O resultado negativo da maioria das atividades agrícolas reforça também o fato de que parte do nível de atividade tenha se intensificado sobre esta atividade, como consequência do aumento da demanda por insumos intermediários mais baratos pelo seu produto no mercado (que tem maior disponibilidade de oferta).

5.2.2.4. Resultados sobre nível de emissões

Pode-se destacar também outro conjunto importante de resultados produzidos pelo modelo EGC, que é referente aos efeitos de mudanças climáticas sobre o nível de emissões do uso da terra, do uso de energia e fugitivas. A Figura 21 apresenta o impacto de mudanças climáticas sobre as emissões do uso da terra regional. Vale lembrar que as emissões do uso da terra ocorrem como consequência do uso mais ou menos intensivo de terra destinada às áreas de reserva e da exploração vegetal e silvicultura. Assim, espera-se que o aumento do uso da terra, verificado na conversão de áreas de reservas em de uso produtivo agrícola, e a redução das áreas destinadas à atividade de extração vegetal para outros usos agrícolas impactem positivamente as emissões. São Paulo, Distrito Federal e Goiás foram as regiões que apresentaram aumentos mais significativos no nível de emissões do uso da terra.

Por outro lado, em Rio de Janeiro, Espírito Santo e Mato Grosso ocorreram as principais quedas nas emissões do uso da terra. Tal resultado é decorrente da hipótese de que estas emissões são governadas pela conversão mais ou menos intensa de terras de florestas em de uso agrícola. Isso foi verificado mais fortemente nos Estados de São Paulo, Goiás, Distrito Federal e Rio Grande do Norte, em ordem decrescente, no que diz respeito à conversão de áreas de florestas de reserva em de uso agrícola. Considerando a conversão de áreas de floresta da exploração vegetal e silvicultura, tem-se que Distrito Federal, Sergipe e Mato Grosso foram os estados que mais apresentaram variação positiva do nível de emissões provenientes do uso da terra.

A Tabela 41 mostra o impacto de mudanças climáticas sobre as emissões do uso de energia pelos usuários. Assim, o nível de emissões varia de acordo com a variação da demanda por

insumos intermediários pelas atividades. Foi considerado o conjunto completo dos usuários de insumos, não apenas os energéticos, uma vez que o relacionamento entre as atividades da economia com os insumos energéticos ocorrem de forma sistêmica no processo de produção. As emissões, com isso, aumentam de acordo com o uso mais intensivo dos insumos energéticos por todas as atividades da economia. Verifica-se que o impacto de mudanças climáticas altera principalmente a demanda das atividades agrícolas por insumos da economia, inclusive pelos energéticos. Como as atividades agrícolas são pouco intensivas em uso de energia em termos relativos, tem-se que os efeitos dessa alteração sobre o restante da economia são pequenos.

A Tabela 42 retrata os efeitos de mudanças climáticas sobre as emissões fugitivas das atividades e das famílias. As emissões fugitivas foram especificadas de acordo com a mudança no nível de atividade relativo. Assim como nos outros indicadores de emissões, os efeitos de mudanças climáticas são maiores no cenário A2 do que no cenário B2 e mais fortes à medida que o período de análise torna-se mais distante. As únicas atividades que tiveram aumentos nas emissões foram *Bovinos e Outros Animais Vivos* (C13) e *Metalurgia dos não Ferrosos* (C25). Como pode ser observado, em geral o resultado das variações das emissões fugitivas está em conformidade com aquele encontrado acerca do nível de atividade, com exceção para *Cana-de-Açúcar* (C4) e *Algodão Herbáceo* (C9), que apresentaram variação negativa destas emissões. Embora as mudanças climáticas provoquem aumento no nível de atividade nacional destas atividades, este fato representa o resultado médio ponderado pelo uso total de fatores primários, enquanto que as emissões não. O nível de emissões residenciais reduziu em conformidade com a variação negativa do consumo nacional das famílias para todos os períodos de análise em ambos os cenários.

Figura 21 — Efeitos de mudanças climáticas sobre emissões regionais do uso da terra (em variação %)

Tabela 41 — Efeitos de mudanças climáticas sobre emissões do uso de energia, por usuário (em variação %)

Atividades	A2			B2		
	2010-39	2040-69	2070-99	2010-39	2040-69	2070-99
C1 Arroz em Casca	-1,141	-2,492	-4,953	-1,185	-2,129	-3,181
C2 Milho em Grão	-1,206	-2,521	-4,609	-1,247	-2,177	-3,158
C3 Trigo em Grão e Outros Cereais	-3,951	-8,167	-14,905	-4,064	-7,093	-10,215
C4 Cana-de-açúcar	-1,184	-2,490	-4,687	-1,224	-2,158	-3,134
C5 Soja em Grão	-4,926	-10,978	-23,571	-4,947	-9,382	-14,461
C6 Outros Produtos e Serviços da Lavoura	-1,092	-2,356	-4,559	-1,132	-2,019	-2,998
C7 Mandioca	-0,631	-1,367	-2,663	-0,653	-1,173	-1,742
C8 Fumo em Folha	-1,761	-3,992	-7,543	-1,876	-3,299	-4,961
C9 Algodão Herbáceo	-1,224	-2,587	-4,827	-1,265	-2,227	-3,250
C10 Frutas Cítricas	-2,188	-4,550	-8,406	-2,262	-3,950	-5,688
C11 Café em Grão	-4,454	-9,059	-15,914	-4,619	-7,860	-11,193
C12 Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura	-0,944	-2,052	-3,994	-0,978	-1,754	-2,617
C13 Bovinos e Outros Animais Vivos	0,192	0,524	1,328	0,201	0,418	0,731
C14 Petróleo, Gás Natural e Carvão Mineral	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Minério de Ferro, Minerais Metálicos não Ferrosos e Minerais não Metálicos	-0,004	-0,009	-0,015	-0,005	-0,008	-0,011
C16 Alimentos e Bebidas	-0,212	-0,453	-0,864	-0,220	-0,389	-0,574
C17 Produtos Têxteis	-0,080	-0,164	-0,299	-0,082	-0,144	-0,207
C18 Papel e Celulose	-0,033	-0,070	-0,130	-0,034	-0,060	-0,088
C19 Refino e Produtos do Petróleo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C20 Álcool	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C21 Produtos Químicos	-0,011	-0,023	-0,044	-0,011	-0,019	-0,029
C22 Cimento	-0,072	-0,153	-0,280	-0,075	-0,131	-0,190
C23 Outros Produtos Minerais não Metálicos	-0,090	-0,191	-0,359	-0,094	-0,165	-0,241
C24 Ferro e Aço	-0,138	-0,290	-0,473	-0,147	-0,250	-0,322
C25 Metalurgia dos não Ferrosos	0,037	0,084	0,166	0,038	0,070	0,107
C26 Produtos de Metal, Máquinas e Equipamentos, Automóveis e Peças	-0,059	-0,119	-0,211	-0,060	-0,104	-0,148
Outros Produtos Manufaturados,						
C27 Incluindo Vestuário, Eletrodomésticos e Móveis	-0,045	-0,094	-0,177	-0,046	-0,081	-0,119
C28 Hidroeletricidade	-0,004	-0,009	-0,018	-0,004	-0,008	-0,012
C29 Termoeletricidade — Combustível Fossil	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C30 Termoeletricidade — Carvão	-0,094	-0,196	-0,356	-0,097	-0,170	-0,246
C31 Termoeletricidade — Diesel	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C32 Termoeletricidade — Gás Natural	-0,009	-0,019	-0,034	-0,010	-0,017	-0,024
C33 Termoeletricidade — Cana-de-açúcar	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000
C34 Termoeletricidade — Outras Fontes	-0,018	-0,038	-0,070	-0,019	-0,033	-0,048
C35 Transmissão e Distribuição de Eletricidade	-0,001	-0,003	-0,005	-0,001	-0,002	-0,003
C36 Distribuição Urbana de Gás Natural	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
C37 Provisão de Água e Esgoto	-0,233	-0,503	-0,973	-0,242	-0,431	-0,640
C38 Construção	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C39 Comércio	-0,164	-0,352	-0,677	-0,170	-0,302	-0,447
C40 Transporte e Correio	-0,063	-0,135	-0,258	-0,065	-0,116	-0,171
C41 Serviços	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C42 Serviços Públicos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	-0,114	-0,241	-0,446	-0,119	-0,208	-0,303

Tabela 42 — Efeitos de mudanças climáticas sobre emissões fugitivas (em variação %)

Ordem	Categorias	A2			B2		
		2010-39	2040-69	2070-99	2010-39	2040-69	2070-99
C1	Arroz em Casca	-2,784	-6,077	-12,078	-2,889	-5,191	-7,756
C2	Milho em Grão	-6,873	-14,368	-26,272	-7,109	-12,408	-18,000
C4	Cana-de-açúcar	-2,610	-5,490	-10,332	-2,699	-4,758	-6,910
C5	Soja em Grão	-11,046	-24,616	-52,852	-11,092	-21,037	-32,426
C6	Outros Produtos e Serviços da Lavoura	-3,203	-6,911	-13,372	-3,319	-5,921	-8,792
C7	Mandioca	-1,605	-3,477	-6,773	-1,662	-2,985	-4,430
C9	Algodão Herbáceo	-3,057	-6,463	-12,058	-3,160	-5,564	-8,117
C13	Bovinos e Outros Animais Vivos	0,504	1,372	3,478	0,526	1,095	1,915
C16	Alimentos e Bebidas	-1,642	-3,511	-6,698	-1,701	-3,016	-4,449
C18	Papel e Celulose	-0,154	-0,324	-0,605	-0,159	-0,279	-0,407
C21	Produtos Químicos	-0,531	-1,140	-2,192	-0,550	-0,978	-1,447
C22	Cimento	-0,545	-1,149	-2,107	-0,564	-0,988	-1,428
C23	Outros Produtos Minerais não Metálicos	-0,137	-0,289	-0,542	-0,142	-0,249	-0,364
C24	Ferro e Aço	-0,173	-0,363	-0,592	-0,184	-0,313	-0,402
C25	Metalurgia dos não Ferrosos	0,426	0,970	1,924	0,444	0,816	1,242
C26	Produtos de Metal, Máquinas e Equipamentos, Automóveis e Peças	-0,071	-0,145	-0,256	-0,073	-0,126	-0,179
C27	Incluindo Vestuário, Eletrodomésticos e Móveis	-0,138	-0,291	-0,546	-0,143	-0,251	-0,366
C37	Provisão de Água e Esgoto	-0,241	-0,520	-1,006	-0,250	-0,446	-0,662
C38	Construção	-0,215	-0,459	-0,877	-0,223	-0,395	-0,581
	Residencial	-0,640	-1,375	-2,646	-0,663	-1,180	-1,746

5.3. Mensuração dos efeitos da mudança na produtividade agrícola

Para avaliar os efeitos da mudança na produtividade agrícola observada entre 1996 e 2006, foram utilizadas como choques as informações descritas na Tabela 26, que retrata a variação (em %) da produtividade agrícola das atividades de lavoura nos estados no período de análise.⁶⁰ Na linguagem do modelo, os choques foram atribuídos ao termo exógeno de produtividade da terra de acordo com as atividades correspondentes. É suposto, portanto, que a produtividade dos outros fatores primários da economia é mantida constante.⁶¹ Valem-se

⁶⁰ Como o modelo é calibrado com informações de 2007, para a realização desta análise é feita a hipótese de que os dados de 2007 representam adequadamente a estrutura da economia de 2006, período final da análise. Tal hipótese é razoável, uma vez que entre estes dois anos não houve grande mudança estrutural da economia.

⁶¹ No modelo BLUE, existem basicamente três parâmetros tecnológicos que poderiam ser utilizados para realizar a análise dos efeitos da mudança na produtividade agrícola. Um deles é o que está sendo utilizado, referente ao termo de produtividade da terra. Os outros dois correspondem ao termo de produtividade dos fatores primários, que engloba, além do fator terra, os fatores trabalho e capital, e ao termo de produtividade total dos fatores, que engloba os fatores primários e os insumos intermediários. Decidiu-se pela análise via utilização do termo de produtividade da terra uma vez que se consegue obter uma relação mais clara entre uso da terra e nível de produção agrícola. A utilização dos termos mais generalizados poderia sobrestimar os efeitos da variação na produtividade agrícola sobre a economia.

destacar dois pontos: i) embora a classificação dos usos da terra confunda-se com a de atividades e produtos agrícolas considerados no sistema econômico do modelo, o termo de produtividade exógeno utilizado como variável de política refere-se ao conjunto de atividades agrícolas; e ii) como mencionado anteriormente, o conceito de produtividade utilizado baseia-se na razão entre produção total em toneladas e área colhida em hectares de cada região.

O fato de o modelo considerar uma especificação detalhada do uso da terra, tanto no lado da demanda quanto no lado da oferta, torna esta análise mais rica, por retratar os efeitos sistêmicos de substituição de insumos produtivos provocados por mudanças na produtividade agrícola. Espera-se com isso que atividades que tiveram aumento da produtividade apresentem aumento do nível de atividade, assim como as regiões detentoras destas e de outras atividades que estão interligadas em sua cadeia de insumos. A análise realizada no Capítulo 4 é útil para entender alguns resultados encontrados na simulação com o modelo EGC. O exercício de simulação foi realizado considerando a análise de estática comparativa e, para o ambiente econômico, foi utilizado o fechamento de longo prazo.

5.3.1. Resultados macroeconômicos

A Tabela 43 mostra os resultados dos agregados macroeconômicos de longo prazo dos efeitos da mudança na produtividade agrícola entre 1996 e 2006. Os índices de preços do consumidor e das exportações apresentaram variação negativa, indicando que os produtos destinados a estes usuários da demanda final ficaram relativamente mais baratos, enquanto que os índices de preços do investimento e dos governos regionais e federal tiveram aumento. O resultado líquido foi uma redução do índice de preços do PIB. Como reflexo, o consumo agregado das famílias, exportações e demandas dos governos apresentaram variação positiva. Em termos nacionais, observa-se um aumento da produtividade agrícola média entre 1996 e 2006. Isso indica que foi possível produzir no mínimo a mesma quantidade de produto utilizando-se a mesma quantidade de terra nacionalmente. Em outras palavras, no período em questão, houve liberação relativa de recursos na economia para o processo produtivo, uma vez que a terra foi utilizada de forma mais eficiente.

Como consequência, teve-se uma queda do retorno da terra, em razão de sua menor escassez relativa. Isso indica que o fator terra tornou-se mais competitivo em relação aos outros fatores primários, sendo, portanto, utilizado mais intensivamente. Em termos nacionais, o aumento do

nível de produtividade da terra implica mudança na estrutura dos custos de produção. Com a redução de custos de produção, maiores recursos são disponibilizados, aumentando a demanda por investimento e por trabalho. A variação positiva da remuneração do trabalho indica aumento da renda das famílias, impactando também o nível de consumo agregado destas. Pode-se observar, ainda, que o aumento na produtividade agrícola teve efeitos positivos sobre a competitividade das exportações. O resultado conjugado da demanda interna e externa contribuiu para a variação positiva do nível de atividade da economia (0,3845% do PIB real). O resultado positivo da variação equivalente (R\$ 30.682,2 milhões, de 2007) indica que houve aumento do nível agregado de bem-estar em razão do aumento da produtividade da terra.

Tabela 43 — Resultados agregados de longo prazo dos efeitos da mudança na produtividade agrícola entre 1996 e 2006

Variáveis	Variação (%)
<i>Preços</i>	
Índice de preços de investimento	0,0856
Índice de preços do consumidor	-0,1929
Índice de preços da demanda dos governos regionais	0,4684
Índice de preços da demanda do governo federal	0,4682
Índice de preços das exportações	-0,4630
Índice de preços do PIB	-0,0740
<i>Fatores primários</i>	
Remuneração agregada do capital	0,2604
Remuneração agregada do trabalho	0,7377
Remuneração agregada da terra	-32,669
Estoque de capital agregado	0,1639
<i>Demanda agregada</i>	
Consumo real agregado das famílias	0,3552
Investimento real agregado	0,1211
Demanda real agregada dos governos regionais	0,3923
Demanda real agregada do governo federal	0,3552
Volume das exportações	0,7379
<i>Outros indicadores agregados</i>	
PIB real	0,3845
Variação equivalente (R\$ milhões)	30.682,20

5.3.2. Resultados sobre as atividades e regiões

Os resultados dos efeitos da mudança na produtividade da terra agrícola indicam maiores variações no nível de atividade das atividades agrícolas, que são diretamente afetadas pelo choque de política. Os aumentos mais significativos foram observados nas atividades *Milho em Grão* (C2), *Trigo em Grão e Outros Cereais* (C3), *Café em Grão* (C11) e *Soja em Grão* (C5). As principais quedas foram observadas em *Metallurgia dos não Ferrosos* (C25) e *Cana-de-açúcar* (C5). Estes resultados ocorrem basicamente devido a dois efeitos. Primeiro, pelo efeito direto provocado pela mudança na produtividade da terra das atividades de cultura. Espera-se que atividades que tiveram aumento de produtividade da terra tenham variação positiva no nível de atividade em razão da possibilidade maior criada de produzir mais utilizando menos do fator de produção terra em termos relativos. No entanto, outro fator que deve ser considerado é o efeito de competição levado em conta no modelo. Quando a produtividade aumenta na produção de determinado bem, isso não implica que necessariamente os recursos liberados sejam empregados na produção deste mesmo bem. Tais recursos tendem a ser empregados em atividades cujos retornos relativos sejam maiores. Além disso, o ambiente econômico de simulação de longo prazo permite que os recursos tenham mobilidade entre atividades e regiões. Logo, os recursos tendem a deslocar-se para as atividades e regiões mais “dinâmicas” (Figura 22).

Os resultados de algumas atividades industriais reforçam este argumento. Percebe-se que *Alimentos e Bebidas* (C16) apresenta variação positiva significativa do nível de atividade. Isso ocorre em razão da forte associação que esta atividade tem com as atividades agrícolas na cadeia de insumos intermediários de produção. O mesmo ocorre com *Alcool* (C20); no entanto, com uma magnitude menor. Parte das outras atividades industriais apresentou variação negativa do nível de atividade, o que é esperado, uma vez que concorrem com as atividades agrícolas por insumos intermediários e primários. O resultado acerca das atividades energéticas (de C28 a C34) também é esperado, pois estas são pouco intensivas no uso de insumos agrícolas. As atividades de serviços apresentaram variação positiva do nível de atividade em razão do aumento da demanda da economia, principalmente das famílias. Além disso, estas atividades não concorrem fortemente com as atividades agrícolas por insumos intermediários e primários (Figura 22).

Figura 22 — Efeitos de longo prazo sobre as atividades da mudança na produtividade da terra agrícola entre 1996 e 2006 (em variação %)

Os resultados regionais apresentados na Figura 23 indicam que os estados que apresentaram maior variação positiva do PIB real foram Sergipe, Mato Grosso, Espírito Santo, Tocantins e Alagoas. Em geral, os resultados indicam que os principais estados afetados positivamente com a mudança no padrão espacial da produtividade da terra agrícola localizam-se no Nordeste e no Centro-Oeste. O principal responsável por este resultado em Sergipe foi o crescimento do nível de atividade de *Milho em Grão* (C2), *Mandioca* (C7) e *Arroz em Casca* (C1) no estado. Em Mato Grosso, as atividades agrícolas *Café em Grão* (C11) e *Outros Produtos e Serviços da Lavoura* (C6) apresentaram maior crescimento relativo do nível de atividade. No Espírito Santo, a atividade *Cana-de-Açúcar* (C4) teve a maior variação positiva deste nível. Fazendo uma ponte com os resultados encontrados no Capítulo 4, os obtidos pela simulação no modelo EGC reforçam a evidência da existência de convergência da produtividade agrícola principalmente com relação às atividades das culturas de *Milho em Grão* (C2), *Arroz em Casca* (C1), *Mandioca* (C7) e *Cana-de-Açúcar* (C4).

Como pode ser observado pelas Tabelas 24 e 25, os estados das regiões Sudeste e Sul apresentam os maiores níveis de produtividade agrícola das culturas. No entanto, as mudanças observadas entre 1996 e 2006 da produtividade da terra agrícola afetaram positivamente mais os estados das regiões Nordeste, Centro-Oeste e Norte do País. Isso reforça o resultado encontrado da existência de convergência da produtividade agrícola de algumas culturas como *Milho em Grão* (C2), *Cana-de-Açúcar* (C4), *Arroz em Grão* (C1) e *Mandioca* (C7). Assim como nos resultados da análise de convergência da produtividade agrícola das culturas, os resultados da simulação no modelo EGC indicam que a mudança no padrão da produtividade da terra agrícola contribui para a redução das disparidades regionais em termos de PIB real.

Figura 23 — Efeitos regionais de longo prazo da mudança na produtividade da terra agrícola entre 1996 e 2006 (em variação %)

5.4. Análise de sensibilidade sistemática

A análise de sensibilidade sistemática tem por objetivo verificar se os resultados encontrados são robustos supondo um intervalo de valores estabelecidos para os parâmetros. Uma vez que algumas hipóteses foram assumidas para o estabelecimento de alguns conjuntos de parâmetros, tal análise configura-se relevante no processo de validação dos resultados. Foram testados seis conjuntos principais de elasticidades e parâmetros do modelo: i) elasticidades de substituição do comércio regional e internacional; ii) elasticidades de substituição entre os bens do composto da agropecuária; iii) elasticidades de substituição entre bens de lavouras (formação do composto de lavouras); iv) elasticidades de substituição do uso da terra entre os usos da agropecuária; v) elasticidades de substituição do uso da terra entre os usos de lavouras; e vi) parâmetro de retorno de escala do uso da terra. Adicionalmente, foi feita a análise de sensibilidade sistemática considerando todos os seis conjuntos de elasticidades e parâmetros. Para a geração dos resultados dos efeitos de mudanças climáticas e da variação na produtividade da terra agrícola, foi adotado um valor para este parâmetro igual a 0,5, o que implica que o emprego de terra na produção agrícola incorra em um custo de transição da conversão entre os usos possíveis.

Para os testes de sensibilidade foi estabelecido um intervalo de $\pm 20\%$ para os valores dos parâmetros, com distribuição triangular e simétrica nos níveis de substituição. A partir desta definição, foram obtidos resultados da média e dos desvios-padrão, que foram utilizados para a construção de intervalos de confiança (verificados em termos de limites, inferior e superior). A obtenção dos intervalos de confiança considerou um valor igual a 3,16 desvios-padrão a partir da média (intervalos de confiança de 90% utilizando a desigualdade de Chebychev).

5.4.1. Efeitos de mudanças climáticas

As Tabelas de 44 a 50 apresentam os resultados das análises de sensibilidade sistemática das simulações dos efeitos de mudanças climáticas. Os resultados das análises de sensibilidade retratam o valor do PIB real de cada estado. Em geral, não houve mudança de sinal dentro do intervalo de confiança para nenhuma região, o que é um indicativo inicial do alcance da robustez dos resultados. A primeira tabela retrata os resultados da análise de sensibilidade em relação às elasticidade de substituição regional e internacional do PIB real. As elasticidades de substituição regional e internacional são aplicadas para produtores, investidores e consumidores no processo de substituição entre os bens dos 27 estados. Vale destacar que os efeitos de mudanças climáticas são verificados via uso da terra. A realocação da terra entre os usos possíveis altera os preços relativos dos comércios regional e internacional, que, por consequência, determinam, em parte, os impactos regionais. Em geral, os resultados desta tabela indicam a presença de robustez em relação às elasticidades de substituição dos comércios regional e internacional.

A Tabela 45 mostra os resultados do PIB real da análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição do composto da agropecuária. Este conjunto de elasticidades pode variar entre os bens e regiões, de forma que resultados diferenciados podem ocorrer em termos de maiores ou menores possibilidades de substituição regional e entre bens. Os resultados indicam elevada robustez relativa. Isso se deve à menor dependência relativa das outras atividades da economia em relação aos bens da agropecuária. Além disso, a especificação mais detalhada das atividades energéticas torna isso mais forte, uma vez que tais atividades têm uma demanda ainda menor com relação a estes bens. A Tabela 46 mostra os resultados do PIB real da análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição entre os bens de lavouras. O processo de substituição entre estes bens é balizado

por tal conjunto de elasticidades na geração do composto de lavouras. O nível de robustez dos resultados também é elevado no que condiz a este conjunto de elasticidades.

A Tabela 47 apresenta os resultados do PIB real da análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição de terra do composto da agropecuária. Os resultados mostram-se robustos à análise de sensibilidade. Vale destacar que, em parte, a pequena variação do PIB real deve-se ao fato de que apenas as atividades agrícolas demandam terra no processo de produção. Os resultados da Tabela 48 também indicam robustez da análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição de terra entre produtos de lavouras.

A Tabela 49 retrata os resultados do PIB real da análise de sensibilidade em relação ao parâmetro de retornos decrescente de escala do uso da terra. O objetivo desta análise foi verificar se a hipótese de retornos decrescente de escala é satisfatória na geração dos resultados. Como pode ser observado, os resultados são robustos, indicando que são pouco sensíveis ao valor utilizado. Isso significa que a restrição imposta com relação ao processo de conversão de terra entre os usos agrícolas tem impacto relativamente pequeno nos resultados. Por outro lado, o pouco comprometimento aos resultados do valor desse parâmetro cria maior grau de liberdade para que a especificação do ponto teórico seja utilizada sem prejuízo maior à qualidade dos resultados. Por fim, a Tabela 50 apresenta os resultados do PIB real da análise de sensibilidade em relação a todos os seis grupos de parâmetros, considerados conjuntamente. A análise de sensibilidade indica também resultados robustos neste caso.

Tabela 44 — Análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição regional e internacional, PIB real (em variação %)

Estados	A2						B2					
	2010-39		2040-69		2070-99		2010-39		2040-69		2070-99	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
<i>Rondônia</i>	-0,0179	-0,0167	-0,0390	-0,0367	-0,0770	-0,0717	-0,0185	-0,0175	-0,0334	-0,0314	-0,0498	-0,0465
<i>Acre</i>	-0,0016	0,0026	0,0007	0,0116	0,0157	0,0423	-0,0017	0,0028	-0,0005	0,0083	0,0045	0,0197
<i>Amazonas</i>	-0,0089	-0,0069	-0,0188	-0,0143	-0,0346	-0,0261	-0,0092	-0,0072	-0,0162	-0,0125	-0,0234	-0,0179
<i>Roraima</i>	-0,0099	-0,0035	-0,0201	-0,0059	-0,0353	-0,0062	-0,0103	-0,0037	-0,0176	-0,0056	-0,0249	-0,0065
<i>Pará</i>	-0,0186	-0,0156	-0,0412	-0,0341	-0,0826	-0,0682	-0,0194	-0,0161	-0,0351	-0,0290	-0,0530	-0,0438
<i>Amapá</i>	-0,0185	-0,0144	-0,0371	-0,0280	-0,0670	-0,0481	-0,0190	-0,0149	-0,0329	-0,0253	-0,0462	-0,0343
<i>Tocantins</i>	-0,1102	-0,0884	-0,2435	-0,1940	-0,4867	-0,3895	-0,1148	-0,0913	-0,2075	-0,1652	-0,3128	-0,2497
<i>Maranhão</i>	0,0306	0,0445	0,0653	0,0963	0,1256	0,1861	0,0315	0,0463	0,0561	0,0826	0,0830	0,1226
<i>Piauí</i>	0,0114	0,0256	0,0244	0,0558	0,0474	0,1088	0,0117	0,0267	0,0209	0,0478	0,0311	0,0712
<i>Ceará</i>	-0,0077	-0,0010	-0,0164	-0,0019	-0,0311	-0,0028	-0,0079	-0,0010	-0,0141	-0,0017	-0,0208	-0,0022
<i>Rio Grande do Norte</i>	-0,0262	-0,0242	-0,0559	-0,0520	-0,1068	-0,0988	-0,0270	-0,0252	-0,0479	-0,0446	-0,0709	-0,0658
<i>Paraíba</i>	-0,0412	-0,0389	-0,0888	-0,0844	-0,1720	-0,1629	-0,0426	-0,0406	-0,0760	-0,0723	-0,1130	-0,1073
<i>Pernambuco</i>	-0,0482	-0,0474	-0,1049	-0,1022	-0,2033	-0,1983	-0,0503	-0,0489	-0,0897	-0,0874	-0,1335	-0,1301
<i>Alagoas</i>	-0,0579	-0,0569	-0,1256	-0,1223	-0,2424	-0,2366	-0,0603	-0,0587	-0,1075	-0,1047	-0,1596	-0,1556
<i>Sergipe</i>	-0,1415	-0,1271	-0,3063	-0,2717	-0,5894	-0,5210	-0,1474	-0,1310	-0,2625	-0,2330	-0,3893	-0,3453
<i>Bahia</i>	-0,0287	-0,0262	-0,0623	-0,0563	-0,1201	-0,1087	-0,0300	-0,0271	-0,0534	-0,0483	-0,0792	-0,0716
<i>Minas Gerais</i>	-0,0197	-0,0192	-0,0427	-0,0422	-0,0840	-0,0831	-0,0203	-0,0200	-0,0365	-0,0360	-0,0546	-0,0540
<i>Espírito Santo</i>	-0,0919	-0,0824	-0,2000	-0,1778	-0,3890	-0,3459	-0,0958	-0,0851	-0,1713	-0,1522	-0,2550	-0,2266
<i>Rio de Janeiro</i>	-0,0188	-0,0188	-0,0410	-0,0404	-0,0797	-0,0787	-0,0196	-0,0194	-0,0351	-0,0346	-0,0522	-0,0516
<i>São Paulo</i>	-0,0167	-0,0145	-0,0362	-0,0318	-0,0710	-0,0623	-0,0173	-0,0151	-0,0310	-0,0272	-0,0463	-0,0406
<i>Paraná</i>	-0,0413	-0,0394	-0,0889	-0,0856	-0,1732	-0,1663	-0,0426	-0,0410	-0,0761	-0,0733	-0,1134	-0,1091
<i>Santa Catarina</i>	-0,0075	-0,0038	-0,0162	-0,0084	-0,0321	-0,0168	-0,0077	-0,0040	-0,0139	-0,0072	-0,0208	-0,0108
<i>Rio Grande do Sul</i>	-0,0484	-0,0364	-0,1056	-0,0785	-0,2065	-0,1535	-0,0505	-0,0375	-0,0904	-0,0672	-0,1349	-0,1003
<i>Mato Grosso do Sul</i>	0,0545	0,0871	0,1172	0,1898	0,2279	0,3701	0,0561	0,0908	0,1003	0,1624	0,1494	0,2421
<i>Mato Grosso</i>	-0,2274	-0,2032	-0,4979	-0,4403	-0,9775	-0,8642	-0,2371	-0,2097	-0,4256	-0,3764	-0,6364	-0,5628
<i>Goiás</i>	-0,0366	-0,0322	-0,0797	-0,0711	-0,1576	-0,1411	-0,0378	-0,0336	-0,0681	-0,0606	-0,1021	-0,0912
<i>Distrito Federal</i>	-0,0285	-0,0280	-0,0618	-0,0612	-0,1210	-0,1200	-0,0295	-0,0292	-0,0528	-0,0524	-0,0789	-0,0782

LI: limite inferior; LS: limite superior.

Tabela 45 — Análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição do composto da agropecuária, PIB real (em variação %)

Estados	A2						B2					
	2010-39		2040-69		2070-99		2010-39		2040-69		2070-99	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
<i>Rondônia</i>	-0,0174	-0,0174	-0,0379	-0,0379	-0,0744	-0,0744	-0,0180	-0,0180	-0,0324	-0,0324	-0,0482	-0,0482
<i>Acre</i>	0,0005	0,0005	0,0062	0,0062	0,0290	0,0290	0,0005	0,0006	0,0039	0,0039	0,0121	0,0121
<i>Amazonas</i>	-0,0079	-0,0079	-0,0165	-0,0165	-0,0304	-0,0304	-0,0082	-0,0082	-0,0144	-0,0144	-0,0206	-0,0206
<i>Roraima</i>	-0,0067	-0,0067	-0,0129	-0,0129	-0,0207	-0,0207	-0,0070	-0,0070	-0,0116	-0,0116	-0,0156	-0,0156
<i>Pará</i>	-0,0171	-0,0171	-0,0377	-0,0377	-0,0755	-0,0755	-0,0178	-0,0177	-0,0321	-0,0321	-0,0485	-0,0485
<i>Amapá</i>	-0,0164	-0,0164	-0,0326	-0,0325	-0,0575	-0,0575	-0,0170	-0,0170	-0,0291	-0,0291	-0,0402	-0,0402
<i>Tocantins</i>	-0,0995	-0,0995	-0,2188	-0,2188	-0,4383	-0,4383	-0,1031	-0,1030	-0,1864	-0,1864	-0,2814	-0,2814
<i>Maranhão</i>	0,0376	0,0376	0,0809	0,0809	0,1559	0,1561	0,0389	0,0389	0,0694	0,0694	0,1028	0,1029
<i>Piauí</i>	0,0186	0,0186	0,0402	0,0402	0,0782	0,0782	0,0192	0,0192	0,0344	0,0344	0,0512	0,0513
<i>Ceará</i>	-0,0043	-0,0043	-0,0091	-0,0091	-0,0168	-0,0168	-0,0045	-0,0045	-0,0078	-0,0078	-0,0114	-0,0114
<i>Rio Grande do Norte</i>	-0,0252	-0,0252	-0,0540	-0,0540	-0,1028	-0,1028	-0,0261	-0,0261	-0,0463	-0,0462	-0,0684	-0,0683
<i>Paraíba</i>	-0,0401	-0,0401	-0,0866	-0,0866	-0,1674	-0,1674	-0,0416	-0,0416	-0,0741	-0,0741	-0,1101	-0,1101
<i>Pernambuco</i>	-0,0479	-0,0479	-0,1035	-0,1035	-0,2008	-0,2008	-0,0496	-0,0496	-0,0886	-0,0886	-0,1318	-0,1318
<i>Alagoas</i>	-0,0575	-0,0575	-0,1240	-0,1239	-0,2395	-0,2395	-0,0595	-0,0595	-0,1061	-0,1061	-0,1577	-0,1576
<i>Sergipe</i>	-0,1345	-0,1345	-0,2892	-0,2890	-0,5558	-0,5551	-0,1393	-0,1393	-0,2478	-0,2478	-0,3675	-0,3673
<i>Bahia</i>	-0,0275	-0,0275	-0,0593	-0,0593	-0,1145	-0,1143	-0,0285	-0,0285	-0,0508	-0,0508	-0,0754	-0,0754
<i>Minas Gerais</i>	-0,0195	-0,0195	-0,0424	-0,0424	-0,0836	-0,0835	-0,0202	-0,0202	-0,0363	-0,0363	-0,0543	-0,0543
<i>Espírito Santo</i>	-0,0873	-0,0873	-0,1889	-0,1889	-0,3675	-0,3675	-0,0904	-0,0904	-0,1618	-0,1617	-0,2408	-0,2408
<i>Rio de Janeiro</i>	-0,0188	-0,0188	-0,0407	-0,0407	-0,0792	-0,0792	-0,0195	-0,0195	-0,0348	-0,0348	-0,0519	-0,0519
<i>São Paulo</i>	-0,0157	-0,0157	-0,0340	-0,0340	-0,0666	-0,0666	-0,0162	-0,0162	-0,0291	-0,0291	-0,0434	-0,0434
<i>Paraná</i>	-0,0404	-0,0404	-0,0873	-0,0872	-0,1698	-0,1697	-0,0418	-0,0418	-0,0747	-0,0747	-0,1113	-0,1112
<i>Santa Catarina</i>	-0,0056	-0,0056	-0,0123	-0,0123	-0,0245	-0,0245	-0,0058	-0,0058	-0,0105	-0,0105	-0,0158	-0,0158
<i>Rio Grande do Sul</i>	-0,0425	-0,0425	-0,0922	-0,0921	-0,1802	-0,1800	-0,0440	-0,0440	-0,0788	-0,0788	-0,1177	-0,1177
<i>Mato Grosso do Sul</i>	0,0709	0,0710	0,1535	0,1537	0,2991	0,2993	0,0735	0,0735	0,1314	0,1315	0,1958	0,1959
<i>Mato Grosso</i>	-0,2156	-0,2156	-0,4694	-0,4690	-0,9212	-0,9206	-0,2235	-0,2234	-0,4010	-0,4010	-0,5996	-0,5996
<i>Goiás</i>	-0,0345	-0,0344	-0,0755	-0,0754	-0,1494	-0,1494	-0,0357	-0,0357	-0,0644	-0,0644	-0,0967	-0,0966
<i>Distrito Federal</i>	-0,0283	-0,0283	-0,0615	-0,0615	-0,1205	-0,1205	-0,0293	-0,0293	-0,0526	-0,0526	-0,0786	-0,0785

LI: limite inferior; LS: limite superior.

Tabela 46 — Análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição entre os produtos de lavouras, PIB real (em variação %)

Estados	A2						B2					
	2010-39		2040-69		2070-99		2010-39		2040-69		2070-99	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
<i>Rondônia</i>	-0,0174	-0,0174	-0,0379	-0,0379	-0,0744	-0,0743	-0,0180	-0,0180	-0,0324	-0,0324	-0,0482	-0,0482
<i>Acre</i>	0,0005	0,0005	0,0062	0,0062	0,0290	0,0290	0,0005	0,0005	0,0039	0,0039	0,0121	0,0121
<i>Amazonas</i>	-0,0079	-0,0079	-0,0165	-0,0165	-0,0304	-0,0304	-0,0082	-0,0082	-0,0144	-0,0144	-0,0206	-0,0206
<i>Roraima</i>	-0,0067	-0,0067	-0,0129	-0,0129	-0,0207	-0,0207	-0,0070	-0,0070	-0,0116	-0,0116	-0,0156	-0,0156
<i>Pará</i>	-0,0171	-0,0171	-0,0377	-0,0377	-0,0755	-0,0755	-0,0178	-0,0178	-0,0321	-0,0321	-0,0485	-0,0485
<i>Amapá</i>	-0,0164	-0,0164	-0,0326	-0,0326	-0,0575	-0,0575	-0,0170	-0,0170	-0,0291	-0,0291	-0,0403	-0,0402
<i>Tocantins</i>	-0,0995	-0,0995	-0,2189	-0,2187	-0,4384	-0,4381	-0,1031	-0,1031	-0,1865	-0,1863	-0,2815	-0,2812
<i>Maranhão</i>	0,0376	0,0376	0,0809	0,0809	0,1560	0,1560	0,0389	0,0389	0,0694	0,0694	0,1029	0,1029
<i>Piauí</i>	0,0186	0,0186	0,0402	0,0402	0,0782	0,0783	0,0192	0,0192	0,0344	0,0344	0,0512	0,0513
<i>Ceará</i>	-0,0043	-0,0043	-0,0091	-0,0091	-0,0168	-0,0168	-0,0045	-0,0045	-0,0078	-0,0078	-0,0114	-0,0114
<i>Rio Grande do Norte</i>	-0,0252	-0,0252	-0,0540	-0,0540	-0,1028	-0,1028	-0,0261	-0,0261	-0,0463	-0,0463	-0,0684	-0,0684
<i>Paraíba</i>	-0,0401	-0,0401	-0,0866	-0,0865	-0,1675	-0,1674	-0,0416	-0,0416	-0,0741	-0,0741	-0,1101	-0,1101
<i>Pernambuco</i>	-0,0479	-0,0479	-0,1035	-0,1035	-0,2008	-0,2008	-0,0496	-0,0496	-0,0886	-0,0886	-0,1318	-0,1318
<i>Alagoas</i>	-0,0575	-0,0575	-0,1240	-0,1240	-0,2395	-0,2395	-0,0595	-0,0595	-0,1061	-0,1061	-0,1577	-0,1576
<i>Sergipe</i>	-0,1345	-0,1345	-0,2892	-0,2890	-0,5554	-0,5554	-0,1393	-0,1393	-0,2480	-0,2477	-0,3674	-0,3674
<i>Bahia</i>	-0,0275	-0,0275	-0,0593	-0,0593	-0,1144	-0,1143	-0,0285	-0,0285	-0,0508	-0,0508	-0,0754	-0,0754
<i>Minas Gerais</i>	-0,0195	-0,0195	-0,0424	-0,0424	-0,0836	-0,0836	-0,0202	-0,0202	-0,0363	-0,0363	-0,0543	-0,0543
<i>Espírito Santo</i>	-0,0873	-0,0873	-0,1890	-0,1888	-0,3675	-0,3675	-0,0904	-0,0904	-0,1618	-0,1617	-0,2408	-0,2407
<i>Rio de Janeiro</i>	-0,0188	-0,0188	-0,0407	-0,0407	-0,0792	-0,0792	-0,0195	-0,0195	-0,0348	-0,0348	-0,0519	-0,0519
<i>São Paulo</i>	-0,0157	-0,0157	-0,0340	-0,0340	-0,0666	-0,0666	-0,0162	-0,0162	-0,0291	-0,0291	-0,0435	-0,0434
<i>Paraná</i>	-0,0404	-0,0404	-0,0873	-0,0872	-0,1698	-0,1697	-0,0418	-0,0418	-0,0747	-0,0747	-0,1113	-0,1112
<i>Santa Catarina</i>	-0,0056	-0,0056	-0,0123	-0,0123	-0,0245	-0,0245	-0,0058	-0,0058	-0,0105	-0,0105	-0,0158	-0,0158
<i>Rio Grande do Sul</i>	-0,0425	-0,0425	-0,0921	-0,0921	-0,1802	-0,1800	-0,0440	-0,0440	-0,0788	-0,0788	-0,1177	-0,1177
<i>Mato Grosso do Sul</i>	0,0709	0,0710	0,1535	0,1537	0,2991	0,2993	0,0735	0,0736	0,1314	0,1315	0,1958	0,1958
<i>Mato Grosso</i>	-0,2156	-0,2156	-0,4694	-0,4689	-0,9209	-0,9209	-0,2235	-0,2233	-0,4010	-0,4010	-0,5999	-0,5994
<i>Goiás</i>	-0,0345	-0,0345	-0,0754	-0,0754	-0,1494	-0,1494	-0,0357	-0,0357	-0,0644	-0,0643	-0,0967	-0,0966
<i>Distrito Federal</i>	-0,0283	-0,0283	-0,0615	-0,0615	-0,1205	-0,1205	-0,0293	-0,0293	-0,0526	-0,0526	-0,0785	-0,0785

LI: limite inferior; LS: limite superior.

Tabela 47 — Análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição de terra do composto da agropecuária, PIB real (em variação %)

Estados	A2						B2					
	2010-39		2040-69		2070-99		2010-39		2040-69		2070-99	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
<i>Rondônia</i>	-0,0174	-0,0174	-0,0379	-0,0378	-0,0744	-0,0744	-0,0180	-0,0180	-0,0324	-0,0324	-0,0482	-0,0482
<i>Acre</i>	0,0005	0,0005	0,0062	0,0062	0,0290	0,0290	0,0005	0,0005	0,0039	0,0039	0,0121	0,0121
<i>Amazonas</i>	-0,0079	-0,0079	-0,0165	-0,0165	-0,0304	-0,0304	-0,0082	-0,0082	-0,0144	-0,0144	-0,0206	-0,0206
<i>Roraima</i>	-0,0067	-0,0067	-0,0129	-0,0129	-0,0207	-0,0207	-0,0070	-0,0069	-0,0116	-0,0116	-0,0156	-0,0156
<i>Pará</i>	-0,0171	-0,0171	-0,0377	-0,0377	-0,0755	-0,0755	-0,0178	-0,0178	-0,0321	-0,0321	-0,0485	-0,0485
<i>Amapá</i>	-0,0164	-0,0164	-0,0326	-0,0326	-0,0575	-0,0575	-0,0170	-0,0169	-0,0291	-0,0291	-0,0402	-0,0402
<i>Tocantins</i>	-0,0995	-0,0994	-0,2188	-0,2188	-0,4384	-0,4381	-0,1031	-0,1031	-0,1865	-0,1863	-0,2814	-0,2813
<i>Maranhão</i>	0,0376	0,0376	0,0809	0,0810	0,1560	0,1560	0,0389	0,0389	0,0694	0,0694	0,1028	0,1029
<i>Piauí</i>	0,0186	0,0186	0,0402	0,0402	0,0782	0,0782	0,0192	0,0192	0,0344	0,0344	0,0512	0,0513
<i>Ceará</i>	-0,0043	-0,0043	-0,0091	-0,0091	-0,0168	-0,0168	-0,0045	-0,0045	-0,0078	-0,0078	-0,0114	-0,0114
<i>Rio Grande do Norte</i>	-0,0252	-0,0252	-0,0540	-0,0540	-0,1028	-0,1028	-0,0261	-0,0261	-0,0463	-0,0463	-0,0684	-0,0684
<i>Paraíba</i>	-0,0401	-0,0401	-0,0866	-0,0866	-0,1674	-0,1674	-0,0416	-0,0415	-0,0742	-0,0741	-0,1101	-0,1101
<i>Pernambuco</i>	-0,0479	-0,0479	-0,1036	-0,1035	-0,2008	-0,2008	-0,0496	-0,0496	-0,0887	-0,0885	-0,1318	-0,1318
<i>Alagoas</i>	-0,0575	-0,0575	-0,1240	-0,1239	-0,2396	-0,2394	-0,0596	-0,0595	-0,1061	-0,1061	-0,1577	-0,1577
<i>Sergipe</i>	-0,1345	-0,1345	-0,2891	-0,2891	-0,5557	-0,5552	-0,1393	-0,1393	-0,2479	-0,2479	-0,3676	-0,3673
<i>Bahia</i>	-0,0275	-0,0275	-0,0594	-0,0593	-0,1144	-0,1144	-0,0285	-0,0285	-0,0508	-0,0508	-0,0754	-0,0754
<i>Minas Gerais</i>	-0,0195	-0,0195	-0,0425	-0,0424	-0,0836	-0,0835	-0,0202	-0,0202	-0,0363	-0,0363	-0,0543	-0,0543
<i>Espírito Santo</i>	-0,0873	-0,0873	-0,1889	-0,1889	-0,3675	-0,3675	-0,0904	-0,0904	-0,1618	-0,1617	-0,2408	-0,2408
<i>Rio de Janeiro</i>	-0,0188	-0,0188	-0,0407	-0,0407	-0,0793	-0,0792	-0,0195	-0,0195	-0,0349	-0,0348	-0,0519	-0,0519
<i>São Paulo</i>	-0,0157	-0,0156	-0,0340	-0,0340	-0,0666	-0,0666	-0,0162	-0,0162	-0,0291	-0,0291	-0,0434	-0,0434
<i>Paraná</i>	-0,0404	-0,0403	-0,0873	-0,0872	-0,1698	-0,1698	-0,0418	-0,0418	-0,0747	-0,0747	-0,1113	-0,1113
<i>Santa Catarina</i>	-0,0056	-0,0056	-0,0123	-0,0123	-0,0245	-0,0245	-0,0059	-0,0058	-0,0105	-0,0105	-0,0158	-0,0158
<i>Rio Grande do Sul</i>	-0,0425	-0,0425	-0,0921	-0,0921	-0,1802	-0,1801	-0,0441	-0,0440	-0,0789	-0,0788	-0,1177	-0,1177
<i>Mato Grosso do Sul</i>	0,0710	0,0710	0,1535	0,1536	0,2991	0,2993	0,0735	0,0735	0,1314	0,1315	0,1959	0,1959
<i>Mato Grosso</i>	-0,2157	-0,2155	-0,4693	-0,4691	-0,9209	-0,9209	-0,2234	-0,2234	-0,4012	-0,4008	-0,5997	-0,5997
<i>Goiás</i>	-0,0345	-0,0344	-0,0754	-0,0754	-0,1494	-0,1494	-0,0357	-0,0357	-0,0644	-0,0644	-0,0966	-0,0966
<i>Distrito Federal</i>	-0,0283	-0,0283	-0,0615	-0,0615	-0,1205	-0,1205	-0,0293	-0,0293	-0,0526	-0,0526	-0,0786	-0,0786

LI: limite inferior; LS: limite superior.

Tabela 48 — Análise de sensibilidade em relação às elasticidades de substituição de terra entre produtos de lavouras, PIB real (em variação %)

Estados	A2						B2					
	2010-39		2040-69		2070-99		2010-39		2040-69		2070-99	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
<i>Rondônia</i>	-0,0174	-0,0174	-0,0379	-0,0378	-0,0744	-0,0744	-0,0180	-0,0180	-0,0324	-0,0323	-0,0482	-0,0481
<i>Acre</i>	0,0005	0,0005	0,0062	0,0062	0,0290	0,0290	0,0005	0,0005	0,0039	0,0039	0,0121	0,0121
<i>Amazonas</i>	-0,0079	-0,0079	-0,0165	-0,0165	-0,0304	-0,0304	-0,0082	-0,0082	-0,0144	-0,0144	-0,0206	-0,0206
<i>Roraima</i>	-0,0067	-0,0067	-0,0129	-0,0129	-0,0207	-0,0207	-0,0070	-0,0070	-0,0116	-0,0116	-0,0156	-0,0156
<i>Pará</i>	-0,0171	-0,0171	-0,0377	-0,0377	-0,0755	-0,0755	-0,0178	-0,0177	-0,0321	-0,0321	-0,0485	-0,0485
<i>Amapá</i>	-0,0164	-0,0164	-0,0326	-0,0325	-0,0575	-0,0575	-0,0170	-0,0170	-0,0291	-0,0291	-0,0402	-0,0402
<i>Tocantins</i>	-0,0995	-0,0995	-0,2189	-0,2188	-0,4383	-0,4383	-0,1031	-0,1031	-0,1864	-0,1864	-0,2814	-0,2813
<i>Maranhão</i>	0,0376	0,0376	0,0809	0,0809	0,1560	0,1560	0,0389	0,0389	0,0694	0,0694	0,1028	0,1029
<i>Piauí</i>	0,0186	0,0186	0,0402	0,0402	0,0782	0,0783	0,0192	0,0192	0,0344	0,0344	0,0512	0,0512
<i>Ceará</i>	-0,0043	-0,0043	-0,0091	-0,0091	-0,0168	-0,0168	-0,0045	-0,0045	-0,0078	-0,0078	-0,0114	-0,0114
<i>Rio Grande do Norte</i>	-0,0252	-0,0252	-0,0540	-0,0539	-0,1028	-0,1028	-0,0261	-0,0261	-0,0463	-0,0463	-0,0684	-0,0683
<i>Paraíba</i>	-0,0401	-0,0401	-0,0866	-0,0865	-0,1674	-0,1674	-0,0416	-0,0416	-0,0741	-0,0741	-0,1101	-0,1101
<i>Pernambuco</i>	-0,0479	-0,0479	-0,1035	-0,1035	-0,2008	-0,2008	-0,0496	-0,0496	-0,0886	-0,0886	-0,1318	-0,1318
<i>Alagoas</i>	-0,0575	-0,0575	-0,1240	-0,1239	-0,2397	-0,2394	-0,0595	-0,0595	-0,1062	-0,1061	-0,1577	-0,1576
<i>Sergipe</i>	-0,1345	-0,1345	-0,2892	-0,2890	-0,5555	-0,5555	-0,1393	-0,1393	-0,2478	-0,2478	-0,3674	-0,3674
<i>Bahia</i>	-0,0275	-0,0275	-0,0593	-0,0593	-0,1144	-0,1144	-0,0285	-0,0285	-0,0508	-0,0508	-0,0754	-0,0754
<i>Minas Gerais</i>	-0,0195	-0,0195	-0,0424	-0,0424	-0,0836	-0,0836	-0,0202	-0,0202	-0,0363	-0,0363	-0,0543	-0,0543
<i>Espírito Santo</i>	-0,0873	-0,0873	-0,1889	-0,1889	-0,3675	-0,3675	-0,0905	-0,0904	-0,1617	-0,1617	-0,2408	-0,2408
<i>Rio de Janeiro</i>	-0,0188	-0,0188	-0,0407	-0,0407	-0,0792	-0,0792	-0,0195	-0,0195	-0,0348	-0,0348	-0,0519	-0,0519
<i>São Paulo</i>	-0,0157	-0,0157	-0,0340	-0,0340	-0,0666	-0,0666	-0,0162	-0,0162	-0,0291	-0,0291	-0,0434	-0,0434
<i>Paraná</i>	-0,0404	-0,0404	-0,0873	-0,0872	-0,1698	-0,1698	-0,0418	-0,0418	-0,0747	-0,0747	-0,1113	-0,1113
<i>Santa Catarina</i>	-0,0056	-0,0056	-0,0123	-0,0123	-0,0245	-0,0245	-0,0058	-0,0058	-0,0105	-0,0105	-0,0158	-0,0158
<i>Rio Grande do Sul</i>	-0,0425	-0,0425	-0,0921	-0,0921	-0,1802	-0,1801	-0,0440	-0,0440	-0,0788	-0,0788	-0,1177	-0,1177
<i>Mato Grosso do Sul</i>	0,0710	0,0710	0,1535	0,1536	0,2991	0,2993	0,0735	0,0735	0,1314	0,1314	0,1957	0,1959
<i>Mato Grosso</i>	-0,2156	-0,2156	-0,4693	-0,4690	-0,9210	-0,9210	-0,2234	-0,2234	-0,4010	-0,4010	-0,5998	-0,5994
<i>Goiás</i>	-0,0345	-0,0345	-0,0754	-0,0754	-0,1494	-0,1494	-0,0357	-0,0357	-0,0643	-0,0643	-0,0967	-0,0966
<i>Distrito Federal</i>	-0,0283	-0,0283	-0,0615	-0,0615	-0,1206	-0,1205	-0,0293	-0,0293	-0,0526	-0,0526	-0,0786	-0,0785

LI: limite inferior; LS: limite superior.

Tabela 49 — Análise de sensibilidade em relação ao parâmetro de retornos decrescente de escala do uso da terra, PIB real (em variação %)

Estados	A2						B2					
	2010-39		2040-69		2070-99		2010-39		2040-69		2070-99	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
<i>Rondônia</i>	-0,0176	-0,0171	-0,0385	-0,0372	-0,0756	-0,0732	-0,0183	-0,0177	-0,0329	-0,0318	-0,0490	-0,0474
<i>Acre</i>	0,0005	0,0005	0,0061	0,0063	0,0284	0,0296	0,0005	0,0006	0,0039	0,0040	0,0119	0,0123
<i>Amazonas</i>	-0,0081	-0,0078	-0,0168	-0,0162	-0,0309	-0,0298	-0,0084	-0,0081	-0,0146	-0,0141	-0,0210	-0,0202
<i>Roraima</i>	-0,0068	-0,0066	-0,0132	-0,0127	-0,0212	-0,0203	-0,0071	-0,0068	-0,0118	-0,0114	-0,0160	-0,0153
<i>Pará</i>	-0,0174	-0,0168	-0,0384	-0,0370	-0,0769	-0,0741	-0,0181	-0,0174	-0,0327	-0,0316	-0,0494	-0,0476
<i>Amapá</i>	-0,0167	-0,0161	-0,0332	-0,0320	-0,0586	-0,0564	-0,0173	-0,0167	-0,0296	-0,0285	-0,0410	-0,0395
<i>Tocantins</i>	-0,1011	-0,0979	-0,2226	-0,2150	-0,4465	-0,4301	-0,1048	-0,1014	-0,1896	-0,1832	-0,2864	-0,2764
<i>Maranhão</i>	0,0370	0,0382	0,0796	0,0822	0,1533	0,1587	0,0383	0,0395	0,0683	0,0705	0,1012	0,1046
<i>Piauí</i>	0,0183	0,0189	0,0395	0,0409	0,0768	0,0797	0,0189	0,0195	0,0338	0,0350	0,0504	0,0521
<i>Ceará</i>	-0,0044	-0,0042	-0,0093	-0,0089	-0,0172	-0,0165	-0,0046	-0,0044	-0,0080	-0,0077	-0,0117	-0,0112
<i>Rio Grande do Norte</i>	-0,0256	-0,0248	-0,0549	-0,0530	-0,1047	-0,1009	-0,0266	-0,0256	-0,0471	-0,0454	-0,0696	-0,0671
<i>Paraíba</i>	-0,0408	-0,0394	-0,0881	-0,0850	-0,1705	-0,1643	-0,0423	-0,0409	-0,0754	-0,0728	-0,1121	-0,1081
<i>Pernambuco</i>	-0,0487	-0,0471	-0,1053	-0,1017	-0,2045	-0,1971	-0,0505	-0,0488	-0,0901	-0,0870	-0,1342	-0,1294
<i>Alagoas</i>	-0,0585	-0,0565	-0,1261	-0,1218	-0,2438	-0,2352	-0,0605	-0,0585	-0,1079	-0,1043	-0,1604	-0,1549
<i>Sergipe</i>	-0,1368	-0,1323	-0,2940	-0,2842	-0,5650	-0,5459	-0,1416	-0,1369	-0,2520	-0,2437	-0,3737	-0,3612
<i>Bahia</i>	-0,0280	-0,0271	-0,0604	-0,0582	-0,1166	-0,1122	-0,0290	-0,0280	-0,0518	-0,0499	-0,0768	-0,0740
<i>Minas Gerais</i>	-0,0198	-0,0191	-0,0432	-0,0417	-0,0851	-0,0820	-0,0205	-0,0198	-0,0369	-0,0356	-0,0553	-0,0533
<i>Espírito Santo</i>	-0,0888	-0,0858	-0,1923	-0,1855	-0,3746	-0,3603	-0,0920	-0,0889	-0,1646	-0,1589	-0,2452	-0,2364
<i>Rio de Janeiro</i>	-0,0191	-0,0185	-0,0414	-0,0400	-0,0807	-0,0777	-0,0198	-0,0192	-0,0355	-0,0342	-0,0528	-0,0509
<i>São Paulo</i>	-0,0159	-0,0154	-0,0346	-0,0334	-0,0679	-0,0654	-0,0165	-0,0159	-0,0296	-0,0285	-0,0443	-0,0426
<i>Paraná</i>	-0,0410	-0,0397	-0,0887	-0,0858	-0,1726	-0,1669	-0,0425	-0,0412	-0,0759	-0,0735	-0,1131	-0,1094
<i>Santa Catarina</i>	-0,0057	-0,0056	-0,0125	-0,0121	-0,0248	-0,0242	-0,0059	-0,0058	-0,0107	-0,0104	-0,0160	-0,0156
<i>Rio Grande do Sul</i>	-0,0431	-0,0419	-0,0936	-0,0907	-0,1831	-0,1771	-0,0447	-0,0434	-0,0800	-0,0776	-0,1195	-0,1158
<i>Mato Grosso do Sul</i>	0,0699	0,0721	0,1510	0,1561	0,2938	0,3046	0,0724	0,0747	0,1293	0,1336	0,1925	0,1992
<i>Mato Grosso</i>	-0,2192	-0,2121	-0,4772	-0,4611	-0,9379	-0,9039	-0,2271	-0,2198	-0,4078	-0,3942	-0,6102	-0,5891
<i>Goiás</i>	-0,0350	-0,0339	-0,0766	-0,0742	-0,1518	-0,1469	-0,0363	-0,0351	-0,0654	-0,0633	-0,0982	-0,0951
<i>Distrito Federal</i>	-0,0288	-0,0278	-0,0626	-0,0604	-0,1227	-0,1183	-0,0298	-0,0288	-0,0535	-0,0517	-0,0799	-0,0772

LI: limite inferior; LS: limite superior.

Tabela 50 — Análise de sensibilidade em relação a todos os seis grupos de parâmetros, PIB real (em variação %)

Estados	A2						B2					
	2010-39		2040-69		2070-99		2010-39		2040-69		2070-99	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
<i>Rondônia</i>	-0,0180	-0,0168	-0,0392	-0,0365	-0,0773	-0,0714	-0,0186	-0,0174	-0,0335	-0,0312	-0,0500	-0,0463
<i>Acre</i>	-0,0019	0,0028	0,0007	0,0116	0,0157	0,0423	-0,0020	0,0029	-0,0005	0,0083	0,0045	0,0197
<i>Amazonas</i>	-0,0089	-0,0069	-0,0188	-0,0143	-0,0346	-0,0261	-0,0092	-0,0072	-0,0162	-0,0125	-0,0234	-0,0178
<i>Roraima</i>	-0,0099	-0,0035	-0,0201	-0,0058	-0,0353	-0,0062	-0,0103	-0,0037	-0,0176	-0,0056	-0,0249	-0,0065
<i>Pará</i>	-0,0188	-0,0155	-0,0413	-0,0340	-0,0827	-0,0681	-0,0194	-0,0160	-0,0352	-0,0290	-0,0531	-0,0437
<i>Amapá</i>	-0,0184	-0,0144	-0,0372	-0,0280	-0,0671	-0,0480	-0,0190	-0,0149	-0,0329	-0,0252	-0,0462	-0,0343
<i>Tocantins</i>	-0,1109	-0,0880	-0,2438	-0,1938	-0,4875	-0,3888	-0,1149	-0,0912	-0,2077	-0,1650	-0,3133	-0,2493
<i>Maranhão</i>	0,0304	0,0447	0,0653	0,0964	0,1254	0,1863	0,0315	0,0463	0,0560	0,0826	0,0829	0,1227
<i>Piauí</i>	0,0113	0,0258	0,0244	0,0558	0,0474	0,1089	0,0117	0,0267	0,0209	0,0478	0,0311	0,0712
<i>Ceará</i>	-0,0077	-0,0010	-0,0164	-0,0019	-0,0311	-0,0028	-0,0079	-0,0010	-0,0141	-0,0017	-0,0207	-0,0022
<i>Rio Grande do Norte</i>	-0,0262	-0,0242	-0,0562	-0,0518	-0,1073	-0,0983	-0,0271	-0,0251	-0,0481	-0,0444	-0,0712	-0,0655
<i>Paraíba</i>	-0,0413	-0,0389	-0,0893	-0,0839	-0,1730	-0,1619	-0,0428	-0,0403	-0,0764	-0,0719	-0,1136	-0,1066
<i>Pernambuco</i>	-0,0489	-0,0469	-0,1058	-0,1012	-0,2053	-0,1963	-0,0507	-0,0485	-0,0905	-0,0867	-0,1347	-0,1289
<i>Alagoas</i>	-0,0587	-0,0563	-0,1266	-0,1213	-0,2447	-0,2343	-0,0608	-0,0582	-0,1084	-0,1038	-0,1610	-0,1542
<i>Sergipe</i>	-0,1426	-0,1263	-0,3069	-0,2710	-0,5908	-0,5197	-0,1477	-0,1307	-0,2631	-0,2325	-0,3902	-0,3444
<i>Bahia</i>	-0,0290	-0,0261	-0,0625	-0,0561	-0,1206	-0,1083	-0,0301	-0,0270	-0,0536	-0,0481	-0,0795	-0,0714
<i>Minas Gerais</i>	-0,0198	-0,0191	-0,0432	-0,0416	-0,0852	-0,0819	-0,0206	-0,0198	-0,0369	-0,0356	-0,0553	-0,0533
<i>Espírito Santo</i>	-0,0927	-0,0819	-0,2006	-0,1773	-0,3902	-0,3447	-0,0960	-0,0849	-0,1717	-0,1518	-0,2556	-0,2259
<i>Rio de Janeiro</i>	-0,0192	-0,0185	-0,0415	-0,0399	-0,0808	-0,0777	-0,0199	-0,0191	-0,0355	-0,0342	-0,0529	-0,0509
<i>São Paulo</i>	-0,0167	-0,0146	-0,0363	-0,0317	-0,0712	-0,0621	-0,0173	-0,0151	-0,0311	-0,0271	-0,0464	-0,0405
<i>Paraná</i>	-0,0413	-0,0394	-0,0894	-0,0851	-0,1743	-0,1653	-0,0428	-0,0408	-0,0766	-0,0728	-0,1141	-0,1085
<i>Santa Catarina</i>	-0,0074	-0,0038	-0,0162	-0,0084	-0,0321	-0,0168	-0,0077	-0,0040	-0,0139	-0,0072	-0,0208	-0,0108
<i>Rio Grande do Sul</i>	-0,0488	-0,0362	-0,1057	-0,0785	-0,2067	-0,1534	-0,0505	-0,0375	-0,0904	-0,0671	-0,1350	-0,1002
<i>Mato Grosso do Sul</i>	0,0542	0,0877	0,1171	0,1899	0,2277	0,3703	0,0561	0,0908	0,1002	0,1625	0,1492	0,2422
<i>Mato Grosso</i>	-0,2293	-0,2020	-0,4991	-0,4392	-0,9801	-0,8617	-0,2376	-0,2092	-0,4265	-0,3755	-0,6380	-0,5613
<i>Goiás</i>	-0,0365	-0,0324	-0,0799	-0,0709	-0,1580	-0,1407	-0,0379	-0,0335	-0,0682	-0,0605	-0,1023	-0,0909
<i>Distrito Federal</i>	-0,0288	-0,0278	-0,0626	-0,0604	-0,1228	-0,1183	-0,0298	-0,0288	-0,0535	-0,0516	-0,0800	-0,0771

LI: limite inferior; LS: limite superior.

5.4.2. Análise da mudança na produtividade agrícola

A Tabela 51 apresenta os resultados do PIB real da análise de sensibilidade da simulação da mudança na produtividade da terra agrícola em relação aos conjuntos de elasticidades e parâmetros mencionados anteriormente. Assim como os resultados da análise dos efeitos de mudanças climáticas, os da análise de sensibilidade apresentaram variação pequena, não havendo mudança de sinal dentro do intervalo de confiança para nenhum estado. De acordo com esta tabela, a análise de sensibilidade mostrou-se robusta em relação a todas as elasticidades, ao parâmetro de retornos de escala utilizado e considerando conjuntamente todos os parâmetros.

Tabela 51 — Análise de sensibilidade em relação aos parâmetros selecionados, PIB real (em variação %)

Estados	Comércio		Subst. Agrop. Com.		Subst. Lav. Com.		Subst. Agrop. Terra		Subst. Lav. Terra		Ret. Esc. Terra		Conjunto	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
<i>Rondônia</i>	0,1740	0,2005	0,1884	0,1884	0,1883	0,1885	0,1884	0,1884	0,1884	0,1884	0,1764	0,2004	0,1687	0,2058
<i>Acre</i>	-0,4611	-0,4334	-0,4458	-0,4456	-0,4457	-0,4457	-0,4459	-0,4455	-0,4457	-0,4457	-0,4572	-0,4342	-0,4663	-0,4283
<i>Amazonas</i>	0,1426	0,1563	0,1497	0,1497	0,1497	0,1497	0,1497	0,1497	0,1497	0,1497	0,1468	0,1527	0,1421	0,1568
<i>Roraima</i>	0,0870	0,1399	0,1142	0,1144	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1096	0,1190	0,0867	0,1401
<i>Pará</i>	0,1601	0,2561	0,2091	0,2091	0,2090	0,2092	0,2090	0,2091	0,2091	0,2091	0,2021	0,2161	0,1591	0,2570
<i>Amapá</i>	0,3152	0,3221	0,3197	0,3197	0,3197	0,3197	0,3196	0,3198	0,3197	0,3197	0,3129	0,3266	0,3106	0,3266
<i>Tocantins</i>	1,1685	1,5164	1,3432	1,3432	1,3431	1,3434	1,3430	1,3435	1,3427	1,3437	1,3322	1,3542	1,1675	1,5175
<i>Maranhão</i>	-0,7189	-0,5740	-0,6462	-0,6460	-0,6462	-0,6460	-0,6463	-0,6459	-0,6461	-0,6461	-0,6464	-0,6458	-0,7190	-0,5740
<i>Piauí</i>	-0,3783	-0,2136	-0,2960	-0,2958	-0,2959	-0,2959	-0,2959	-0,2959	-0,2960	-0,2958	-0,2972	-0,2946	-0,3772	-0,2155
<i>Ceará</i>	0,0408	0,1239	0,0822	0,0823	0,0822	0,0822	0,0822	0,0822	0,0822	0,0823	0,0774	0,0871	0,0406	0,1241
<i>Rio Grande do Norte</i>	0,4251	0,4384	0,4319	0,4319	0,4319	0,4319	0,4319	0,4319	0,4319	0,4319	0,4271	0,4367	0,4238	0,4398
<i>Paraíba</i>	0,6716	0,7130	0,6919	0,6919	0,6919	0,6919	0,6919	0,6919	0,6916	0,6923	0,6864	0,6974	0,6711	0,7137
<i>Pernambuco</i>	0,8417	0,8868	0,8624	0,8631	0,8627	0,8627	0,8622	0,8632	0,8627	0,8627	0,8603	0,8652	0,8410	0,8878
<i>Alagoas</i>	1,1701	1,3802	1,2699	1,2702	1,2701	1,2701	1,2700	1,2700	1,2700	1,2700	1,2470	1,2932	1,1655	1,3855
<i>Sergipe</i>	4,5157	7,0594	5,7256	5,7256	5,7256	5,7256	5,7220	5,7293	5,7256	5,7256	5,3118	6,1403	4,4175	7,1638
<i>Bahia</i>	0,4578	0,5204	0,4859	0,4863	0,4859	0,4863	0,4860	0,4862	0,4861	0,4861	0,4818	0,4903	0,4558	0,5225
<i>Minas Gerais</i>	0,2407	0,2836	0,2632	0,2634	0,2631	0,2634	0,2631	0,2634	0,2633	0,2633	0,2534	0,2731	0,2379	0,2863
<i>Espírito Santo</i>	1,3829	1,5681	1,4758	1,4758	1,4758	1,4758	1,4758	1,4758	1,4753	1,4763	1,4647	1,4869	1,3815	1,5697
<i>Rio de Janeiro</i>	0,2875	0,3387	0,3143	0,3143	0,3141	0,3144	0,3142	0,3143	0,3143	0,3143	0,3061	0,3224	0,2856	0,3407
<i>São Paulo</i>	0,2420	0,2840	0,2644	0,2647	0,2646	0,2646	0,2644	0,2647	0,2645	0,2646	0,2547	0,2743	0,2388	0,2871
<i>Paraná</i>	0,3929	0,4086	0,4020	0,4023	0,4020	0,4022	0,4021	0,4021	0,4021	0,4021	0,3842	0,4199	0,3805	0,4210
<i>Santa Catarina</i>	-0,0143	-0,0002	-0,0057	-0,0057	-0,0057	-0,0057	-0,0057	-0,0057	-0,0057	-0,0057	-0,0153	0,0038	-0,0203	0,0056
<i>Rio Grande do Sul</i>	0,1178	0,3372	0,2292	0,2292	0,2292	0,2292	0,2291	0,2292	0,2291	0,2291	0,2143	0,2440	0,1159	0,3391
<i>Mato Grosso do Sul</i>	-1,4914	-1,0388	-1,2648	-1,2648	-1,2648	-1,2648	-1,2651	-1,2644	-1,2651	-1,2644	-1,2761	-1,2535	-1,4917	-1,0388
<i>Mato Grosso</i>	2,5403	2,8738	2,7077	2,7077	2,7069	2,7086	2,7077	2,7077	2,7077	2,7077	2,6741	2,7412	2,5356	2,8790
<i>Goiás</i>	0,4057	0,4297	0,4186	0,4190	0,4188	0,4188	0,4186	0,4190	0,4187	0,4189	0,4020	0,4355	0,3972	0,4381
<i>Distrito Federal</i>	0,4253	0,4548	0,4406	0,4410	0,4407	0,4408	0,4408	0,4408	0,4408	0,4408	0,4329	0,4486	0,4228	0,4572

LI: limite inferior; LS: limite superior.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver um modelo EGC capacitado para análise de políticas relacionadas ao uso da terra. Neste contexto, políticas que tendem a afetar a produção agrícola podem ser mais bem avaliadas. A atividade agrícola no Brasil desempenha um papel importante para a economia. O País possui elevada autonomia relativa na oferta de alimentos, sendo ainda o setor agrícola grande gerador de divisas no comércio internacional. Outras questões relacionadas ao uso da terra, como a discussão ambiental, têm ganhado cada vez mais espaço nos debates. Este ponto é considerado na trajetória de desenvolvimento deste trabalho ao ponderarem-se, por exemplo, a possibilidade de conversão de terra de florestas em terra de uso agrícola e emissões advindas do processo de produção de uso mais intensivo da terra.

O modelo foi aplicado na avaliação de dois problemas de pesquisa: i) mensuração dos efeitos econômicos de mudanças climáticas; e ii) obtenção dos impactos da mudança na produtividade da terra agrícola das culturas regionais entre 1996 e 2006. Portanto, um dos objetivos desta Tese foi ilustrar as possibilidades de utilização do instrumental desenvolvido. O primeiro problema alinha-se com as propostas de trabalho que têm se firmado no Brasil, principalmente aquelas concluídas e em desenvolvimento no âmbito da “Economia das Mudanças Climáticas no Brasil”. Nesta trajetória, a equipe de trabalho envolvida nestes estudos tem como objetivo gerar modelos capazes de sintetizar e acoplar informações advindas das diversas áreas consideradas (*e.g.*, energia, recursos hídricos, economia) para avaliar de forma mais adequada como o clima pode afetar não apenas a biodiversidade e a oferta de energia, mas também a estrutura produtiva da economia. A modelagem proposta neste trabalho contribui, em parte, para o desenvolvimento de trabalhos nesta linha, ao introduzir elementos específicos do uso da terra e do clima. Além disso, o fato de o modelo apresentar bens energéticos desagregados aumenta sua capacidade analítica. Outros problemas de pesquisa, então, como a avaliação dos efeitos da expansão da produção de biocombustíveis sobre o uso da terra e a economia, podem ser implementados.

O segundo problema de pesquisa concentra-se na verificação de como a variação da produtividade da terra agrícola pode repercutir sobre a economia. Esta análise envolve a discussão da localização das regiões de alta produtividade agrícola e se tal variação ocorreu de forma homogênea ou não através do espaço brasileiro. Neste caso, questões relacionadas

ao processo de desenvolvimento regional são relevantes, uma vez que, como pôde ser verificado, estados localizados principalmente nas regiões Sul e Sudeste configuram-se como detentoras dos maiores indicadores de produtividade agrícola no País.

Alinhado ao objetivo principal do trabalho e aos problemas de pesquisa analisados, o Capítulo 1 foi organizado para descrever inicialmente informações relevantes com relação à estrutura regional do uso da terra no Brasil e, em seguida, apresentar o que se sabe sobre os efeitos de mudanças climáticas no Brasil. A primeira parte suscita o fato de que a produção da maioria das culturas agrícolas é localizada relativamente no espaço brasileiro. A diferença de localização das diferentes culturas aliada ao nível desigual da produtividade agrícola representa um ponto importante de como isso pode afetar o desenvolvimento econômico regional. Neste sentido, a modelagem desenvolvida e a avaliação dos efeitos da variação na produtividade agrícola tentam trazer mais informações sobre como estas diferenças podem repercutir sobre a economia regional. Da segunda parte do Capítulo, emerge o fato de que poucos estudos foram desenvolvidos com o objetivo de analisar os efeitos de mudanças climáticas no Brasil. Além disso, a maioria dos estudos observados não teve foco sobre a esfera econômica e apresentou, quase sempre, metodologias e hipóteses distintas da utilizada neste trabalho.

A revisão de literatura realizada no Capítulo 2 mostrou-se pertinente por elucidar certos pontos. Primeiramente, descrever que a consideração do uso da terra na teoria econômica é algo tradicional na literatura, no sentido de que muitos autores clássicos colocaram este fator como elemento central de suas análises. Com o suporte destas teorias, em especial com relação à discussão sobre retornos da terra preconizada por David Ricardo, pôde-se visualizar que a consideração deste elemento poderia não só ser introduzida na análise do modelo desenvolvido como também seria essencial para a obtenção de aval teórico bem fundamentado. Além das ideias seminais sobre o papel do uso da terra agrícola na teoria econômica, foram discutidas suas influências sobre as contribuições recentes da NGE. Nas teorias baseadas nesta linha, o uso da terra tem papel de destaque porque pode determinar a localização das atividades via possibilidade de produção agrícola e/ou via custos de transporte associados. Um avanço ou ramificação em relação à parte metodológica de descrição dos modelos foi o desenvolvimento de modelos analíticos para avaliação de fenômenos da economia real. Neste sentido, alguns modelos regionais surgiram em meio a esta discussão e suprimiram esta deficiência de análise empírica. A modelagem EGC, dentre outras, emergiu

para cobrir tal lacuna metodológica tendo a vantagem de unir à sua capacidade analítica aspectos teóricos bem fundamentados.

Considerando a experiência acumulada de pesquisa de aplicação de modelos EGC para o Brasil, o presente estudo teve como uma de suas principais contribuições a construção de um modelo com a especificação detalhada do fator de produção terra, tendo como base os principais critérios teóricos mencionados anteriormente, com capacidade bem definida de análise de políticas que afetem direta ou indiretamente os bens agrícolas da economia. Assim, para a especificação do fator terra na modelagem, foram observadas as principais estratégias utilizadas de incorporação do uso da terra por outros modelos. Uma das principais que se pôde verificar foi a empregada no âmbito de estudo do GTAP, em que Zonas Agroecológicas foram utilizadas como critério de classificação do uso da terra. Nesta estratégia, o uso da terra é classificado de acordo com as características da terra. No caso daquela que o presente trabalho empregou, o uso da terra ocorre de acordo com a especificação da terra nos diferentes usos agrícolas, que é semelhante à classificação de atividades e produtos agrícolas da economia.

A descrição da estratégia utilizada de incorporação do uso da terra do modelo BLUE, bem como de suas outras características, foi realizada no Capítulo 3. O ponto de partida foi a utilização da estrutura teórica e computacional do modelo B-MARIA-27, que representa um modelo bem consolidado na literatura com capacidade ampla de análise de problemas econômicos para o Brasil. A primeira etapa na trajetória de trabalho foi introduzir a especificação do uso da terra. Inicialmente foi definida a função de demanda por terra, com dois níveis de detalhamento. No primeiro, foram adicionadas as possibilidades de substituição de terra entre onze diferentes usos de lavouras. No segundo, foram adicionadas as possibilidades de substituição de terra entre três diferentes usos: composto de lavouras, pecuária e floresta. Nesta etapa também foi definida a função de oferta de terra. Ao contrário da demanda, que era definida pelo retorno monetário da terra, a oferta de terra correspondia à quantidade física de terra empregada na produção agrícola. Dessa forma, o processo de conversão de terra foi definido de modo que mudanças na demanda implicassem mudanças físicas do uso da terra. Na etapa seguinte, foram adicionadas as possibilidades de substituição entre produtos de lavouras para uso intermediário no processo de produção. Ainda nesta etapa, foi adicionada também a possibilidade de substituição entre o composto de lavouras e os produtos correspondentes às atividades de pecuária e floresta. O procedimento herdado de

Santos (2011) constituiu a etapa final dos procedimentos básicos de mudanças em relação ao modelo B-MARIA-27, com a introdução das possibilidades de substituição energéticas.

O modelo foi calibrado com informações para o ano de 2007. A geração deste banco de dados recente exigiu que extensas etapas de trabalho fossem executadas e diversas fontes fossem utilizadas (*e.g.*, NSCN do IBGE e pesquisas específicas tais como PIA e PAS). A construção da matriz interestadual de insumo-produto teve como base uma metodologia de geração do sistema inter-regional de insumo-produto. O procedimento utilizado foi uma adaptação da abordagem de Chenery-Moses para gerar os coeficientes inter-regionais de insumo-produto para o Brasil. Os dados de uso da terra foram obtidos do Censo Agropecuário de 2006 e usados para calibrar a demanda e a oferta de terra. Para desagregar os bens energéticos, a estrutura do modelo ENERGY-BR foi utilizada. Na trajetória de trabalho foi observada a necessidade da utilização de um sistema econômico com especificação atividade×produto para a captação da competição de terra entre os usos possíveis.

Foram duas as análises iniciais implementadas no trabalho e descritas no Capítulo 4. A primeira correspondeu à identificação dos bens e das regiões mais importantes estruturalmente para a economia. Isso incluiu uma análise mais detalhada da determinação de atividades-chave da economia e dos bens e das regiões mais influentes. O fato de o modelo ter em seu banco de dados bens agrícolas e de energia desagregados acresce valor a esta análise, uma vez que o nível de relacionamento pôde ser verificado com mais detalhe. Pôde ser observado que, nacionalmente, as atividades industriais são aquelas mais influentes e com maior potencial de gerar encadeamentos na economia. Regionalmente, as atividades industriais também são as principais geradoras de encadeamentos na economia; no entanto, os resultados foram distintos entre os estados. Isto é reflexo da heterogeneidade espacial da estrutura produtiva brasileira. A segunda análise foi a fim de verificar o padrão espacial da produtividade agrícola das culturas no Brasil. Seu objetivo consistiu primeiramente na identificação de regiões com níveis baixo e alto de produtividade agrícola. O resultado desta análise indicou a presença de uma ampla heterogeneidade espacial na distribuição da produtividade agrícola das culturas para os anos de 1996 e 2006. Os estados das regiões Sul e Sudeste configuraram-se como os detentores dos maiores níveis de produtividade agrícola em ambos os anos. A análise de convergência indicou a existência de convergência significativa da produtividade agrícola das culturas de arroz em casca, milho em grão, cana-de-açúcar, mandioca e frutas cítricas. Tal resultado indica uma redução da heterogeneidade espacial em

termos de produtividade agrícola destas culturas no período analisado, uma vez que os estados das regiões Sul e Sudeste apresentam os níveis de produtividade agrícola mais elevados. Concomitantemente, os resultados destas duas análises subsidiam o melhor entendimento da análise da mensuração dos efeitos da mudança na produtividade da terra agrícola sobre a economia.

Nas simulações com o modelo BLUE, primeiramente foram obtidos os efeitos de mudanças climáticas sobre a economia. Para a geração dos resultados desta análise foi utilizada uma estratégia de integração do modelo EGC com um modelo econométrico do uso da terra. Este modelo procurou estimar o grau de sensibilidade da alocação da terra a um conjunto de variáveis, incluindo temperatura e precipitação. A partir dos parâmetros estimados, elasticidades da alocação de terra entre diferentes usos e regiões em relação a mudanças na temperatura e na precipitação foram calculadas. A integração destas elasticidades com o modelo EGC ocorreu via função da demanda por terra. Dessa forma, mudanças de temperatura e precipitação, ponderadas por estas elasticidades, deslocariam a demanda por terra, dependendo da magnitude e do sinal das elasticidades. As simulações consideram dois cenários de mudanças climáticas do IPCC, A2 e B2, para projeções da temperatura e da precipitação para os intervalos de tempo 2010-2039, 2040-2079 e 2070-2099 em relação aos valores médios do período 1975-2005.

Dadas as hipóteses assumidas de substituição entre bens agrícolas, energéticos e dos usos da terra, os resultados destas simulações sugerem um impacto adverso sobre o nível de atividade econômica nacional, uma vez que as mudanças climáticas exigem, na média, um uso maior de terra na atividade agrícola. Isso ocorre devido ao fato de a variação na temperatura e na precipitação tornar áreas apropriadas para produção no primeiro instante impróprias no segundo. Este é o resultado médio, visto que áreas antes impróprias para a produção podem tornar-se apropriadas com as mudanças climáticas. Por exemplo, a variação de temperatura tende a aumentar o nível de atividade da cana-de-açúcar, mas o efeito regional dependerá da estrutura produtiva dos estados. O PIB real nacional é afetado negativamente, em razão da menor oferta de bens agrícolas e de remuneração do trabalho e do capital na economia, impactando os índices de preços desta, a renda e as demandas agregadas. Os resultados das atividades mostraram que as atividades agrícolas foram as mais afetadas negativamente, exceto *Cana-de-açúcar* (C4) e *Algodão Herbáceo* (C9), que tiveram aumento do nível de atividade. Em razão da interdependência das atividades, *Alimentos e Bebidas* (C16) foi a

atividade não agrícola mais afetada negativamente. As atividades energéticas, pouco intensivas em insumos agrícolas, foram aquelas menos afetadas. Em termos regionais, quase todos os estados tiveram variação negativa do PIB real. Os Estados de Mato Grosso e de Sergipe foram os mais afetados negativamente. Uma vez que as projeções indicam ao longo do tempo um efeito maior das mudanças climáticas e mais intenso no cenário A2 do que no B2, tem-se que os resultados não mudam de sinal, mas apenas de magnitude.

Outro exercício de simulação realizado avaliou os efeitos da variação da produtividade da terra agrícola das culturas nos estados brasileiros. Os resultados macroeconômicos indicaram um aumento do PIB, real em decorrência, de um lado, da liberação de recursos que o aumento da produtividade propicia e, de outro, da variação positiva da demanda agregada. A maioria das atividades da economia apresentou variação positiva do nível de atividade, principalmente aquelas agrícolas. *Alimentos e Bebidas* (C16) e *Álcool* (C20) foram as atividades não agrícolas mais afetadas positivamente, devido ao seu grau de ligação com as atividades agrícolas na cadeia de insumos. As atividades energéticas, ao contrário, foram as menos afetadas. Em termos regionais, alguns estados apresentaram variação negativa do PIB real. Isso ocorreu, em parte, como consequência do efeito competição inter-regional no processo de produção. Como o ambiente econômico é de longo prazo, recursos tendem a deslocar-se para atividades e regiões mais “dinâmicas”, criando um efeito competição. Vale observar com relação a esta simulação que os estados mais afetados positivamente localizam-se de modo principal nas regiões Nordeste e Centro-Oeste do País. Assim, a mudança na produtividade da terra agrícola das culturas estimulou o deslocamento de parte dos recursos em direção às atividades destes estados. Como estes não detêm os níveis mais elevados de produtividade agrícola e de PIB, suscita-se o fato de que a mudança no padrão espacial da produtividade da terra agrícola entre 1996 e 2006 contribuiu para a redução das desigualdades regionais.

Para verificar se os resultados dos exercícios de simulação eram robustos aos principais conjuntos de elasticidades e parâmetros utilizados, testes de sensibilidade sistemática foram realizados. Os resultados destes testes indicaram um nível elevado de robustez em relação a variações nos valores das elasticidades e parâmetros. Tal resultado transmite maior grau de confiança para o pesquisador em aplicar hipóteses mais realistas nas definições das funções comportamentais sem obter prejuízos quanto à validade dos resultados (*e.g.*, hipótese de retornos decrescentes de escala no uso da terra).

O desenvolvimento de um modelo EGC com uso da terra abre algumas possibilidades de aplicação da ferramenta para análises específicas, fazendo parte de uma agenda de pesquisa futura promissora. Talvez um dos principais temas, e que desperta grande interesse atualmente, diga respeito às políticas relacionadas aos biocombustíveis. O modelo BLUE poderia ser aplicado para avaliar como a expansão da produção de etanol poderia afetar o padrão de uso da terra, a produção dos bens da economia e as exportações. Outra possibilidade de aplicação seria a projeção de efeitos de políticas ambientais específicas, tais quais, por exemplo, as que estimulem o aumento de áreas de preservação de florestas. Neste caso, seriam obtidos os custos de oportunidade de uma maior preservação ambiental em termos de produção agrícola e de outros produtos da economia. Haveria possibilidade de aplicação da análise com dinâmica recursiva, considerando trajetórias para a economia de forma compatível com a expansão da produção de biocombustíveis ou de áreas de floresta de reserva legal. Além disso, para casos específicos de análise, alguns avanços metodológicos poderiam ser necessários. No caso da análise de políticas de biocombustíveis o modelo poderia ser capacitado para reconhecer mais tipos de biocombustíveis além do etanol. Nesta linha, poderia se realizar uma especificação mais detalhada da cadeia do produto *Cana-de-açúcar* (C4), uma vez que este é um importante insumo de produção para as atividades *Álcool* (C20), *Alimentos e Bebidas* (C16) e *Termoeletricidade — Cana-de-açúcar* (C33). Assim, embora o presente trabalho não explore com detalhes a ligação entre atividades agrícolas e energéticas, potencial para aplicação futura existe.

Em resumo, esta Tese apresentou uma forma de introduzir aspectos mais detalhados do uso da terra na modelagem EGC. Tarefa que se mostrou pertinente, uma vez que possibilitou a melhor representação da cadeia produtiva relacionada às atividades agrícolas. Casos em que a análise foca nestas atividades, considerar uma estrutura mais adequada com relação à forma de utilização da terra mostra-se imperativa. Considerar diferentes usos da terra na estrutura produtiva agrícola permite que se identifique de modo mais apropriado como a propagação de uma política exógena sobre o uso da terra ou sobre os bens agrícolas pode afetar o sistema econômico. O desenvolvimento do modelo EGC com uso da terra em um contexto de análise regional abre espaço para que novas aplicações sejam realizadas utilizando-se esta metodologia. Neste sentido, novos desafios podem surgir. A avaliação dos efeitos econômicos de mudanças climáticas realizada na Tese exigiu que uma estratégia de integração fosse utilizada. Isto acrescentou mais valor à análise, pois a integração permitiu que aspectos

biofísicos da terra, muitas vezes difíceis de serem introduzidos na modelagem EGC, fossem considerados.

REFERÊNCIAS

ADAMS, Philip *et al.* **MMRF: Monash Multi-Regional Forecasting Model: a dynamic multi-regional model of the Australian economy. General Paper.** Clayton: Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University, n. G-223, 2010. Disponível em: <<http://www.monash.edu.au/policy/>>.

_____. **Report on modelling for a consultancy examining the microeconomic and regional impacts of a domestic trading scheme for carbon permits.** Allen Consulting and the Victorian Treasury, 46 pages, 2000a.

_____. **Report on modeling for a consultancy examining the microeconomic impacts of an efficiency standards measure.** Clayton: Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University, 2000b.

_____. **MMRF-GREEN: a dynamic multi-regional applied general equilibrium model of the Australian economy, based on the MMR and MONASH models.** Clayton: Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University, 2002. Draft documentation prepared for the Regional GE Modelling Course.

_____. **MMRF-GREEN: a dynamic multi-regional applied general equilibrium model of the Australian economy, based on the MMR and Monash models. Working Paper.** Clayton: Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University, n. G-140, 2003. Disponível em: <<http://www.monash.edu.au/policy/>>.

ADAMS, Philip. *Medium-term forecasts of energy usage: an application of the MMRF-GREEN tops-down model.* **Centre of Policy Studies and IMPACT Centre**, Monash University, 2002. Disponível em: <<http://www.iea-etsap.org/web/Workshop/worksh7-7/JS-Adams-paper.pdf>>.

AHAMMAD, Helal; MI, Raymond. *Land use change modeling in GTEM: accounting for forest sinks.* **ABARE Conference paper 05.13.** Canberra: ABARE project 2781, 2005.

AHMED, Amer Syud *et al.* *Calibration of a land cover supply function using transition probabilities.* **GTAP Research Memorandum No 12.** West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, 2008.

ALMEIDA, Eduardo Simões *et al.* *Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil?* **Revista de Economia e Sociologia Rural.** Rio de Janeiro, v. 46, n. 1, p. 31-52, 2008.

ALMEIDA, Eduardo Simões. **Um modelo de equilíbrio geral aplicado espacial para planejamento e análise de políticas de transporte.** São Paulo, 2003. 258 f. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) — Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo.

ALONSO, William. *Location and land use: toward a general theory of land rent*. Cambridge: Harvard University Press, 1964.

AL-RIFFAI, Perrihan *et al.* *Global trade and environmental impact study of the EU biofuels mandate*. **International Food Policy Research Institute (IFPRI) report**, 2010. Disponível em: <<http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/biofuelsreportec.pdf>>.

ANSELIN, Luc; BERA, Anil. *Spatial dependence in linear regression models with an introduction to spatial econometrics*. In: ULAH, Aman; GILES, David (Eds.). **Handbook of applied economic statistics**. New York: Marcel Dekker, 1998. p. 237-289,

ANSELIN, Luc. *Exploring spatial data with GeoDa: a workbook*. Center for Spatially Integrated Social Science. Urbana-Champaign: University of Illinois, 2005.

_____. *Local indicators of spatial association — LISA*. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.

_____. *SpaceStat tutorial: a workbook for using SpaceStat in the analysis of spatial data*. Urbana-Champaign: University of Illinois, 1992.

_____. *Spatial econometrics: methods and models*. Kluwer Academic: Boston, 1988.

_____. *The Moran scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association*. In: FISCHER, Manfred *et al* (Eds.). **Spatial analytical perspectives on GIS**. Londres: Taylor & Francis, 1996.

ANTOINE, Blandine *et al.* *Will recreation demand for land limit biofuels production?* **Journal of Agricultural & Food Industrial Organization**, v. 6, 2008.

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

ARNDT, Channing. *An introduction to systematic sensitivity analysis via gaussian quadrature*. **GTAP Technical Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 2, 1996. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/39.pdf>>.

ARNDT, Channing *et al.* *Gender implications of biofuels expansion in Africa: the case of Mozambique*. **World Development**, v. 39, n. 9, p. 1649-1662, 2011.

ARNDT, Channing *et al.* *Parameter estimation for a computable general equilibrium model: a maximum entropy approach*. **TMD Discussion Paper**: Trade and Macroeconomics Division — International Food Policy Research Institute, n. 40, 2001. Disponível em: <<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/42456/2/tmdp40.pdf>>.

ARNDT, Channing; HERTEL, Thomas. *Revising “the fallacy of free trade”*. **Review of International Economics**, v. 5, n. 2, p. 221-229, 1997.

ARROW, John Kenneth. *An extension of the basic theorems of classical welfare economics*. **Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability**. Berkeley and Los Angeles: University of California Press, p. 507-532, 1951. Disponível em: <http://projecteuclid.org/DPubS/Repository/1.0/Disseminate?view=body&id=pdf_1&handle=euclid.bsmsp/1200500251>.

ARROW, John Kenneth; DEBREU, Gerard. *The existence of an equilibrium for a competitive economy*. **Econometrica**, v. 22, n. 3, p. 265-290, 1954.

ARROW, John Kenneth; HAHN, Frank Horace. *General competitive analysis*. San Francisco: Holden-Day, 1971.

AVZARADEL, Ana Carolina. Inventário brasileiro de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal. In: MOTTA, Ronaldo *et al.* (Org.). **Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2011.

AZAR, Christian; JOHANSSON, Daniel. *Valuing the non-CO₂ climate impacts of aviation*. **Climatic Change**. *Forthcoming*, 2011.

BAKER, William. *A review of models of landscape change*. **Landscape Ecologic**, v. 2, n. 2, p. 111-133, 1989.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL — BEN. Ministério de Minas e Energia, Brasília — DF, 2011. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>.

BALDWIN, Richard. *Agglomeration and endogenous capital*. **European Economic Review**, v. 43, n. 2, p. 253-280, 1999.

BANDARA, Jayatilleke. *Computable general equilibrium models for development policy analysis in LDCs*. **Journal of Economic Surveys**, v. 5, n. 1, p. 3-69, 1991.

BANSE, Martin *et al.* *Will EU biofuel policies affect global agricultural markets?* **European Review of Agricultural Economics**, v. 35, n. 2, p. 117-141, 2008.

BANSE, Martin; SORDA, Giovanni. *Impact of different biofuel policy option on agricultural production and land use in Germany*. **Agricultural and Food Markets After the Boom**, GeWiSoLa, Kiel, 2009. Disponível em: <<http://www.uni-kiel.de/gewisola2009/beitrage/v1korrigiert.pdf>>.

BARBIER, Edward. *The economics of tropical deforestation and land use: an introduction to the special issue*. **Land Economics**, v. 77, n. 2, p. 155-171, 2001.

BARBOSA, Eduardo Colagrossi Paes. **Mudanças climáticas e o padrão do uso do solo no Brasil**. São Paulo, 2011. 78 p. Dissertação (Mestrado em Teoria Econômica) — Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo.

BARCELLOS, Christovam *et al.* Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009.

BARRO, Robert; SALA-I-MARTIN, Xavier. **Economic growth**. New York, MacGraw-Hill, 1995.

BASHAASHA, Bernard *et al.* Land use impacts of agricultural intensification and fuelwood taxation in Uganda. **Land Economics**, v. 77, n. 2, p. 241-249, 2001.

BAUMOL, William. *Productivity growth, convergence, and welfare: what the long-run show*. **American Economic Review**, v. 76, n. 5, p. 1072-85, 1986.

BECKMAN, Jayson; HERTEL, Thomas. *Validating energy-oriented CGE models*. **GTAP Working Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 54, 2010. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/4650.pdf>>.

BELGODERE, Antoine; VELLUTINI, Charles. *Identifying key elasticities in a CGE model: a Monte-Carlo approach*. **ECOPA Working Paper**: Economic Policy Analysis, n. 11, 2009. Disponível em: <<http://ecopa.com/attachment/280516/>>.

BERGMAN, Lars. *The development of computable general equilibrium modeling*. In: BERGMAN, Lars *et al* (Eds.). **General equilibrium modeling and economic policy analysis**. Oxford: Basil Blackwell, 1990.

BERNDT, Ernst; CHRISTENSEN, Laurits. *Testing for the existence of a consistent aggregate index of labor inputs*. **The American Economic Review**, v. 64, n. 3, p. 391-404, 1974.

BERNDT, Ernst; WOOD, David. *Technology, prices, and the derived demand for energy*. **Review of Economics & Statistics**, v. 57, n. 3, p. 259-268, 1975.

BERNTSEN, Terje *et al.* Climate response to regional emissions of ozone precursors: sensitivities and warming potentials. **Tellus B**, v. 57, n. 7, p. 283-304, 2005.

BERTOLA, Giuseppe; ICHINO, Andrea. *Wage inequality and unemployment: United States versus Europe*. **NBER Macroeconomics Annual**, v. 10, p. 13-54, 1995.

BIRUR, Dileep *et al.* *Impact of biofuel production on world agricultural markets: a computable general equilibrium analysis*. **GTAP Working Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 53, 2008. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/4034.pdf>>.

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

BOUËT, Antoine *et al.* *Modeling the global trade and environmental impacts of biofuel policies*. **IFPRI Discussion Paper (01018)**, International Food Policy Research Institute, 2010. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/5395.pdf>>.

BOVENBERG, Ary Lans; MOOIJ, Ruud. *Environmental levies and distortionary taxation*. **The American Economic Review**, v. 84, n. 4, p. 1085-1089, 1994.

BOYD, Roy; SELDON, Barry. *Revenue and land-use effects of proposed changes in six taxes: a general equilibrium perspective*. **Land Economics**, v. 67, n. 3, p. 365-374, 1991.

BRASIL. Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, v. 149, n. 102, p. 168, 28 maio, 2012. Seção 1. pt. 1.

BRITZ, Wolfgang; HERTEL, Thomas. *Impacts of EU biofuels directives on global markets and EU environmental quality: an integrated PE, global CGE analysis*. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 142, p. 102-109, 2011.

BRÖCKER, Johannes. *Operational spatial computable general equilibrium modeling*. **The Annals of Regional Science**, v. 32, n. 3, p. 367-387, 1998.

BUREAU, Jean-Christophe; MAHÉ, Louis-Pascal. *CAP reform beyond 2013: an idea for a longer view*. **Studies & Research 64**. Notre Europe, 2008. Disponível em: <http://www.notre-europe.eu/uploads/tx_publication/Etude64-CAP-Propositions-EN_01.pdf>.

BURNIAUX, Jean-Marc. *Incorporating carbon sequestration into CGE models: a prototype GTAP model with land use*. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, 2002. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/1219.pdf>>.

BURNIAUX, Jean-Marc; LEE, Huey-Lin. *Modelling land use changes in GTAP*. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, 2003. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/1509.pdf>>.

BURNIAUX, Jean-Marc; TRUONG, Truong. *GTAP-E: An energy environmental version of the GTAP model*. **GTAP Technical Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 16, 2002. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/1203.pdf>>.

BUSSOLO, Maurizio *et al.* *Global climate change and its distributional impacts*. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, 2008. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3878.pdf>>.

CARTER, Michael; YAO, Yang. *Local versus global separability in agricultural household models: the factor price equalization effect of land transfer rights*. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 84, n. 3, p. 702-715, 2002.

CASTELLA, Jean-Christophe *et al.* *Combining top-down and bottom-up modelling approaches of land use/cover change to support public policies: application to sustainable management of natural resources in Northern Vietnam*. **Land Use Policy**, v. 24, p. 531-545, 2007.

CATTANEO, Andrea. *Deforestation in the Brazilian Amazon: comparing the impacts of macroeconomic shocks, land tenure, and technological change*. **Land Economics**, v. 77, n. 2, p. 219-240, 2001.

CHENERY, Hollis. *Interregional and international input-output analysis*. In: BARNA, Tibor (Ed.). *The structure interdependence of the economy*. New York: Wiley, 1956. p. 341-356

CLIFF, Andrew David; ORD, Keith. *Spatial processes: models and applications*. London: Pion, 1981.

CLINE, William. *Global warming and agriculture: impact estimates by country*. Washington: Center for Global Development, 2007.

CONFALONIERI, Ulisses. Mudança climática global e saúde humana no Brasil. **Parcerias Estratégicas**. Brasília, n. 27, 2008.

COXHEAD, Ian; JAYASURIYA, Sisira. *Technical change in agriculture and land degradation in developing countries: a general equilibrium analysis*. **Land Economics**, v. 70, n. 1, p. 20-37, 1994.

DALL'ERBA, Sandy. *Productivity convergence and spatial dependence among Spanish regions*. **Journal of Geographical Systems**, v. 7, p. 207-227, 2005.

DARWIN, Roy. *A farmer's view of the Ricardian approach to measuring agricultural effects of climatic change*. **Climatic Change**, v. 41, n. 3-4, p. 371-411, 1999.

DARWIN, Roy *et al.* *Land use and cover in ecological economics*. **Ecological Economics**, n. 17, p. 157-181, 1996.

_____. *World agriculture and climate change: economic adaptations*. **Agricultural Economic Report**. Washington: USDA, n. 703, 1995.

DARWIN, Roy; TOL, Richard. *Estimates of the economic effects of sea level rise*. **Environmental and Resource Economics**, n. 19, p. 113-129, 2001.

DAX, Thomas. *The redefinition of Europe's less favoured areas*. **MPRA Paper**. Munich Personal RePEc Archive, n. 711, 2005. Disponível em: <http://mpa.ub.uni-muenchen.de/711/1/MPRA_paper_711.pdf>.

DEBREU, Gerard. *The coefficient of resource utilization*. **Econometrica**, v. 19, n. 3, p. 273-292, 1951.

DECALUWÉ, Bernard; MARTENS, Andre. *CGE modeling and developing economies: a concise empirical survey of 73 applications to 26 countries*. **Journal of Policy Modeling**, v. 10, n. 4, p. 529-68, 1988.

DENNY, Michael; FUSS, Melvyn. *The use of approximation analysis to test for separability and the existence of consistent aggregates*. **The American Economic Review**, v. 67, n. 3, p. 404-418, 1977.

DEVUYST, Eric; PRECKEL, Paul. *Sensitivity analysis revisited: a quadrature-based approach*. **Journal of Policy Modeling**, v. 19, n. 2, p. 175-185, 1997.

DIMARANAN, Betina (Ed.). *Global trade, assistance, and production: the GTAP 6 data base*. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, Purdue University, 2006. Disponível em: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/databases/v6/v6_doco.asp>.

DIXIT, Avinash; STIGLITZ, Joseph. *Monopolistic competition and optimum product diversity*. **The American Economic Review**, v. 67, n. 3, p. 297-308, 1977.

DIXON, Peter *et al.* *Notes and problem in applied general equilibrium economics*. Amsterdam: North-Holland, 1980.

_____. **ORANI: a multisectoral model of the Australian economy**. Amsterdam: North-Holland, 1982.

_____. *Saving the southern Murray-Darling Basin: the economic effects of a buyback of irrigation water*. **Economic Record**, v. 87, n. 276, p. 153-168, 2011.

DIXON, Peter; PARMENTER, Briam. *Computable general equilibrium modelling for policy analysis and forecasting*. In: AMMAN, Hans *et al.* (Eds.). **Handbook of computational economics**. Amsterdam: Elsevier Science, 1996. v. 1, p. 3-85.

DIXON, Peter; RIMMER, Maureen. **Dynamic general equilibrium modeling for forecasting and policy: a practical guide and documentation of MONASH**. Amsterdam: North-Holland, 2002.

_____. *Forecasting and policy analysis with a dynamic CGE model of Australia*. **Working Paper**. Melbourne: Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University, op-90, 1998. Disponível em: <<http://www.monash.edu.au/policy>>.

DOMINGUES, Edson Paulo. **Dimensão regional e setorial da integração brasileira na Área de Livre Comércio das Américas**. São Paulo, 2002.
228 p. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) — Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo.

DOMINGUES, Edson Paulo; HADDAD, E. A. Política tributária e re-localização. **Revista Brasileira de Economia**, v. 57, n. 4, p. 849-871, 2003.

DOMINGUES, Edson Paulo *et al.* Cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos na região Nordeste. **Texto para discussão**. Belo Horizonte: CEDEPLAR, n. 340, 2008.

_____. Infra-estrutura, crescimento e desigualdade regional: uma projeção dos impactos dos investimentos do PAC em Minas Gerais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 39, n. 1, 2009.

DURANTON, Gilles. *Some foundations for Zipf's law: product proliferation and local spillovers*. **Regional Science and Urban Economics**, v. 36, p. 542-563, 2006.

ECONOMIA & ENERGIA. Versão atualizada dos dados utilizados para a geração do relatório final do projeto “Fornecimento de instrumentos de avaliação de emissões de gases de efeito estufa acopladas a uma matriz energética” publicado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação — MCTI, Brasília - DF, 2005. 2011. Disponível em: <http://ecen.com/ftp_pag/download.htm>.

EICKHOUT, Bas *et al.* The impact of environmental and climate constraints on global food supply. **GTAP Working Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 47, 2008. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3678.pdf>>.

EMBRAPA. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. 2008. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/aquecimentoglobal.pdf>>.

EZCURRA, Roberto *et al.* *Spatial disparities in the European agriculture: a regional analysis*. **Applied Economics**, v. 40, p. 1669-1684, 2008.

FAO. FAOSTAT data, *Food and agriculture organization of the United Nations*. 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/default.aspx>>.

_____. *Land cover classification system: classification concepts and user manual*. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, 2000. Versão atualizada (2005). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/008/y7220e/y7220e00.htm>>.

_____. **State of the world's forests 2003**. Rome: Food and Agricultural Organization (FAO) of the United Nations, 2003. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/005/Y7581E/Y7581E00.HTM>>.

FARIA, Weslem Rodrigues; HADDAD, Eduardo Amaral. Estimção das elasticidades de substituição do comércio regional do Brasil. **Texto para Discussão**. São Paulo: NEREUS, FEA-USP, n. 1, 2011.

FEAM — FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Avaliação de impactos de mudanças climáticas sobre a economia mineira**: relatório resumo. Belo Horizonte, 2011.

FÉRES, José *et al.* Mudanças climáticas globais e seus impactos sobre os padrões de uso do solo no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 37, 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2009.

FERREIRA FILHO, Joaquim Bento; HORRIDGE, Mark. *Climate change impacts on agriculture and internal migrations in Brazil*. In: **Thirteenth Annual Conference on Global Economic Analysis**, Penang, Malaysia, 2010. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/5082.pdf>>.

_____. *Economic integration, poverty and regional inequality in Brazil*. In: **Seventh Annual Conference on Global Economic Analysis**, Washington, 2004.

FINGLETON, Bernard; BADDELEY, Catherine. *Globalisation and wage differentials: a spatial analysis*. **The Manchester School**, v. 79, n. 5, p. 1018-1034, 2011.

FISCHER, Günther *et al.* *Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st century: methodology and results*. **Research Report RR-02-02**. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) and Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, 2002. Disponível em: <<http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/SAEZ/index.html>>.

FISCHER, Manfred; STIRBÖCK, Claudia. *Pan-European regional income growth and club-convergence: insights from a spatial econometric perspective*. **The Annals of Regional Science**, v. 40, p. 693-721, 2006.

FISCHER, Manfred; STUMPNER, Peter. *Income distribution dynamics and cross-region convergence in Europe: spatial filtering and novel stochastic kernel representations*. **Journal of Geographical Systems**, v. 10, p. 109-139, 2008.

FLORAX, Raymond *et al.* *Specification searches in spatial econometrics: the relevance of Hendry's methodology*. **Regional Science and Urban Economics**, v. 33, n. 5, p. 557-579, 2003.

FORSTER, Piers *et al.* *Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing*. In: SOLOMON, Susan *et al.* (Org.). **Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2007.

FRASER, Iain; WASCHIK, Robert. *Agricultural land retirement and slippage: lessons from an Australian case study*. **Land Economics**, v. 81, n. 2, p. 206-226, 2005.

FREI, Christoph *et al.* *Dynamic formulation of a top-down and bottom-up merging energy policy model*. **Energy Policy**, v. 31, p. 1017-1031, 2003.

FUJITA, Masahisa *et al.* *On the evolution of hierarchical urban systems*. **European Economic Review**, v. 43, n. 2, p. 209-251, 1999.

FUJITA, Masahisa; KRUGMAN, Paul. *When is the economy monocentric?: von Thünen and Chamberlin unified*. **Regional Science and Urban Economics**, v. 25, n. 4, p. 505-528, 1995.

FUJITA, Masahisa. **Urban economic theory: land use and city size**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

FUJITA, Masahisa; THISSE, Jacques-François. *Economics of agglomeration*. **CEPR Discussion Paper**. London: Centre for Economic Policy Research, n. 1344, 1996. Disponível em: <<http://www.cepr.org/pubs/dps/DP1344.asp>>.

FULLERTON, Don; HEUTEL, Garth. *The general equilibrium incidence of environmental taxes*. **Journal of Public Economics**, v. 91, n. 3-4, p. 571-591, 2007.

FULLERTON, Don *et al.* *Corporate tax integration in the United States: a general equilibrium approach*. **The American Economic Review**, v. 71, n. 7, p. 677-691, 1981.

GEANAKOPOLOS, John. *The Arrow-Debreu model of general equilibrium*. **Cowles Foundation Paper**. Yale University, n. 1090, 2004. Disponível em: <<http://cowles.econ.yale.edu/P/cp/p10b/p1090.pdf>>.

GIESECKE, James *et al.* *Brazilian structural adjustment to rapid growth in fuel ethanol demand*. **Eleventh Annual Conference: Future of Global Economy**, Helsinki, 2008. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3786.pdf>>.

_____. *The regional economic consequences of less favoured area support in Poland: a regional general equilibrium analysis*. **IMPACT Centre Working Papers**. Clayton: The Centre of Policy Studies (CoPS), Monash University, n. G-211, 2010. Disponível em: <<http://www.monash.edu.au/policy/ftp/workpaper/g-211.pdf>>.

GLOMSRØD, Solveig *et al.* *How well do tree plantations comply with the twin targets of the clean development mechanism?: the case of tree plantations in Tanzania*. **Ecological Economics**, v. 70, p. 1066-1074, 2011.

GOLUB, Alla. *The opportunity cost of land use and the global potential for greenhouse gas mitigation in agriculture and forestry*. **GTAP Working Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 36, 2008. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3954.pdf>>.

GOLUB, Alla *et al.* *Modeling land supply and demand in the long run*. **Ninth Annual Conference on Global Economic Analysis**, Addis Ababa, 2006. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/2745.pdf>>.

GRIMALDI, Daniel da Silva. **Padrão de sofisticação exportador e crescimento da economia brasileira**: uma abordagem de equilíbrio geral computável. São Paulo, 2011. 86 p. Dissertação (Mestrado em Teoria Econômica), Instituto de Pesquisas Econômicas — IPE, Universidade de São Paulo.

GROSSMAN, Jean Baldwin. *The substitutability of natives and immigrants in production*. **The Review of Economics and Statistics**, v. 64, n. 4, p. 596-603, 1982.

GUILHOTO, Joaquim José Martins. **Matriz nacional de insumo-produto 2007**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), 2010.

GUILHOTO, Joaquim José Martins. **Um modelo computável de equilíbrio geral para planejamento e análise de políticas agrícolas (PAPA) na economia brasileira**. Piracicaba, 1995. 258 p. Tese (Livre-docência em Economia) — Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo.

GUILHOTO, Joaquim José Martins *et al.* A estrutura teórica do modelo inter-regional para a economia brasileira — MIBRA. In: **II Encontro Brasileiro de Estudos Regionais e Urbanos**, São Paulo, 2002.

GUILHOTO, Joaquim José Martins; SESSO FILHO, Umberto. Estimação da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. **Economia Aplicada**, v. 9, n. 2, p. 277-299, 2005.

GURGEL, Angelo *et al.* *Potential land use implications of a global biofuels industry.* **Journal of Agricultural & Food Industrial Organization**, v. 5, n. 2, 2007.

HADDAD, Eduardo Amaral; DOMINGUES, Edson Paulo. EFES — Um modelo aplicado de equilíbrio geral para a economia brasileira: projeções setoriais para 1999-2004. **Estudos Econômicos**, v. 31, n. 1, 2001.

HADDAD, Eduardo Amaral *et al.* **Avaliação de impactos de mudanças climáticas sobre a economia brasileira.** Relatório de Pesquisas. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), 2009.

_____. Avaliação dos impactos econômicos das políticas de infraestrutura de transportes no Brasil: uma aplicação a duas rodovias federais em Minas Gerais. **Cadernos BDMG**, n. 16, 2008.

_____. *Building-up influence: post-war industrialization in the State of Minas Gerais, Brazil.* **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 27, n. 2, p. 281-300, 2007a.

_____. *Input-output systems in regional and interregional CGE modeling.* In: HEWINGS; Geoffrey *et al.* (Org.). **Trade, networks and hierarchies.** Berlin: Springer-Verlag, 2002a.

_____. Modelo B-MARIA-PORT. **Relatório de Pesquisas.** São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), 2007b.

_____. *Regional aspects of Brazil's trade policy.* **Working Paper.** Washington: Inter-American Development Bank, INTAL-ITD-STA, n. 18, 2002b. Disponível em: <<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=33036631>>.

_____. *Regional effects of alternative strategies for economic integration: the case of Brazil.* **Journal of Policy Modeling**, v. 24, p. 453-482, 2002c.

HADDAD, Eduardo Amaral; MARQUES, Maria Carolina. *Technical note on the construction of the interregional input-output system for the concession areas of ANEEL.* **Texto para Discussão.** São Paulo: NEREUS, FEA-USP, n. 5, 2012.

HADDAD, Eduardo Amaral. **Regional inequality and structural changes: lessons from the Brazilian Economy.** Ashgate: Aldershot, 1999.

_____. **Retornos crescentes, custos de transporte e crescimento regional**. São Paulo, 2004. 207 p. Tese (Livre-docência em Economia) — Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo.

HANOCH, Giora. *CRESH production functions*. **Econometrica**, v. 39, n. 5, p. 695-712, 1971.

HARBERGER, Arnold. *The incidence of the corporation income tax*. **The Journal of Political Economy**, v. 70, n. 3, p. 215-240, 1962.

HARRISON, Jill; PEARSON, Ken. *An introduction to GEMPACK*. **GEMPACK user documentation GPD-1**. Melbourne: Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University, 2002.

HARRISON, Jill *et al.* *Features of multiregional and intertemporal AGE modeling with GEMPACK*. **Computational Economics**, v. 9, n. 4, p. 331-353, 1996.

HEISTERMANN, Maik *et al.* *Land in sight?: achievements, deficits and potentials of continental to global scale land-use modeling*. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 114, p. 141-158, 2006.

HELMING, John *et al.* *Linkage of GTAP and DRAM for scenario assessment: methodology, application and some selected results*. **Ninth Annual Conference on Global Economic Analysis**, Addis Ababa, 2006. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/2502.pdf>>.

HENDERSON, John Vernon. *The sizes and types of cities*. **The American Economic Review**, v. 64, n. 4, p. 640-656, 1974.

_____. *Ways to think about urban concentration: neoclassical urban systems versus the New Economic Geography*. **International Regional Science Review**, v. 19, p. 31-36, 1996.

HERTEL, Thomas *et al.* *Land use in computable general equilibrium models: an overview*. **GTAP Working Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 39, 2008a. Disponível em: <<http://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3659.pdf>>.

_____. *Modeling land-use related greenhouse gas sources and sinks and their mitigation potential*. **GTAP Working Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 44, 2008b. Disponível em: <<http://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3675.pdf>>.

_____. *The global impacts of biofuel mandates*. **The Energy Journal**, v. 31, n. 1, p. 75-100, 2010.

HERTEL, Thomas. *Global trade analysis: modeling and applications*. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 1997.

HIGGS, Peter *et al.* *A hybrid top-down, bottom-up regional computable general equilibrium model*. **International Regional Science Review**, v. 11, n. 3, p. 317-328, 1988.

HINCHY, Mike; HANSLOW, Kevin. *The MEGABARE model: interim documentation*. Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics, 1996. Disponível em: <<http://www.abareconomics.com>>.

HIRSCHMAN, Albert. O. *The strategy of economic development*. New Haven: Yale University Press, 1958.

HORRIDGE, Mark *et al.* *Impact of the 2002-03 drought on Australia*. **Journal of Policy Modeling**, v. 27, n. 3, p. 285-308, 2005.

HORRIDGE, Mark. *ORANI-G: a generic single-country computable general equilibrium model*. Clayton: Centre of Policy Studies and Impact Project, Monash University, 2003. Disponível em: <<http://www.monash.edu.au/policy/oranig.htm>>.

HUBACEK, Klaus; VAN DER BERGH, Jeroen. *Changing concepts of “land” in economic theory: from single to multi-disciplinary approaches*. **Ecological Economics**, v. 56, p. 5-27, 2006.

IANCHOVICHINA, Elena; McDOUGALL, Robert. *Theoretical structure of dynamic GTAP*. **GTAP Technical Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 17, 2000. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/160.pdf>>.

IEDI. **Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial**. Produto Potencial e Crescimento, 2006. Disponível em: <http://www.corecon-rj.org.br/pdf/ced_iedi.produto_potencial_e_crescimento_mar_2006.pdf>.

IGNACIUK, Adriana. *Positive spillovers of energy policies on natural areas in Poland: an AGE analysis*. In: HEIJMAN, Wim. *Regional externalities*. Berlin, Heidelberg and New York: Springer, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA — IBGE. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>.

_____. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Comunicação Social**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169>.

IOANNIDES, Yannis; OVERMAN, Henry. *Zipf's law for cities: an empirical examination*. **Regional Science and Urban Economics**, v. 33, p. 127-137, 2003.

IPCC: *Summary for Policymakers*. In: SOLOMON, Susan *et al.* (Eds.) **Climate change 2007: the physical science basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2007.

ISARD, Walter *et al.* **Methods of interregional and regional analysis**. Ashgate: Aldershot, 1998.

ISARD, Walter. **Location and space-economy**. Cambridge: MIT Press, 1959.

JOHANSEN, Leif. **A multi-sectoral study of economic growth**. Second enlarged edition. North Holland/American Elsevier, 1960.

JOHNSON, David. *Meade, bees, and externalities*. **Journal of Law and Economics**, v. 16, n. 1, p. 35-52, 1973.

KEENEY, Roman; HERTEL, Thomas. *The indirect land use impacts of U.S. biofuel policies: the importance of acreage, yield, and bilateral trade responses*. **GTAP Working Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 52, 2008. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/4104.pdf>>.

KEHOE, Timothy *et al.* **Frontiers in applied general equilibrium modeling, in honour of Herbert Scarf**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

KOSFELD, Reinhold *et al.* *Regional productivity and income convergence in the Unified Germany, 1992-2000*. **Regional Studies**, v. 40, n. 7, p. 755-767, 2006.

KRUGMAN, Paul. *Confronting the mystery of urban hierarchy*. **Journal of the Japanese and International Economies**, v. 10, p. 1120-1171, 1996a.

_____. **Development, geography, and economic theory**. Cambridge: MIT Press, 1998a.

_____. *First nature, second nature and metropolitan location*. **Journal of Regional Science**, v. 33, n. 2, p. 129-144, 1993a.

_____. *Increasing returns and economic geography*. **Journal of Political Economy**, v. 99, n. 3, p. 483-499, 1991.

_____. *On the number and locations of cities*. **European Economic Review**, v. 37, p. 293-298, 1993b.

_____. *Urban concentration: the role of increasing returns and transport costs*. **International Regional Science Review**, v. 19, n. 1-2, p. 5-30, 1996b.

_____. *What's new about the New Economic Geography?* **Oxford Review of Economic Policy**, v. 14, n. 2, p. 7-17, 1998b.

KRUGMAN, Paul; VENABLES, Anthony. *Integration, specialization, and adjustment*. **European Economic Review**, v. 40, p. 959-967, 1996.

KYUREGHIAN, Hrachya Henrik. *Theory and simulations in spatial Economics*. Blacksburg, 2000. 178 p. Thesis (PhD Dissertation) — Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.

LABORDE, David; VALIN, Hugo. *Assessing the EU biofuel land use change effects: estimates with the MIRAGE-BioF model and uncertainty*. **Fourteenth GTAP Conference**, Venice, 2011. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/5395.pdf>>.

LAMBIN, Eric *et al.* *Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions*. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, p. 205-41, 2003.

LEE, Huey-Lin *et al.* *An integrated global land use data base for CGE analysis of climate policy options*. **GTAP Working Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 42, 2008. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3673.pdf>>.

_____. *Towards an integrated land use data base for assessing the potential for greenhouse gas mitigation*. **GTAP Technical Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 25, 2005. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/2375.pdf>>.

LEE, Huey-Lin. *Incorporating agro-ecologically zoned land use data and land-based greenhouse gases emissions into the GTAP framework*. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, 2004. Disponível em: <https://www.bioenergykdf.net/sites/default/files/nagendra/KC_090916160504.pdf>.

_____. *The impact of climate change on global food supply and demand, food prices, and land use*. **Paddy and Water Environment**, v. 7, n. 4, p. 321-331, 2009.

LI, Guoping *et al.* *Study of agricultural productivity and its convergence across China's regions*. **The Review of Regional Studies**, v. 38, n. 3, p. 361-379, 2008.

LIEW, Leong. *Top-down "versus" bottom-up approaches to regional modeling*. **Journal of Policy Modeling**, v. 6, n. 3, p. 351-367, 1984.

LIU, Jing *et al.* *Parameter estimation and measures of fit in a global general equilibrium model*. **GTAP Working Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 24, 2001. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/2881.pdf>>.

LOBELL, David *et al.* *Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030*. **Science**, v. 319, p. 607-610, 2008.

LÓPEZ, Ramón; GALINATO, Gregmar. *Trade policies, economic growth and the direct causes of deforestation*. **Land Economics**, v. 81, n. 2, p. 145-169, 2005.

LUBOWSKI, Ruben *et al.* *Land-use change and carbon sinks: econometric estimation of the carbon sequestration supply function*. **Regulatory Policy Program Working Paper**. Cambridge: RPP-2005-01, Center for Business and Government, Harvard University, 2005.

MALAKELLIS, Michael. *Integrated macro-micro-modelling under rational expectations*. Heidelberg: Physica-Verlag, 2000.

MANESCHI, Andrea. Análise comparativa de “As leis dos rendimentos sob condições competitivas” de Sraffa e do seu precursor italiano. **Ensaio FEE**, v. 8, n. 2, p. 3-20, 1987.

MARENGO, José. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima — Impactos sociais e econômicos. **Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas**, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), n. 8, 2009a.

_____. Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil. In: MARENGO, José *et al.* **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), 2009b.

MARGULIS, Sérgio; DUBEUX, Carolina. **Economia da mudança do clima no Brasil: custos e oportunidades**. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010. Disponível em: <http://www.economiadoclima.org.br/files/biblioteca/Economia_do_clima.pdf>.

MARTIN, Philippe; OTTAVIANO, Gianmarco. *Growing locations: industry location in a model of endogenous growth*. **European Economic Review**, v. 43, n. 2, p. 281-302, 1999.

_____. *Growth and agglomeration*. **International Economic Review**, v. 42, n. 4, p. 947-968, 2001.

MARTIN, Ron. *The new “geographical turn” in economics: some critical reflections*. **Cambridge Journal of Economics**, v. 23, p. 65-91, 1999.

MAZA, Adolfo; VILLAYERDE, José. *Provincial wages in Spain: convergence and flexibility*. **Urban Studies**, v. 46, n. 9, p. 1969-1993, 2009.

McDOUGALL, Robert. *Energy taxes and greenhouse gas emissions in Australia*. **Working Paper**. Melbourne: Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University, G-104, 1993a. Disponível em: <<http://www.monash.edu.au/policy>>.

_____. *Flexibly nested production functions: implementation for MONASH*. **Working Paper**. Melbourne: Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University, IP-57, 1993b. Disponível em: <<http://www.monash.edu.au/policy>>.

McDOUGALL, Robert; GOLUB, Alla. *GTAP-E: a revised energy environmental version of the GTAP Model*. **GTAP Research Memorandum**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 15, 2007. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/4212.pdf>>.

McKITRICK, Ross. *The econometric critique of computable general equilibrium modeling: the role of functional forms*. **Economic Modeling**, v. 15, n. 4, p. 543-573, 1998.

MEAGHER, Gerald *et al.* *Applied general equilibrium modelling and labour market forecasting*. **Working Paper**. Melbourne: Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University, ip-76, 2000.

MEEHL, Gerald *et al.* *Global climate projections*. In: SOLOMON, Susan *et al* (Eds.) **Climate change 2007: the physical science basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2007.

MENDELSON, Robert *et al.* *The impact of climate on agriculture: a Ricardian analysis*. **The American Economic Review**, v. 84, n. 4, p. 753-771, 1994.

_____. *The effect of development on the climate sensitivity of agriculture*. **Environment and Development Economics**, v. 6, n. 1, p. 85-101, 2001.

MESSNER, Sabine; STRUBEGGER, Manfred. *User's guide for MESSAGE III*. **Working Paper**. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), n. 95-69, 1995.

MILLER, Ronald; BLAIR, Peter. **Input-output analysis: foundations and extensions**. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 2009.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO — MCTI. **Segunda comunicação nacional do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/326751.html>>.

MITRA-KAHN, Benjamin. *Debunking the myths of computable general equilibrium models*. **SCEPA Working Paper**. Schwartz Center for Economic Policy Analysis, n. 2008-1, 2008.

Disponível em:
<http://www.newschool.edu/scepa/publications/workingpapers/SCEPA%20Working%20Paper%202008-1%20Kahn.pdf>.

MONFREDA, Chad *et al.* *Global agricultural land use data for climate change analysis. GTAP Working Paper*. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 40, 2008. Disponível em: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3671.pdf>.

MORAES, Gustavo Inácio. **Efeitos econômicos de cenários de mudanças climáticas na agricultura brasileira**: um exercício a partir de um modelo de equilíbrio geral computável. Piracicaba, 2010. 277 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) — Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo.

MORANDI, Lucilene; REIS, Eustáquio. Estoque de capital fixo no Brasil, 1950-2002. In: **Anais do XXXII Encontro Nacional de Economia — ANPEC**, 2004.

MOSES, Leon. *The stability of interregional trading patterns and input-output analysis*. **The American Economic Review**, v. 45, n. 5, p. 803-832, 1955.

MUR, Jesús *et al.* *Instability in spatial error models: an application to the hypothesis of convergence in the European case*. **Journal of Geographical Systems**, v. 12, p. 259-280, 2010.

NAQVI, Farzana; PETER, Matthew. *A multiregional, multisectoral model of the Australian economy with an illustrative application*. **Australian Economic Papers**, v. 35, n. 66, p. 94-113, 1996.

NIEHANS, Jürq. *A history of economic theory: classic contributions 1720-1980*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1990.

NOBRE, Carlos *et al.* Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, 2007.

NOWICKI, Peter *et al.* *Scenar 2020: scenario study on agriculture and the rural world*. **European Commission**. Brussels: Directorate-General Agriculture and Rural Development, 2007. Disponível em:
http://ec.europa.eu/agriculture/publi/reports/scenar2020/index_en.htm.

OLADOSU, Gbadebo; KLINE, Keith. *The role of modeling assumptions and policy instruments in evaluating the global implications of U.S. biofuel policies*. **Thirty-third IAEE International Conference**, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:
http://growthenergy.org/images/reports/ILUC_Oladosu_Kline_IAEE_Paper_May_28_2010.pdf.

OLEJNIK, Alicja. *Using the spatial autoregressively distributed lag model in assessing the regional convergence of per-capita income in the EU25*. **Papers in Regional Science**, v. 87, n. 3, p. 371-384, 2008.

OLMSTEAD, Alan; WOOTEN, Donald. *Bee pollination and productivity growth: the case of Alfalfa*. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 69, n. 1, p. 56-63, 1987.

OREIRO, José Luís *et al.* Qual a taxa de potencial de crescimento da economia brasileira? In: **I Semana de Estudos de Economia**, Universidade Federal do Paraná, 2004.

ØSTBYE, Stein; WESTERLUND, Olle. *Industrial structure, regional productivity and convergence: the case of Norway and Sweden*. **European Urban and Regional Studies**, v. 18, n. 1, p. 47-61, 2011.

OTTAVIANO, Gianmarco; PUGA, Diego. *Agglomeration in the global economy: a survey of the "new economic geography"*. **CEPR Discussion Paper**. London: Centre for Economic Policy Research, n. 356, 1997. Disponível em: <http://eprints.lse.ac.uk/20324/1/Agglomeration_in_a_global_Economy_A_Survey.pdf>.

OZAKI, Vitor. Análise espacial da produtividade agrícola no Estado do Paraná: implicações para o seguro agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Piracicaba, v. 46, n. 3, p. 869-886, 2008.

PARTRIDGE, Mark; RICKMAN, Dan. *Regional computable general equilibrium modeling: a survey and critical appraisal*. **International Regional Science Review**, v. 21, n. 3, p. 205-248, 1998.

PATRIQUIN, Mike *et al.* *Estimating impacts of resource management policies in the Foothills Model Forest*. **Canadian Forest Service Publications**, v. 33, p. 147-155, 2003.

PATTANAYAK, Subhrendu *et al.* *Climate change and conservation in Brazil: CGE evaluation of health and wealth impacts*. **The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy**, v. 9, n. 2, art. 6, 2009.

PEREIRA, Alfredo; SHOVEN, John. *Survey of dynamic computable general equilibrium models for tax policy evaluation*. **Journal of Policy Modeling**, v. 10, n. 3, p. 401-36, 1988.

PEROBELLI, Fernando Salgueiro. **Análise espacial das interações econômicas entre os estados brasileiros**. São Paulo, 2004. 246 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) — Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo.

PEROBELLI, Fernando Salgueiro *et al.* Produtividade do setor agrícola brasileiro (1991-2003): uma análise espacial. **Nova Economia**. Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 65-91, 2007.

PETER, Matthew *et al.* *The theoretical structure of MONASH-MRF*. **Working Papers**. Melbourne: Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University, op-85, 1996. Disponível em: <<http://www.monash.edu.au/policy>>.

PETERSEN, Toke. *An introduction to CGE-modelling and an illustrative application to Eastern European integration with the EU*. Københavns Universitet, Økonomisk Institut (University of Copenhagen), 1997. Disponível em: <http://www.dst.dk/upload/w1998_04.pdf>.

PNLT. Programa Nacional de Logística e Transportes. Ministério dos Transportes, Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/index/conteudo/id/36604>>.

PORSSE, Alexandre Alves. **Competição tributária regional, externalidades fiscais e federalismo no Brasil**: uma abordagem de Equilíbrio Geral Computável. Porto Alegre, 2005. 146 p. Tese (Doutorado) — Faculdade de Ciências Econômicas (FCE), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

POWELL, Alan; SNAPE, Richard. *Contribution of applied general equilibrium analysis to policy reform in Australia*. **Journal of Policy Modeling**, v. 15, n. 4, p. 393-414, 1993.

PUGA, Diego; VENABLES, Anthony. *Agglomeration and economic development: import substitution versus trade liberalization*. **CEPR Discussion Paper**. London: Centre for Economic Policy Research, n. 1782, 1997a. Disponível em: <<http://www.cepr.org/pubs/dps/DP1782.asp>>.

_____. *The spread of industry: spatial agglomeration in economic development*. **Journal of the Japanese and International Economies**, v. 10, p. 440-464, 1997b.

RAMANKUTTY, Navin *et al.* *Farming the Planet 1: the geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000*. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 22, 2008.

RASMUSSEN, Poul Nørregaard. *Studies in inter-sectoral relations*. Amsterdam: North Holland, 1956.

RESOSUDARMO, Budy *et al.* *Implementation of the IR-CGE model for planning: IRSA-INDONESIA 5 (Inter-Regional System of Analysis for Indonesia in 5 regions)*. **Discussion Paper**. Analyzing Pathways to Sustainability in Indonesia, n. 5, CSIRO, 2009. Disponível em: <<http://www.csiro.au/files/files/pu8k.pdf>>.

REY, Sergio; JANIKAS, Mark Vincent. *Regional convergence, inequality and space*. **Journal of Economic Geography**, v. 5, p. 155-176, 2005.

REY, Sergio; MONTOURI, Brett. *US regional income convergence: a spatial econometric perspective*. **Regional Studies**, v. 33, n. 2, p. 143-156, 1999.

RICARDO, David. *On the principles of political economy and taxation*. London: John Murray, 1817.

RICKER, Martin. *Limits to economic growth as shown by a computable general equilibrium model*. **Ecological Economics**, v. 21, p. 141-158, 1997.

ROBINSON, Sherman. *Macroeconomics, financial variables and computable general equilibrium models*. **World Development**, v. 19, n. 11, p. 1509-25, 1991.

_____. *Macro models and multipliers: Leontief, Stone, Keynes and CGE models*. In: JANVRY, Alain; KANBUR, Ravi. (Eds.). **Poverty inequality and development**. New York: Springer, v. 1, p. 205-232, 2006.

RONNEBERGER, Kerstin *et al.* *KLUM@GTAP: introducing biophysical aspects of land-use decisions into a computable general equilibrium model a coupling experiment*. **Environmental Modeling and Assessment**, v. 14, n. 2, p. 149-168, 2009.

ROSS, Martin. *Documentation of the Applied Dynamic Analysis of the Global Economy (ADAGE) model*. **RTI Working Paper 07-02**. Research Triangle Park, NC: RTI International, 2007. Disponível em: <<http://www.rti.org/adage>>.

SALATI, Eneas. Mudanças climáticas e o ciclo hidrológico na Amazônia. In: **Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia**. Ministério do Meio Ambiente, p. 153-172, 2001.

SAMUELSON, Paul. *The transfer problem and transport costs, II: analysis of effects of trade impediments*. **The Economic Journal**, v. 64, n. 254, p. 264-289, 1954.

SANDERSON, Matt *et al.* *Switchgrass as a biofuels feedstock in the USA*. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, p. 1315-1325, 2006.

SANGHI, Apurva *et al.* *Global warming impacts on Brazilian agriculture: estimates of the Ricardian model*. **Economia Aplicada**, v. 1, n. 1, 1997.

SANGHI, Apurva; MENDELSON, Robert. *The impacts of global warming on farmers in Brazil and India*. **Global Environmental Change**, v. 18, n. 4, p. 655-665, 2008.

SANTOS, Gervásio Ferreira dos. **Política energética e desigualdades regionais na economia brasileira**. São Paulo, 2010. 192 p. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) — Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo.

SASSI, Maria. *OLS and GWR approaches to agricultural convergence in the EU-15*. **International Advances in Economic Research**, v. 16, n. 1, p. 96-108, 2010.

SCARF, Hebert (com colaboração de HANSEN, Terje). *The computation of economic equilibria*. New Haven and London: Yale University Press, 1973. Cowles Foundation for Research in Economics, monograph n. 24, Yale University. Disponível em: <<http://cowles.econ.yale.edu/P/cm/m24/>>.

SCARF, Hebert. *On the computation of equilibrium prices*. New York: John Wiley & Sons, 1967a.

_____. *The approximation of fixed points of a continuous mapping*. **SIAM Journal on Applied Mathematics**, v. 15, n. 5, p. 1328-43, 1967b.

_____. *The computation of equilibrium prices: an exposition*. In: ARROW, Kenneth; INTRILLIGATOR, Michael (Eds.). *Handbook of mathematical economics*. Amsterdam: North-Holland, v. 2, p. 1007-1061, 1982.

SCHÄFER, Andreas; JACOBY, Henry. *Experiments with a hybrid CGE-MARKAL model*. **Energy Journal**, v. 27, n. 2, p. 171-177, 2006.

SCHLENKER, Wolfram *et al.* *Will US agriculture really benefit from global warming?: accounting for irrigation in the hedonic approach*. **The American Economic Review**, v. 95, n. 1, p. 395-406, 2005.

SHEPHARD, Ronald; FÄRE, Rolf. *The law of diminishing returns*. **Zeitschrift für Nationalökonomie**, v. 34, p. 69-90, 1974.

SHINE, Keith *et al.* *Alternatives to the global warming potential for comparing climate impacts of emissions of greenhouse gases*. **Climatic Change**, v. 68, n. 3, p. 281-302, 2005.

SHOVEN, John; WHALLEY, John. *A general equilibrium calculation of the effects of differential taxation of income from capital in the U.S.* **Journal of Public Economics**, v. 1, n. 3-4, p. 281-321, 1972.

_____. *Applied general equilibrium models of taxation and international trade: an introduction*. **Journal of Economic Literature**, v. 22, n. 3, p. 1007-1051, 1984.

_____. *General equilibrium with taxes: a computational procedure and an existence proof*. **The Review of Economic Studies**, v. 40, n. 4, p. 475-489, 1973.

SIEBERT, John. *Beekeeping, pollination, and externalities in California agriculture*. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 62, n. 2, p. 165-171, 1980.

SILVEIRA NETO, Raul da Mota; AZZONI, Carlos Roberto. *Non-spatial government policies and regional income inequality in Brazil*. **Regional Studies**, v. 45, n. 4, p. 453-461, 2011.

SOHNGEN, Brent *et al.* *The role of forestry in carbon sequestration in general equilibrium models*. **GTAP Working Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 49, 2008. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3680.pdf>>.

SONIS, Michael *et al.* *Hierarquies of regional sub-structures and their multipliers within input-output systems: Miyazawa revisited*. **Hitotsubashi Journal of Economics**, v. 36, p. 61-70, 1993.

SONIS, Michael; HEWINGS, Geoffrey. *Error and sensitivity input-output analysis: a new approach*. In: MILLER, Ronald *et al.* (Org.). **Frontiers of input-output analysis**. New York: Oxford University Press, 1989.

SORDA, Giovanni *et al.* *The impact of domestic and global biofuel mandates on the German agricultural sector*. **Discussion Paper**. Berlin: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, n. 939, 2009. Disponível em: <http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.342455.de/dp939.pdf>.

STAELIN, Charles. *A general equilibrium model of tariffs in a non-competitive economy*. **Journal of International Economics**, v. 6, n. 1, p. 39-63, 1976.

TABEAU, Andrzej *et al.* *Endogenous agricultural land supply: estimation and implementation in the GTAP model*. **Ninth Annual Conference on Global Economic Analysis**, Addis Ababa, 2006.

_____. *Impact of the EU biofuels directive on the EU food supply chain*. **113th EAAE Seminar “A resilient European food industry and food chain in a challenging world”**, Chania, 2009.

TAHERIPOUR, Farzad *et al.* *Biofuels and their by-products: global economic and environmental implications*. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, p. 278-289, 2010.

TAYLOR, Lance; BLACK, Stephen. *Practical general equilibrium estimation of resource pulls under trade liberalizations*. **Journal of International Economics**, v. 4, n. 1, p. 37-58, 1974.

THISSEN, Mark. *Two decades of CGE modeling: lessons from models for Egypt*. **SOM Research Report**. University of Groningen, n. 99C02, 1998. Disponível em: <<http://som.eldoc.ub.rug.nl/FILES/reports/1995-1999/themeC/1999/99C02/99c02.pdf>>.

TIMILSINA, Govinda; MEVEL, Simon. *Biofuels and climate change mitigation: a CGE analysis incorporating land-use change*. **Policy Research Working Paper 5672**, World Bank, 2011. Disponível em: <<http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSPContentServer/WDSP/IB/2011/06/02/00015834920110602160352/Rendered/PDF/WPS5672.pdf>>.

TIMMINS, Christopher. *Endogenous land use and the Ricardian valuation of climate change*. **Environmental & Resources Economics**, v. 33, n. 1, p. 119-142, 2006.

TRINK, Thomas *et al.* *Regional economic impacts of biomass based energy service use: a comparison across crops and technologies for East Styria, Austria*. **Energy Policy**, v. 38, p. 5912-5926, 2010.

TRUONG, Truong. *ORANI FUEL: incorporating inter-fuel substitution into the standard ORANI system*. **Working Paper**. Centre of Policy Studies and IMPACT Centre: Monash University, n. op-58, 1986. Disponível em: <<http://www.monash.edu.au/policy>>.

TSELIOS, Vassilis. *Growth and convergence in income per capita and income inequality in the regions of the EU*. **Spatial Economic Analysis**, v. 4, n. 3, p. 343-370, 2009.

TYNER, Wallace *et al.* *Land use changes and consequent CO₂ emissions due to US corn ethanol production: a comprehensive analysis*. Final Report, Department of Agricultural Economics, Purdue University, 2010. Disponível em: <<http://www.transportation.anl.gov/pdfs/MC/625.PDF>>.

VAN DER MENSBRUGGHE, Dominique. *The Environmental Impact and Sustainability Applied General Equilibrium (ENVISAGE) model*. **Data & Research**, World Bank, 2008. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/INTPROSPECTS/Resources/334934-1193838209522/Envisa_ge7b.pdf>.

VAN MEIJL, Hans *et al.* *The impact of different policy environments on agricultural land use in Europe*. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 114, p. 21-38, 2006.

VAN VUUREN, Detlef *et al.* *Comparison of top-down and bottom-up estimates of sectoral and regional greenhouse gas emission reduction potentials*. **Energy Policy**, v. 37, p. 5125-5139, 2009.

VENABLES, Anthony. *Equilibrium locations of vertically linked industries*. **International Economic Review**, v. 37, p. 341-359, 1996a.

_____. *Localization of industry and trade performance*. **Oxford Economic Policy Review**, v. 12, n. 3, p. 52-60, 1996b.

VON THÜNEN, Johann Heinrich. *The isolated state*. Hamburg: Perthes, 1826. English translation. Oxford: Pergamon, 1966.

WASSENAAR, Tom *et al.* *Predicting land use changes in the Neotropics: the geography of pasture expansion into forest*. **Global Environmental Change**, v. 17, p. 86-104, 2007.

WILD, Oliver *et al.* *Indirect long-term global radiative cooling from NO_x Emissions.* **Geophysical Research Letters**, v. 28, n. 9, p. 1719-1722, 2001.

WING, Ian Sue. *The synthesis of bottom-up and top-down approaches to climate policy modeling: electric power technologies and the cost of limiting US CO₂ emissions.* **Energy Policy**, v. 34, p. 3847-3869, 2006.

WINSTON, Ashley. *Enhancing agriculture and energy sector analysis in CGE modelling: an overview of modifications to the USAGE.* **General Paper**. Clayton: The Centre of Policy Studies (CoPS), Monash University, n. G-180, 2009.

WONG, Grace; ALAVALAPATI, Janaki. *The land-use effects of a forest carbon policy in the US.* **Forest Policy and Economics**, v. 5, p. 249-263, 2003.

WU, Jun. *Slippage effects of the conservation reserve program.* **American Journal of Agricultural Economics**, v. 82, p. 979-92, 2000.

YILDIRIM, Julide; ÖCAL, Nadir. *Income inequality and economic convergence in Turkey.* **Transition Studies Review**, v. 13, n. 3, p. 559-568, 2006.

APÊNDICE 1. ESPECIFICAÇÃO DO NÚCLEO CENTRAL DO MODELO BLUE

Este apêndice apresenta as formas funcionais dos principais grupos de equações do núcleo central do modelo BLUE, incluindo também a descrição dos principais grupos de variáveis, parâmetros e coeficientes. A especificação do modelo BLUE segue a especificação do modelo B-MARIA-27, desenvolvido por Haddad (2004). Em relação a este modelo, o modelo BLUE introduz basicamente: i) processo de substituição de energia baseado no modelo ENERGY-BR (SANTOS, 2010); ii) módulo de substituição de produtos agrícolas; e iii) módulo de substituição na demanda pelo fator terra.

Utiliza-se como convenção notacional que letras maiúsculas representam os níveis das variáveis e letras minúsculas, as suas variações percentuais. Os sobrescritos (u), $u = 0, 1j, 2j, 3, 4, 5, 6$ referem-se, respectivamente, à produção (0) e aos seis diferentes usuários (específicos por região) dos produtos identificados no modelo: produtores na atividade j ($1j$), investidores na atividade j ($2j$), famílias (3), setor externo (4), governos regionais (5) e governo federal (6); o segundo sobrescrito identifica a região doméstica onde o usuário está localizado. Os insumos são identificados por dois subscritos: o primeiro assume os valores $1, \dots, g$ para bens, $g + 1$ para fatores primários e $g + 2$ para “outros custos” (basicamente, impostos e subsídios sobre a produção); o segundo subscrito identifica a origem do insumo, podendo ser de uma região doméstica b ($1b$) ou importado (2), ou proveniente de mão de obra (1), capital (2) ou terra agrícola (3). O símbolo ($\bullet$) é empregado para indicar a soma em relação a um determinado índice. Para o processo de substituição energético, tem-se que dado um conjunto G , formado pelos elementos $1, \dots, g$ descritos acima, em cada região um subconjunto $E \subset G$ formado por elementos $1, \dots, e$ representa os bens do composto de energia. Um subconjunto $C \subset G$ formado por elementos $1, \dots, c$ representa as fontes de geração de energia elétrica. Para o processo de substituição de produtos agrícolas, em cada região, outros dois subconjuntos podem ser enunciados: i) $A \subset G$ formado por elementos $1, \dots, a$ representa os bens do composto da agropecuária; e ii) $D \subset G$ formado por elementos $1, \dots, d$ representa os produtos de lavouras. Para o processo de substituição do fator primário terra, os mesmos subconjuntos do processo de substituição de produtos agrícolas são utilizados. Isso porque existe no núcleo do modelo e no banco de dados uma associação entre os tipos de usos da terra e os produtos agrícolas da economia. Para facilitar a exposição das equações (A1.4) e (A1.5), serão definidos os subconjuntos $P \subset G^*$, $1, \dots, p$, e $O \subset G^*$, $1, \dots, o$, para representar os

processos de substituição dos usos do composto da agropecuária e dos usos de lavouras, respectivamente.

Equações

(A1.1) Substituição entre bens de diferentes origens domésticas

$$x_{(i(1b))}^{(u)r} = x_{(i(1\bullet))}^{(u)r} - \sigma_{(i)}^{(u)r} \left(p_{(i(1b))}^{(u)r} - \sum_{l \in S^*} \left(V(i, 1l, (u), r) / V(i, 1\bullet, (u), r) \left(p_{(i(1l))}^{(u)r} \right) \right) \right)$$

$i = 1, \dots, g; b = 1, \dots, q; (u) = 3 \text{ e } (kj) \text{ para } k = 1 \text{ e } 2 \text{ e } j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$

(A1.2) Substituição entre bens domésticos e importados

$$x_{(is)}^{(u)r} = x_{(i\bullet)}^{(u)r} - \sigma_{(i)}^{(u)r} \left(p_{(is)}^{(u)r} - \sum_{l=1\bullet, 2} \left(V(i, l, (u), r) / V(i, \bullet, (u), r) \left(p_{(il)}^{(u)r} \right) \right) \right)$$

$i = 1, \dots, g; s = 1\bullet \text{ e } 2; (u) = 3 \text{ e } (kj) \text{ para } k = 1 \text{ e } 2 \text{ e } j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$

(A1.3) Substituição entre mão de obra, capital e terra agrícola

$$x_{(g+1,s)}^{(1j)r} - a_{(g+1,s)}^{(1j)r} = \alpha_{(g+1,s)}^{(1j)r} x_{(g+1\bullet)}^{(1j)r} - \sigma_{(g+1)}^{(1j)r} \left\{ p_{(g+1,s)}^{(1j)r} + a_{(g+1,s)}^{(1j)r} - \sum_{l=1,2,3} \left(\frac{V(g+1, l, (1j), r)}{V(g+1, \bullet, (1j), r)} \right) \left(p_{(g+1,l)}^{(1j)r} + a_{(g+1,l)}^{(1j)r} \right) \right\} + \Theta_{(g+1,3)}^{(1j)r} \Gamma^r + \Lambda_{(g+1,3)}^{(1j)r} \Delta^r$$

$j = 1, \dots, h; s = 1, 2, \text{ e } 3; r = 1, \dots, R$

(A1.4) Substituição de terra entre os usos agrícolas (composto da agropecuária)

$$x_{(p+1,s)}^{(1j)r} = x_{(g+1,s)}^{(1j)r} - \delta_{(p+1,s)}^{(1j)r} \left(p_{(p+1,s)}^{(1j)r} - \sum_{l=1,2,3} \left(V(g+1, 3, (1j), r) / V(g+1, \bullet, (1j), r) \right) \left(p_{(g+1,3)}^{(1j)r} \right) \right)$$

$j = 1, \dots, h; s = 3; r = 1, \dots, R$

(A1.5) Substituição de terra entre os usos de lavouras (composto de lavouras)

$$\begin{aligned}
x_{(o+1,s)}^{(1j)r} &= x_{(g+1,s)}^{(1j)r} \\
&\quad - \delta_{(p+1,s)}^{(1j)r} \left(p_{(p+1,s)}^{(1j)r} \right. \\
&\quad \left. - \sum_{l=1,2,3} (V(g+1,3,(1j),r)/V(g+1,\bullet,(1j),r)) (p_{(g+1,3)}^{(1j)r}) \right) \\
&\quad - \lambda_{(o+1,s)}^{(1j)r} \left(p_{(o+1,s)}^{(1j)r} \right. \\
&\quad \left. - \sum_{l=1,2,3} (V(g+1,3,(1j),r)/V(g+1,\bullet,(1j),r)) (p_{(g+1,3)}^{(1j)r}) \right)
\end{aligned}$$

$$j = 1, \dots, h; s = 3; r = 1, \dots, R$$

(A1.6) Substituição entre bens energéticos (composto de energia)

$$x_{(i(1b))}^{(1j)r} = x_{(i(1\bullet))}^{(1j)r} - \phi_{(i)}^{(1j)r} \left(p_{(i(1b))}^{(1j)r} - \sum_{l \in S^*} (V(i, 1l, (1j), r)/V(i, 1\bullet, (1j), r)) (p_{(i(1l))}^{(1j)r}) \right)$$

$$i = 1, \dots, e; b = 1, \dots, q; j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$$

(A1.7) Substituição entre fontes de energia elétrica (composto de energia elétrica)

$$\begin{aligned}
x_{(i(1b))}^{(1j)r} &= x_{(i(1\bullet))}^{(1j)r} - \phi_{(i)}^{(1j)r} \left(p_{(i(1b))}^{(1j)r} - \sum_{l \in S^*} (V(i, 1l, (1j), r)/V(i, 1\bullet, (1j), r)) (p_{(i(1l))}^{(1j)r}) \right) \\
&\quad - \varphi_{(i)}^{(1j)r} \left(p_{(i(1b))}^{(1j)r} - \sum_{l \in S^*} (V(i, 1l, (1j), r)/V(i, 1\bullet, (1j), r)) (p_{(i(1l))}^{(1j)r}) \right)
\end{aligned}$$

$$i = 1, \dots, c; b = 1, \dots, q; j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$$

(A1.8) Substituição entre produtos da agropecuária (composto de produtos da agropecuária)

$$x_{(i(1b))}^{(1j)r} = x_{(i(1\bullet))}^{(1j)r} - \rho_{(i)}^{(1j)r} \left(p_{(i(1b))}^{(1j)r} - \sum_{l \in S^*} (V(i, 1l, (1j), r)/V(i, 1\bullet, (1j), r)) (p_{(i(1l))}^{(1j)r}) \right)$$

$$i = 1, \dots, a; b = 1, \dots, q; j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$$

(A1.9) Substituição entre produtos de lavouras (composto de lavouras)

$$x_{(i(1b))}^{(1j)r} = x_{(i(1\bullet))}^{(1j)r} - \rho_{(i)}^{(1j)r} \left(p_{(i(1b))}^{(1j)r} - \sum_{l \in S^*} \left(V(i, 1l, (1j), r) / V(i, 1\bullet, (1j), r) \left(p_{(i(1l))}^{(1j)r} \right) \right) \right) \\ - \psi_{(i)}^{(1j)r} \left(p_{(i(1b))}^{(1j)r} - \sum_{l \in S^*} \left(V(i, 1l, (1j), r) / V(i, 1\bullet, (1j), r) \left(p_{(i(1l))}^{(1j)r} \right) \right) \right)$$

$$i = 1, \dots, d; b = 1, \dots, q; j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$$

(A1.10) Demanda dos produtos (produção e investimento) por bens compostos e fatores primários

$$x_{(i\bullet)}^{(u)r} = \mu_{(i\bullet)}^{(u)r} z^{(u)r} + a_{(i)}^{(u)r} \quad \begin{array}{l} u = (kj) \text{ para } k = 1, 2 \text{ e } j = 1, \dots, h \\ \text{se } u = (1j) \text{ então } i = 1, \dots, g + 2 \\ \text{se } u = (2j) \text{ então } i = 1, \dots, g; \\ r = 1, \dots, R \end{array}$$

(A1.11) Demanda das famílias por bens compostos

$$V(i, 1\bullet, (3), r) \left(p_{(i\bullet)}^{(3)r} + x_{(i\bullet)}^{(3)r} \right) \\ = \gamma_{(i)}^r P_{(i\bullet)}^{(3)r} Q^r \left(p_{(i\bullet)}^{(3)r} + x_{(i\bullet)}^{(3)r} \right) + \beta_{(i)}^r \left(C^r - \sum_{j \in G} \gamma_j^r P_{(i\bullet)}^{(3)r} Q^r \left(p_{(i\bullet)}^{(3)r} + x_{(i\bullet)}^{(3)r} \right) \right)$$

$$i = 1, \dots, g; r = 1, \dots, R$$

(A1.12) Composição da produção pelos produtos

$$x_{(i1)}^{(0j)r} = z^{(1j)r} + \sigma^{(0j)r} \left(p_{(i1)}^{(0)r} - \sum_{i \in G} (Y(t, j, r) / Y(\bullet, j, r)) p_{(i1)}^{(0)r} \right)$$

$$j = 1, \dots, h; i = 1, \dots, g; r = 1, \dots, R$$

(A1.13) Impostos indiretos

$$t(\tau, i, s, (u)r) = f_{(r)} + f_{(\tau i)} + f_{(\tau i)}^{(u)} + f_{(\tau i)}^{(u)r}$$

$$i = 1, \dots, g; s = 1b, 2 \text{ para } b = 1, \dots, q; \tau = 1, \dots, t$$

$$(u) = (3), (4), (5), (6) \text{ e } (kj) \text{ para } k = 1, 2; j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$$

(A1.14) Preços ao consumidor relacionados aos preços básicos, margens (custos de transporte) e impostos

$$V(i, s, (u), r) p_{(is)}^{(u)r} = \left(B(i, s, (u), r) + \sum_{\tau \in T} T(\tau, i, s, (u), r) \right) \left(p_{(is)}^{(0)} + t(\tau, i, s, u, r) \right) + \sum_{m \in G} M(m, i, s, (u), r) p_{(m1)}^{(0)r}$$

$i = 1, \dots, g$; $(u) = (3), (4), (5), (6)$ e (kj) para $k = 1, 2$ e $j = 1, \dots, h$; $s = 1b, 2$ para $b = 1, \dots, q$; $r = 1, \dots, R$

(A1.15) Demanda externa (exportações) por bens domésticos

$$\left(x_{(is)}^{(4)r} - f q_{(is)}^{(4)r} \right) = \eta_{(is)}^r \left(p_{(is)}^{(4)r} - e - f p_{(is)}^{(4)r} \right)$$

$i = 1, \dots, g$; $s = 1b, 2$ para $b = 1, \dots, q$; $r = 1, \dots, R$

(A1.16) Demanda dos governos regionais

$$x_{(is)}^{(5)r} = x_{\bullet\bullet}^{(3)r} + f_{(is)}^{(5)r} + f^{(5)r} + f^{(5)}$$

$i = 1, \dots, g$; $s = 1b, 2$ para $b = 1, \dots, q$; $r = 1, \dots, R$

(A1.17) Demanda do governo federal

$$x_{(is)}^{(6)r} = x_{\bullet\bullet}^{(3)\bullet} + f_{(is)}^{(6)r} + f^{(6)r} + f^{(6)}$$

$i = 1, \dots, g$; $s = 1b, 2$ para $b = 1, \dots, q$; $r = 1, \dots, R$

(A1.18) Demanda por margens

$$x_{(m1)}^{(is)(u)r} = \theta_{(is)}^{(u)r} x_{(is)}^{(u)r} + a_{(m1)}^{(is)(u)r}$$

$m, i = 1, \dots, g$; $(u) = (3), (4b)$ para $b = 1, \dots, q, (5)$ e (kj) para $k = 1, 2$; $j = 1, \dots, h$; $s = 1b, 2$ para $b = 1, \dots, q$; $r = 1, \dots, R$

(A1.19) Demanda igual a oferta para bens domésticos

$$\sum_{j \in H} Y(l, j, r) x_{(l1)}^{(0j)r} = \sum_{u \in U} B(l, 1, (u), r) x_{(l1)}^{(u)r} + \sum_{l \in G} \sum_{s \in S} \sum_{u \in U} M(l, i, s, (u), r) x_{(l1)}^{(is)(u)r}$$

$l = 1, \dots, g$; $r = 1, \dots, R$

(A1.20) Receita igual a custos dos produtos

$$\sum_{l \in G} Y(l, j, r) \left(p_{(l1)}^{(0)r} + a_{l1}^{(0)r} \right) = \sum_{l \in G^*} \sum_{s \in S} V(l, s, (1j), r) \left(p_{(ls)}^{(1j)r} \right)$$

$j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$

(A1.21) Preço básico de bens importados

$$p_{(i(2))}^{(0)} = p_{(i(2))}^{(w)} - e + t_{(i(2))}^{(0)}$$

$i = 1, \dots, g$

(A1.22) Custo de construção de unidades de capital para os produtos

$$V(\bullet, \bullet, (2j), r) \left(p_{(k)}^{(1j)r} - a_{(k)}^{(1j)r} \right) = \sum_{i \in G} \sum_{s \in S} V(i, s, (2j), r) \left(p_{(is)}^{(2j)r} + a_{(is)}^{(2j)r} \right)$$

$j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$

(A1.23) Investimento

$$z^{(2j)r} = x_{(g+1,2)}^{(1j)r} + 100f_{(k)}^{(2j)r}$$

$j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$

(A1.24) Estoque de capital em T+1 — estática comparativa

$$x_{(g+1,2)}^{(1j)r}(1) = x_{(g+1,2)}^{(1j)r}$$

$j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$

(A1.25) Definição da taxa de retorno ao capital

$$r_{(j)}^r = Q_{(j)}^r \left(p_{(g+1,2)}^{(1j)r} - p_{(k)}^{(1j)r} \right)$$

$j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$

(A1.26) Relação entre crescimento do estoque de capital e taxas de retorno

$$r_{(j)}^r - \omega = \varepsilon_{(j)}^r \left(x_{(g+1,2)}^{(1j)r} - x_{(g+1,2)}^{(\bullet)r} \right) + f_{(k)}^r$$

$j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$

Variáveis

Variável	Dimensão	Descrição
$x_{(is)}^{(u)r}$	(u) = (3), (4), (5), (6) e (kj) para k = 1, 2 e j = 1, ..., h; se (u) = (1j), então i = 1, ..., g + 2; se (u) ≠ (1j), então i = 1, ..., g; s = 1b, 2 para b = 1, ..., q; e i = 1, ..., g e s = 1, 2, 3 para i = g + 1; r = 1, ..., R	Demanda do usuário (u) na região r pelo bem ou fator primário (is)
$p_{(is)}^{(u)r}$	(u) = (3), (4), (5), (6) e (kj) para k = 1, 2 e j = 1, ..., h; se (u) = (1j), então i = 1, ..., g + 2; se (u) ≠ (1j), então i = 1, ..., g; s = 1b, 2 para b = 1, ..., q; e i = 1, ..., g e s = 1, 2, 3 para i = g + 1; r = 1, ..., R	Preço pago pelo usuário (u) na região r pelo bem ou fator primário (is)
$x_{(i\bullet)}^{(u)r}$	(u) = (3) e (kj) para k = 1, 2 e j = 1, ..., h; se (u) = (1j), então i = 1, ..., g + 1; se (u) ≠ (1j), então i = 1, ..., g; r = 1, ..., R	Demanda pelo usuário (u) na região r pelo bem composto ou fator primário composto i
$a_{(g+1,s)}^{(1j)r}$	j = 1, ..., h e s = 1, 2, 3; r = 1, ..., R	Mudança técnica para os fatores primários na região r
$a_{(i)}^{(u)r}$	i = 1, ..., g, (u) = (3) e (kj) para k = 1, 2 e j = 1, ..., h; r = 1, ..., R	Mudança técnica relacionada ao uso do bem i pelo usuário (u) na região r
C^r		Gasto total das famílias na região r
Q^r		Número de famílias
$z^{(u)r}$	(u) = (kj) para k = 1, 2 e j = 1, ..., h; r = 1, ..., R	Nível de atividade: produção e investimento correntes do produto na região r
$f q_{(is)}^{(4)r}$	i = 1, ..., g; s = 1b, 2 para b = 1, ..., q; r = 1, ..., R	Termo de deslocamento na quantidade da demanda por exportações regionais
$f p_{(is)}^{(4)r}$	i = 1, ..., g; s = 1b, 2 para b = 1, ..., q; r = 1, ..., R	Termo de deslocamento no preço da demanda por exportações regionais
e		Taxa de câmbio

Variável	Dimensão	Descrição
$x_{(m1)}^{(is)(u)r}$	$m, i = 1, \dots, g; s = 1b, 2 \text{ para } b = 1, \dots, q$ $(u) = (3), (4), (5), (6) \text{ e } (kj) \text{ para } K = 1, 2 \text{ e } j = 1, \dots, h;$ $r = 1, \dots, R$	Demanda pelo bem (m1) para ser usado como margem para facilitar o fluxo de (is) para (u) na região r
$a_{(m1)}^{(is)(u)r}$	$m, i = 1, \dots, g; s = 1b, 2 \text{ para } b = 1, \dots, q$ $(u) = (3), (4), (5), (6) \text{ e } (kj) \text{ para } K = 1, 2 \text{ e } j = 1, \dots, h;$ $r = 1, \dots, R$	Mudança técnica relacionada à demanda pelo bem (m1) para ser usado como margem para facilitar o fluxo de (is) para (u) na região r
$x_{(i1)}^{(0j)r}$	$i = 1, \dots, g; j = 1, \dots, h;$ $r = 1, \dots, R$	Produção do bem doméstico i pela atividade j
$p_{(is)}^{(0)r}$	$i = 1, \dots, g; s = 1b, 2 \text{ para } b = 1, \dots, q;$ $r = 1, \dots, R$	Preço básico do bem i produzido em s na região r
$p_{(i(2))}^{(w)}$	$i = 1, \dots, g$	Preço CSE em dólar do bem importado i
$t_{(i(2))}^{(0)}$	$i = 1, \dots, g$	Poder da tarifa sobre o bem importado i
$t(\tau, i, s(u)r)$	$i = 1, \dots, g; \tau = 1, \dots, t; s = 1b, 2 \text{ para } b = 1, \dots, q; (u) = (3), (4), (5), (6) \text{ e } (kj) \text{ para } k = 1, 2 \text{ e } j = 1, \dots, h;$ $r = 1, \dots, R$	Poder do imposto τ sobre vendas do bem (is) para o usuário (u) na região r
$f_{(k)}^{(2j)r}$	$j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$	Termo de deslocamento na acumulação de capital da atividade j na região r
$f_{(k)}^r$	$r = 1, \dots, R$	Termo de deslocamento na acumulação de capital na região r
$x_{(g+1,2)}^{(1j)r}(1)$	$j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$	Estoque de capital em T+1 na atividade j na região r
$p_{(k)}^{(1j)r}$	$j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$	Custo de construção de uma unidade de capital na atividade j na região r
f_{τ}	$\tau = 1, \dots, t$	Termo de deslocamento no imposto indireto τ , em pontos percentuais
$f_{(\tau i)}$	$\tau = 1, \dots, t; i = 1, \dots, g$	Termo de deslocamento no imposto indireto τ sobre o bem i, em pontos percentuais
$f_{(\tau i)}^{(u)}$	$\tau = 1, \dots, t; (u) = (3), (4), (5), (6) \text{ e } (kj) \text{ para } k = 1, 2 \text{ e } j = 1, \dots, h$	Termo de deslocamento no imposto indireto τ sobre o bem i para o usuário (u), em pontos percentuais

Variável	Dimensão	Descrição
$f_{(\tau i)}^{(u)r}$	$\tau = 1, \dots, t; (u) = (3), (4), (5), (6) \text{ e } (kj) \text{ para } k = 1, 2 \text{ e } j = 1, \dots, h$ $r = 1, \dots, R$	Termo de deslocamento no imposto indireto τ sobre o bem i para o usuário (u) na região r , em pontos percentuais
$f_{(is)}^{(5)r}$	$i = 1, \dots, g; s = 1b, 2 \text{ para } b = 1, \dots, q;$ $r = 1, \dots, R$	Termo de deslocamento na demanda dos governos regionais pelo bem (is) na região r
$f^{(5)r}$	$r = 1, \dots, R$	Termo de deslocamento na demanda dos governos regionais na região r
$f^{(5)}$		Termo de deslocamento na demanda dos governos regionais
$f_{(is)}^{(6)r}$	$i = 1, \dots, g; s = 1b, 2 \text{ para } b = 1, \dots, q;$ $r = 1, \dots, R$	Termo de deslocamento na demanda do governo federal pelo bem (is) na região r
$f^{(6)r}$	$r = 1, \dots, R$	Termo de deslocamento na demanda do governo federal na região r
$f^{(6)}$		Termo de deslocamento na demanda do governo federal
ω		Taxa de retorno sobre o capital (curto prazo)
$r_{(j)}^r$	$j = 1, \dots, h; r = 1, \dots, R$	Taxa de retorno da atividade j na região r
Γ^r	$r = 1, \dots, R$	Termo de deslocamento na demanda pelo fator terra na região r referente a variação na temperatura, em pontos percentuais
Δ^r	$r = 1, \dots, R$	Termo de deslocamento na demanda pelo fator terra na região r referente a variação na precipitação, em pontos percentuais

Parâmetros, Coeficientes e Conjuntos

Símbolo	Descrição
$\sigma_{(i)}^{(u)r}$	Parâmetro: elasticidade de substituição entre origens alternativas do bem ou fator i para o usuário (u) na região r
$\sigma^{(0j)r}$	Parâmetro: elasticidade de transformação entre a produção de diferentes bens na atividade j na região r
$\Theta_{(g+1,3)}^{(1j)r}$	Parâmetro: elasticidade que captura a sensibilidade da alocação da terra às mudanças de temperatura segundo os diferentes usos para o usuário (1j) na região r
$\Lambda_{(g+1,3)}^{(1j)r}$	Parâmetro: elasticidade que captura a sensibilidade da alocação da terra às mudanças de precipitação segundo os diferentes usos para o usuário (1j) na região r
$\delta_{(p+1,s)}^{(1j)r}$	Parâmetro: elasticidade de substituição de terra entre os usos agrícolas para o usuário (1j) na região r
$\lambda_{(o+1,s)}^{(1j)r}$	Parâmetro: elasticidade de substituição de terra entre os usos de lavouras para o usuário (1j) na região r
$\phi_{(i)}^{(1j)r}$	Parâmetro: elasticidade de substituição entre fontes de energia i para o usuário (1j) na região r
$\varphi_{(i)}^{(1j)r}$	Parâmetro: elasticidade de substituição entre fontes de energia elétrica para o usuário (1j) na região r
$\rho_{(i)}^{(1j)r}$	Parâmetro: elasticidade de substituição entre produtos da agropecuária para o usuário (1j) na região r
$\psi_{(i)}^{(1j)r}$	Parâmetro: elasticidade de substituição entre produtos de lavouras para o usuário (1j) na região r
$\beta_{(i)}^r$	Parâmetro: participação orçamentária marginal no sistema linear de gastos para o bem i na região r
$\gamma_{(i)}^r$	Parâmetro: parâmetro de subsistência no sistema linear de gastos para o bem i na região r
$\varepsilon_{(j)}^r$	Parâmetro: sensibilidade do crescimento do estoque de capital às taxas de retorno do produto j na região r
$\eta_{(is)}^r$	Parâmetro: elasticidade de demanda por exportação para o bem i na região r
$\theta_{(is)}^{(u)r}$	Parâmetro: economias de escala no transporte do bem (is) para o usuário (u) na região r
$\mu_{(i\bullet)}^{(u)r}$	Parâmetro: retornos de escala aos fatores primários (i=g+1 e u=1j); caso contrário, $\mu_{(i\bullet)}^{(u)r} = 1$

Símbolo	Descrição
$B(i, s, (u), r)$	Fluxo de insumo-produto: valor básico de (is) utilizado por (u) na região r
$M(m, i, s, (u), r)$	Fluxo de insumo-produto: valor básico do bem doméstico m utilizado como margem para facilitar o fluxo de (is) para o usuário (u) na região r
$T(\tau, i, s, (u), r)$	Fluxo de insumo-produto: impostos τ sobre as vendas de (is) para o usuário (u) na região r
$V(i, s, (u), r)$	Fluxo de insumo-produto: valor total de compra do bem ou fator (is) utilizado por (u) na região r
$Y(i, j, r)$	Fluxo de insumo-produto: valor básico da produção do bem doméstico i produzido por j na região r
$Q_{(j)}^r$	Coefficiente: razão entre retorno bruto e retorno líquido do capital
G	Conjunto: $\{1, 2, \dots, g\}$; g é o número de bens compostos
E	Conjunto: $\{1, 2, \dots, e\}$; e é o número de bens energéticos
C	Conjunto: $\{1, 2, \dots, c\}$; c é o número de fontes de geração de energia
A	Conjunto: $\{1, 2, \dots, a\}$; a é o número de bens da agropecuária
D	Conjunto: $\{1, 2, \dots, d\}$; d é o número de bens de lavouras
G^*	Conjunto: $\{1, 2, \dots, g+1\}$; g+1 é o número de bens compostos e fatores primários
P	Conjunto: $\{1, 2, \dots, p\}$; p é o número de usos da agropecuária do fator terra
O	Conjunto: $\{1, 2, \dots, o\}$; o é o número de usos de lavouras do fator terra
H	Conjunto: $\{1, 2, \dots, h\}$; h é o número de produtos
U	Conjunto: $\{(3), (4), (5), (6), (kj)\}$ para $k = 1, 2$ e $j = 1, \dots, h\}$
U^*	Conjunto: $\{(3), (kj)\}$ para $k = 1, 2$ e $j = 1, \dots, h\}$
S	Conjunto: $\{1, 2, \dots, r+1\}$; r+1 é o número de regiões (incluindo o resto do mundo)
S^*	Conjunto: $\{1, 2, \dots, r\}$; r é o número de regiões domésticas
T	Conjunto: $\{1, \dots, t\}$; t é o número de impostos indiretos

APÊNDICE 2. AGREGAÇÃO DOS PRODUTOS A PARTIR DO NOVO SISTEMA DE CONTAS NACIONAIS

NSCN	Modelo	Produtos
C1	C1	Arroz em Casca
C2	C2	Milho em Grão
C3	C3	Trigo em Grão e Outros Cereais
C4	C4	Cana-de-açúcar
C5	C5	Soja em Grão
C6	C6	Outros Produtos e Serviços da Lavoura
C7	C7	Mandioca
C8	C8	Fumo em Folha
C9	C9	Algodão Herbáceo
C10	C10	Frutas Cítricas
C11	C11	Café em Grão
C12	C12	Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura
C13	C13	Bovinos e Outros Animais Vivos
C14	C13	Leite de Vaca e de Outros Animais
C15	C13	Suínos Vivos
C16	C13	Aves Vivas
C17	C13	Ovos de Galinha e de Outras Aves
C18	C13	Pesca e Aquicultura
C19	C14	Petróleo e Gás Natural
C20	C15	Minério de Ferro
C21	C14	Carvão Mineral
C22	C15	Minerais Metálicos não Ferrosos
C23	C15	Minerais não Metálicos
C24	C16	Abate e Preparação de Produtos de Carne
C25	C16	Carne de Suíno Fresca, Refrigerada ou Congelada
C26	C16	Carne de Aves Fresca, Refrigerada ou Congelada
C27	C16	Pescado Industrializado
C28	C16	Conservas de Frutas, Legumes e Outros Vegetais
C29	C16	Óleo de Soja em Bruto e Tortas, Bagaços e Farelo de Soja
C30	C16	Outros Óleos e Gordura Vegetal e Animal Exclusive Milho
C31	C16	Óleo de Soja Refinado
C32	C16	Leite Resfriado, Esterilizado e Pasteurizado
C33	C16	Produtos do Laticínio e Sorvetes
C34	C16	Arroz Beneficiado e Produtos Derivados
C35	C16	Farinha de Trigo e Derivados
C36	C16	Farinha de Mandioca e Outros
C37	C16	Óleos de Milho, Amidos e Féculas Vegetais e Rações
C38	C16	Produtos das Usinas e do Refino de Açúcar
C39	C16	Café Torrado e Moído
C40	C16	Café Solúvel
C41	C16	Outros Produtos Alimentares
C42	C16	Bebidas
C43	C16	Produtos do Fumo
C44	C17	Beneficiamento de Algodão e de Outros Têxteis e Fiação
C45	C17	Tecelagem
C46	C17	Fabricação Outros Produtos Têxteis
C47	C27	Artigos do Vestuário e Acessórios
C48	C27	Preparação do Couro e Fabricação de Artefatos — Exclusive Calçados
C49	C27	Fabricação de Calçados
C50	C27	Produtos de Madeira — Exclusive Móveis
C51	C18	Celulose e Outras Pastas para Fabricação de Papel
C52	C18	Papel e Papelão, Embalagens e Artefatos
C53	C18	Jornais, Revistas, Discos e Outros Produtos Gravados
C54	C19	Gás Liquefeito de Petróleo

Continua

Continuação

C55	C19	Gasolina Automotiva
C56	C19	Gasoálcool
C57	C19	Óleo Combustível
C58	C19	Óleo Diesel
C59	C19	Outros Produtos do Refino de Petróleo e Coque
C60	C20	Álcool
C61	C21	Produtos Químicos Inorgânicos
C62	C21	Produtos Químicos Orgânicos
C63	C21	Fabricação de Resina e Elastômeros
C64	C21	Produtos Farmacêuticos
C65	C21	Defensivos Agrícolas
C66	C21	Perfumaria, Sabões e Artigos de Limpeza
C67	C21	Tintas, Vernizes, Esmaltes e Lacas
C68	C21	Produtos e Preparados Químicos Diversos
C69	C21	Artigos de Borracha
C70	C21	Artigos de Plástico
C71	C22	Cimento
C72	C23	Outros Produtos de Minerais não Metálicos
C73	C24	Gusa e Ferroligas
C74	C24	Semi-acabados, Laminados Planos, Longos e Tubos de Aço
C75	C25	Produtos da Metalurgia de Metais não Ferrosos
C76	C24	Fundidos de Aço
C77	C26	Produtos de Metal — Exclusive Máquinas e Equipamento
C78	C26	Máquinas e Equipamentos, Inclusive Manutenção e Reparos
C79	C27	Eletrodomésticos
C80	C27	Máquinas para Escritório e Equipamentos de Informática
C81	C27	Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos
C82	C27	Material Eletrônico e Equipamentos de Comunicações
C83	C27	Aparelhos/Instrumentos Médico-Hospitalar, Medida e Óptico
C84	C26	Automóveis, Camionetas e Utilitários
C85	C26	Caminhões e Ônibus
C86	C26	Pecas e Acessórios para Veículos Automotores
C87	C26	Outros equipamentos de Transporte
C88	C27	Móveis e Produtos das Indústrias Diversas
C89	C26	Sucatas Recicladas
C90	C28 - C37	Eletricidade e Gás, Água, Esgoto e Limpeza Urbana
C91	C38	Construção
C92	C39	Comércio
C93	C40	Transporte de Carga
C94	C40	Transporte de Passageiro
C95	C40	Correio
C96	C41	Serviços de Informação
C97	C41	Intermediação Financeira e Seguros
C98	C41	Serviços Imobiliários e Aluguel
C99	C41	Aluguel Imputado
C100	C41	Serviços de Manutenção e Reparação
C101	C41	Serviços de Alojamento e Alimentação
C102	C41	Serviços Prestados às Empresas
C103	C41	Educação Mercantil
C104	C41	Saúde Mercantil
C105	C41	Serviços Prestados às Famílias
C106	C41	Serviços Associativos
C107	C41	Serviços Domésticos
C108	C42	Educação Pública
C109	C42	Saúde Pública
C110	C42	Serviço Público e Seguridade Social

**APÊNDICE 3. AGREGAÇÃO DOS SETORES A PARTIR DOS SETORES DO NOVO
SISTEMA DE CONTAS NACIONAIS**

NSCN	Modelo	Setores
I1	I1	Agricultura, Silvicultura, Exploração Florestal
I2	I2	Pecuária e Pesca
I3	I3	Petróleo e Gás Natural
I4	I4	Minério de Ferro
I5	I4	Outros da Indústria Extrativa
I6	I5	Alimentos e Bebidas
I7	I5	Produtos do Fumo
I8	I6	Têxteis
I9	I16	Artigos do Vestuário e Acessórios
I10	I16	Artefatos de Couro e Calçados
I11	I16	Produtos de Madeira — Exclusive Móveis
I12	I7	Celulose e Produtos de Papel
I13	I7	Jornais, Revistas, Discos
I14	I8	Refino de Petróleo e Coque
I15	I9	Álcool
I16	I10	Produtos Químicos
I17	I10	Fabricação de Resina e Elastômeros
I18	I10	Produtos Farmacêuticos
I19	I10	Defensivos Agrícolas
I20	I10	Perfumaria, Higiene e Limpeza
I21	I10	Tintas, Vernizes, Esmaltes e Lacas
I22	I10	Produtos e Preparados Químicos Diversos
I23	I10	Artigos de Borracha e Plástico
I24	I11	Cimento
I25	I12	Outros Produtos de Minerais não Metálicos
I26	I13	Fabricação de Aço e Derivados
I27	I14	Metalurgia de Metais não Ferrosos
I28	I15	Produtos de Metal — Exclusive Máquinas e Equipamentos
I29	I15	Máquinas e Equipamentos, Inclusive Manutenção e Reparos
I30	I16	Eletrodomésticos
I31	I16	Máquinas para Escritório e Equipamentos de Informática
I32	I16	Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos
I33	I16	Material Eletrônico e Equipamentos de Comunicações
I34	I16	Aparelhos/Instrumentos Médico-Hospitalar, Medida e Óptico
I35	I15	Automóveis, Camionetas e Utilitários
I36	I15	Caminhões e Ônibus
I37	I15	Peças e Acessórios para Veículos Automotores
I38	I15	Outros Equipamentos de Transporte
I39	I16	Móveis e Produtos das Indústrias Diversas
I40	I17 - I26	Eletricidade e Gás, Água, Esgoto e Limpeza Urbana
I41	I27	Construção
I42	I28	Comércio
I43	I29	Transporte, Armazenagem e Correio
I44	I30	Serviços de Informação
I45	I30	Intermediação Financeira e Seguros
I46	I30	Serviços Imobiliários e Aluguel
I47	I30	Serviços de Manutenção e Reparação
I48	I30	Serviços de Alojamento e Alimentação
I49	I30	Serviços Prestados às Empresas
I50	I30	Educação Mercantil
I51	I30	Saúde Mercantil
I52	I30	Serviços Prestados às Famílias e Associativas
I53	I30	Serviços Domésticos
I54	I31	Educação Pública
I55	I31	Saúde Pública
I56	I31	Administração Pública e Seguridade Social

APÊNDICE 4. TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADES PARA TONELADAS

Produto	Unidade	Fator de Conversão*
Maçã	Mil Frutos	0,163
Laranja	Mil Frutos	0,163
Pêssego	Mil Frutos	0,119
Tangerina	Mil Frutos	0,163
Banana	Mil Cachos	13,909
Caqui	Mil Frutos	0,411
Limão	Mil Frutos	0,080
Figo	Mil Frutos	0,119
Pera	Mil Frutos	0,163
Goiaba	Mil Frutos	0,039
Abacate	Mil Frutos	2,370
Mamão	Mil Frutos	2,370
Manga	Mil Frutos	0,411
Marmelo	Mil Frutos	0,411
Maracujá	Mil Frutos	0,119
Melancia	Mil Frutos	8,449
Melão	Mil Frutos	2,037
Abacaxi	Mil Frutos	1,810

*Toneladas por mil frutos ou mil cachos.

APÊNDICE 5. CULTURAS EXCLUÍDAS DA “PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA SUJA”

1996		2006	
Abóbora	Mil Frutos	Graviola	Mil Frutos
Mudas	Mil Unidades	Jaca	Mil Frutos
Ameixa	Mil Frutos	Mudas de cacau	Mil Unidades
Cajá-manga	Mil Frutos	Mudas de café	Mil Unidades
Cajú (fruto)	Mil Frutos	Mudas de caju	Mil Unidades
Carambola	Mil Frutos	Mudas de coco-da-baía	Mil Unidades
Fruta-do-conde	Mil Frutos	Mudas de frutas cítricas	Mil Unidades
Graviola	Mil Frutos		
Jaca	Mil Frutos		
Jambo	Mil Frutos		
Jenipapo	Mil Frutos		
Kiwi	Mil Frutos		
Lima	Mil Frutos		
Nectarina	Mil Frutos		
Nêspera	Mil Frutos		
Cupuaçu	Mil Frutos		
Mudas de cacau	Mil Unidades		
Mudas de café	Mil Unidades		
Mudas de cajú	Mil Unidades		
Mudas de laranja	Mil Unidades		
Mudas de maçã	Mil Unidades		
Mudas de outras espécies	Mil Unidades		
Mudas de pêssego	Mil Unidades		
Mudas de seringueira	Mil Unidades		
Mudas de uva	Mil Unidades		
Sapoti	Mil Frutos		