UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

Retornos Crescentes, Custos de Transporte e Crescimento Regional

Prof. Dr. Eduardo Amaral Haddad

São Paulo
2004

Reitor da Universidade de São Paulo
Prof. Dr. Adolpho José Melfi

Diretora da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade
Prof[a]. Dr[a]. Maria Teresa Leme Fleury

Chefe do Departamento de Economia
Prof[a]. Dr[a]. Elizabeth Maria Mercier Querido Farina

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

Retornos Crescentes, Custos de Transporte e Crescimento Regional

Prof. Dr. Eduardo Amaral Haddad

Tese apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Livre-Docente em Economia.

São Paulo
2004

À minha amada esposa, Maria Amélia,

e às minhas queridas filhas, Helena e Sophia,

com todo amor e carinho

Sumário

Apresentação **3**

1. Introdução **7**

1.1. Estrutura da Tese 11

2. Modelos Inter-regionais de Equilíbrio Geral Computável **12**

2.1. Modelos EGC: Afinal, de que se trata? 13
2.1.1. *Scaffolding* 16
2.2. O Estado-da-arte 20
2.3. A Experiência Brasileira 34
2.3.1. Modelos gerais 34
2.3.2. Políticas neoliberais 37
2.3.3. Política comercial 37
2.3.4. Política de transporte 40
2.3.5. Análise estrutural 41
2.3.6. Meio-ambiente 45
2.3.7. Análise setorial 46
2.3.8. Política tributária 47
2.3.9. Modelos Marshalianos EGC (MEGC) como ferramenta para o planejamento regional 47
2.3.10. Epílogo: avaliação crítica 48

3. Estrutura Metodológica **52**

3.1. Características Gerais dos Modelos B-MARIA e B-MARIA-27 54
3.2. Principais Extensões do Modelo B-MARIA-27 63
3.2.1. Incorporação de retornos de escala nas funções de produção regionais 63
3.2.1.1. A tecnologia de produção modificada 65
3.2.1.2. Estimação dos parâmetros 67
3.2.2. Modelagem de custos de transporte 70
3.2.2.1. Integração na fase de calibragem 74
3.2.2.2. Integração na fase de simulação 80
3.2.2.3. Nota sobre o modelo de transporte 83
3.2.3. Sistema de demanda das famílias e indicadores de bem-estar 84
3.2.3.1. Medidas de bem-estar 87
3.2.3.2. Calibragem 88
3.2.4. Demais alterações 89
3.3. Fechamentos e Testes 92
3.3.1. Curto prazo 93
3.3.2. Longo prazo 94
3.3.3. Teste de homogeneidade 95

4. Aplicações Ilustrativas do Modelo B-MARIA-27 96

4.1. Mecanismos de Funcionamento 100
4.2. Experimento Básico: Resultados 106
4.2.1. Resultados básicos 107
4.2.2. Análise de sensibilidade sistemática 113
4.2.3. O papel de retornos crescentes 123
4.2.4. Ligações de transporte analiticamente relevantes 131
4.3. Epílogo: Reaching the Planner 152
4.3.1. Simulação com o modelo de transporte 154
4.3.2. Simulação com o modelo IEGC 155
4.3.3. Resultados 157
4.3.3.1. Produtividade marginal dos investimentos 157
4.3.3.2. Impactos espaciais 161

5. Conclusão 167

Anexo 1. Especificação do Núcleo Central do Modelo B-MARIA-27 174

Equações 175
Variáveis 179
Parâmetros, Coeficientes e Conjuntos 182

Anexo 2. Análise de Sensibilidade Sistemática (cf. Domingues *et al*., 2004) 184

Anexo 3. Decomposição dos Subtotais (cf. Harrison *et al*., 1999) 191

Referências Bibliográficas 193

Apresentação

Esta Tese reúne experiências acumuladas com a especificação, implementação e utilização de modelos de equilíbrio geral computável. De certa forma, este trabalho sintetiza os conhecimentos adquiridos e renovados nos últimos cinco anos, quando, após a defesa de minha Tese de Doutorado na Universidade de Illinois e o ano de Pós-Doutorado na Universidade de Oxford, regressei ao Brasil e assumi o papel de liderança de um grupo de jovens pesquisadores interessados no desenvolvimento de capacitação analítica para a avaliação de novas iniciativas de política econômica no Brasil. O principal objetivo deste núcleo de pesquisadores era dar continuidade ao desenvolvimento e utilização de instrumentais analíticos, baseados em técnicas modernas de modelagem, para o estudo de fenômenos econômicos específicos, enfatizando-se o papel das interações espaciais e a distribuição da atividade e da renda no espaço econômico nacional.

O objeto principal desta Tese se insere em um esforço de pesquisa mais amplo, referente a um processo de revisão e revalidação dos métodos de análise regional e inter-regional. Esta tem sido a tônica dos últimos encontros da *Regional Science Association*, nos Estados Unidos e na Europa. Com os novos desenvolvimentos teóricos associados à Nova Geografia Econômica, alguns dos métodos tradicionalmente utilizados em estudos regionais têm sido contestados sob o argumento de apresentarem inconsistências teóricas em relação à descrição e à modelagem apropriada de fenômenos econômicos espaciais. Modelos inter-regionais de equilíbrio geral computável não estariam livres desta crítica. O que tentaremos mostrar, ao longo deste trabalho, é que há soluções metodológicas

inovadoras que permitem aproximar aspectos teóricos e aplicações empíricas para economias reais, atenuando a força destes argumentos.

Este trabalho representa o quinto grande estudo de fôlego de um conjunto que inclui também quatro Teses de Doutorado, por mim orientadas [Domingues (2002), Almeida (2003), Perobelli (2004), e Porsse (2004)]. Neste contexto, o processo de elaboração desta Tese beneficiou-se muito da interação com meus pupilos, hoje colegas. O ambiente saudável, propiciado pelo Departamento de Economia da FEA/USP e pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – FIPE, foi fundamental para que o grupo deslanchasse e alçasse vôos próprios, atingindo um elevado nível de produtividade e excelência acadêmica. Deve-se ressaltar o papel decisivo do Prof. Carlos Azzoni, como nosso grande mentor e incentivador.

No processo de elaboração desta Tese, tive uma série de discussões de alto nível com o Prof. Geoffrey Hewings, que atuou, informalmente, como meu "orientador". Grande parte do conteúdo deste trabalho reflete conversas e trocas de e-mails que tivemos nos últimos dois anos, sendo algumas das considerações metodológicas aqui elaboradas fruto de um processo de amadurecimento conceitual que remonta meu tempo no REAL, ainda como estudante de pós-graduação. O Prof. Hewings fora meu orientador no Doutorado, em Illinois, e desde então, temos mantido um relacionamento profissional e pessoal extremamente gratificante. Como sempre digo, o bom orientador se mantém por toda a vida.

O Prof. Hugo Pietrantonio, da Escola Politécnica, da USP, foi fundamental para a operacionalização do modelo de transporte. Seu envolvimento direto neste trabalho merece minha gratidão e respeito profissional. O Prof. Mark Horridge, da Universidade de Monash, na Austrália, gentilmente desenvolveu o aplicativo do modelo que se encontra disponibilizado em forma de CD, anexo a esta Tese. O parecer favorável e entusiasmado do Prof. David Kendrick a respeito da "artimanha metodológica" utilizada para incorporação de retornos crescentes nas funções de produção regionais deu-me a certeza de que o caminho trilhado era promissor. Nosso almoço na Universidade do Texas, em Austin, ficará sempre em minha memória. Naquela ocasião, discutimos a solução metodológica que vislumbrava, utilizando-nos de "guardanapos de papel", prática bastante familiar para mim, uma vez que era este o material predileto do Prof. Hewings, em nossas incansáveis conversas no *Café Expresso Royale*, em Urbana, Illinois.

Na reta final, decidi tirar um período de "retiro acadêmico", ou "mini-sabático", na casa de meus pais em Belo Horizonte. Com o apoio incondicional de meus colegas da Diretoria da FIPE, passei duas semanas extremamente produtivas, inspirado pelos ares das *Geraes*. Aos Professores José Paulo Chahad, Antônio Evaldo Comune e Antônio Carlos Campino, além do colega Domingos Bortoletto, sou eternamente grato pelo companheirismo e incentivo profissional. Ainda na FIPE, deixo também meu agradecimento especial ao Prof. Simão Silber, por ter acreditado e confiado em meu trabalho.

Outras pessoas também contribuíram diretamente para o sucesso desta empreitada. O Prof. Joaquim Guilhoto, colega recente e amigo antigo, sempre me apoiou e incentivou. Sua chegada ao Departamento de Economia da FEA/USP enriqueceu bastante nossa

convivência acadêmica. Gostaria também de deixar meu agradecimento a meus jovens pupilos, Edgard Pimentel e Raul Antônio Cristóvão dos Santos, pela assistência de pesquisa, e aos Professores do EAE e funcionários da FIPE, por proporcionarem um ambiente de trabalho amistoso e acolhedor. Deixo, aqui, um agradecimento especial para Sandra Rabello.

Agradeço também ao CNPq e à FAPESP pelo suporte financeiro. Aos colegas do Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP (Nereus), pelo excelente ambiente acadêmico e pelas discussões instigantes.

Um agradecimento especial para meus pais, pelo amor e apoio inconteste. Minha mãe, "a sempre companheira". Há que se ressaltar o papel fundamental que meu pai possui em minha formação. Considero-me uma pessoa privilegiada por desfrutar de nossa rica convivência em todos os setores da vida humana. Meu pai, "o sempre companheiro".

Finalmente, agradeço o amor e carinho de minha esposa, Maria Amélia, e de minhas filhas, Helena e Sophia, a quem dedico esta Tese. Por elas, tudo vale a pena.

Eduardo Amaral Haddad

São Paulo, julho de 2004

1. Introdução

As advertências pioneiras de Walter Isard (1959) para se evitar o viés anglo-saxão imposto pela adoção generalizada de um mundo desprovido da dimensão espacial, onde se pressupunha que as atividades econômicas eram localizadas na "cabeça de um alfinete", renovaram o interesse na exploração do processo de decisão de localização sob regimes de competição alternativos. Entretanto, inconsistências teóricas entre regimes competitivos concebidos em economias sem a dimensão espacial e em economias espaciais foram identificadas apenas recentemente, através de esforços de pesquisa na última década. Algumas destas inconsistências estabeleceram-se também em modelos espaciais de equilíbrio geral computável, especialmente modelos envolvendo comércio inter-regional (intranacional). Essencialmente, um dos resultados alcançados preconiza a inexistência de comércio em uma economia caracterizada por um espaço homogêneo, com as atividades distribuídas uniformemente, e mercados competitivos. Em outras palavras, no mundo anglo-saxão questionado pelos pioneiros da Ciência Regional, o resultado provável era a caracterização do espaço econômico formado por vários subespaços autárquicos, com sérias implicações para sua validação empírica.

A teoria modificou-se, tendo seu desenvolvimento recente recomendado a adoção de regimes de competição imperfeita, incorporando retornos crescentes de escala às funções de produção regionais. Além disso, o tratamento de custos de transporte, associados à fricção da distância, deve ser considerado para se incluir outros elementos de heterogeneidade espacial nos modelos teóricos. Assim, obtém-se uma melhor compreensão de fenômenos

relevantes ligados à aglomeração da atividade econômica e retornos ao comércio (Fujita *et al*., 1999; Fujita e Thisse, 2002).

A Nova Geografia Econômica (NGE) tem examinado questões associadas a aplicações de várias estruturas de mercados competitivos em economias espaciais. Este esforço, que propiciou à matéria um lugar de destaque no *mainstream* da Economia, tem possibilitado o estudo rigoroso e exaustivo de aspectos teóricos do funcionamento de uma economia espacial. Entretanto, como campo de estudos emergente, ainda há muito a ser explorado. Existe a premente necessidade de testes empíricos e da incorporação dos principais mecanismos de funcionamento de uma economia espacial em modelos aplicados para economias reais – e não hipotéticas – como passo fundamental para o desenvolvimento futuro da NGE.

Neste contexto, duas linhas de pesquisa aplicada devem ser consideradas. Em primeiro lugar, trabalhos econométricos relacionados diretamente aos modelos teóricos podem ajudar na definição de fatos estilizados e de restrições a magnitudes de relações causais, indicando, ainda, necessidades de pesquisas teóricas adicionais em áreas específicas. Em segundo lugar, modelos numéricos, baseados fortemente na teoria, podem ser desenvolvidos no intuito de trazer mais realismo para os exercícios de simulação. Além disso, pode-se ser ainda mais ambicioso ao buscar melhores níveis de excelência científica, em aplicações para economias reais, aliando problemas práticos à moderna teoria econômica. Como veremos, o imperativo de conciliação entre teoria econômica espacial e estudos empíricos com relevância para os formuladores de política coloca a integração de modelos de equilíbrio geral computável (EGC) e modelos de transporte como forte

candidato a preencher esta lacuna. Os desenvolvimentos teóricos recentes na NGE trouxeram novos desafios para a especificação e implementação de modelos inter-regionais de equilíbrio geral computável (IEGC). Neste sentido, experiências com a introdução de economias de escala, imperfeições de mercado e custos de transporte devem proporcionar soluções metodológicas inovadoras para lidar explicitamente com questões teóricas relacionadas a sistemas regionais integrados.

O objetivo desta Tese é bastante ambicioso. Procuraremos mostrar, ao longo do texto, que é possível lidar com retornos crescentes de escala e custos de transporte, principais pilares da NGE, em modelos espaciais de equilíbrio geral, aplicados para economias reais. A metodologia proposta integra um modelo IEGC a um modelo de transporte georreferenciado. Se formos bem sucedidos, não apenas alcançaremos uma solução metodológica, mas também evidenciaremos a potencialidade de emprego do método, através de aplicações que permitam dialogar com os vários atores envolvidos, sejam eles teóricos, empíricos ou práticos.

Cabe salientar que, apesar de seu convincente poder explicativo, em que um padrão espacial dicotômico – centro-periferia – emerge como um dos resultados dominantes, a teoria da NGE não parece ser capaz de cobrir a noção de uma forma intermediária de espaço, entre homogêneo e não-homogêneo, que daria origem ao caso brasileiro. Mesmo que se possa apelar ao padrão centro-periferia, parece-nos que custos de transporte elevados possibilitariam que firmas explorassem retornos crescentes dentro de mercados nacionais incompletos. A densidade econômica de São Paulo, por exemplo, proporciona oportunidades que não poderiam ser concretizadas por firmas similares localizadas em

estados do Nordeste. Além disso, existiriam certas assimetrias na vantagem competitiva das firmas: com melhorias no sistema de transporte, firmas paulistas, com retornos crescentes mais fortes, possuiriam vantagem competitiva na exploração adicional de economias de escala com reduções no custo de transporte, exacerbando os diferenciais de desenvolvimento regional no País. Uma das razões principais de sua vantagem competitiva seria sua posição central – não em termos geográficos, mas em termos do centro de gravidade da economia (Haddad e Azzoni, 2001).

O caso brasileiro apresenta uma complicação adicional, dada pela infra-estrutura de transporte que, até recentemente, fora moldada privilegiando investimentos em rodovias, enfrentando, hoje, grave processo de deterioração. Diagnósticos para o setor de transporte vislumbram dois cenários predominantes: um cenário de curto/médio prazo, cujo foco é a obtenção de eficiência no sistema de transporte mediante melhorias da malha rodoviária; e um cenário de longo prazo, cuja atenção recairá no combate ao desbalanceamento da matriz, com a tentativa de superação da hipertrofia rodoviária e a conseqüente promoção da multimodalidade (Almeida, 2003).

O instrumental analítico desenvolvido nesta Tese contemplará o caso brasileiro, que se torna fascinante por suas idiossincrasias que geram complicações teóricas e empíricas. Neste sentido, consideraremos, como estudo de caso em nossos exercícios, uma questão extremamente relevante: o papel da infra-estrutura de transporte no desenvolvimento regional no Brasil. Mais especificamente, estudaremos os efeitos do aumento da eficiência no sistema de transporte através de um processo de redução dos custos de transferência espacial que aumenta a competição entre os espaços econômicos.

1.1. Estrutura da Tese

Após esta introdução, prosseguiremos com a exploração de modelos EGC aplicados para configurações multi-regionais. Apresentaremos, no próximo capítulo, o estado-da-arte no desenvolvimento de modelos IEGC, considerando os aspectos relevantes para o nosso trabalho. Uma revisão de estudos elaborados para a economia brasileira servirá de referencial para uma avaliação crítica da aplicação deste instrumental para a análise de questões regionais. No capítulo seguinte, apresentaremos a estrutura metodológica do modelo de simulação desenvolvido nesta Tese, enfatizando características específicas do modelo IEGC e a estratégia de integração do modelo econômico espacial ao modelo de transporte georreferenciado. Em seguida, este instrumental será utilizado para avaliar, sob uma perspectiva macro-espacial, os efeitos econômicos de projetos de redução de custos de transporte no Brasil. Finalmente, o último capítulo tece considerações conclusivas sobre os resultados alcançados com este trabalho.

2. Modelos Inter-regionais de Equilíbrio Geral Computável

Modelos de equilíbrio geral computável consideram a economia como um sistema de mercados interdependentes, nos quais os valores numéricos de equilíbrio de todas as variáveis devem ser determinados simultaneamente. Qualquer perturbação exógena no ambiente econômico pode ser dimensionada através do cálculo do conjunto de variáveis endógenas da economia (Haddad, 1999). Modelos inter-regionais consideram ainda que os mercados possuem localizações bem definidas no espaço. Um modelo de equilíbrio geral pode ser descrito, genericamente, pela expressão:

$$F(v,a)=0 \tag{2.1}$$

onde v representa o vetor de variáveis endógenas e a o vetor de variáveis e parâmetros exógenos. A solução da equação (2.1) pode ser definida como $v^*(a)$ e, $v^*(a) \equiv H(a)$, como o vetor de resultados de interesse.

Para se operacionalizar um modelo EGC, o primeiro grande desafio refere-se à sua especificação, ou seja, determinar $F(\bullet)$ através de um conjunto de equações que incorporem um histórico de conhecimentos econômicos, teóricos e empíricos. O segundo desafio refere-se à calibragem do modelo, ou seja, determinar uma solução inicial, v^I e a^I, para o seu sistema de equações simultâneas, $F(\bullet)$, tal que, uma vez calibrado, pode-se mostrar que as equações da forma estrutural são satisfeitas pelos valores do equilíbrio inicial [$F(v^I,a^I)=0$]. Em geral, consideram-se informações sobre a estrutura da economia em

questão – coeficientes estruturais –, cuja principal fonte de informação são as Matrizes de Contabilidade Social (MCS), e informações sobre respostas dos agentes a mudanças no ambiente econômico – parâmetros comportamentais –, cujas estimativas muitas vezes se tomam emprestadas da literatura econométrica.

2.1. Modelos EGC: Afinal, de que se trata?

Uma MCS nada mais é do que um sistema de dados desagregados, consistentes e completos, que capta a interdependência existente dentro do sistema sócio-econômico (fluxo de renda). Representa um esforço de síntese das principais estatísticas econômicas: de um lado, o Sistema de Contas Nacionais (SCN); de outro, as informações relativas às empresas, famílias e demais instituições. De forma desagregada, alcança o objetivo de proporcionar uma descrição inicial dos fluxos econômicos característicos de um dado país ou região, em um dado período de tempo.

A MCS é uma matriz quadrada envolvendo vários conjuntos de contas, que representam setores e instituições de uma economia (Figura 2.1). Cada conta consiste em uma linha (para a contabilização dos recursos) e uma coluna (para contabilização dos usos). Seja i o índice das linhas e j, o das colunas; o elemento geral da MCS, $t_{i,j}$, na célula (i,j), é definido como um gasto (ou uso) da conta j que constitui uma receita (ou recurso) da conta i.

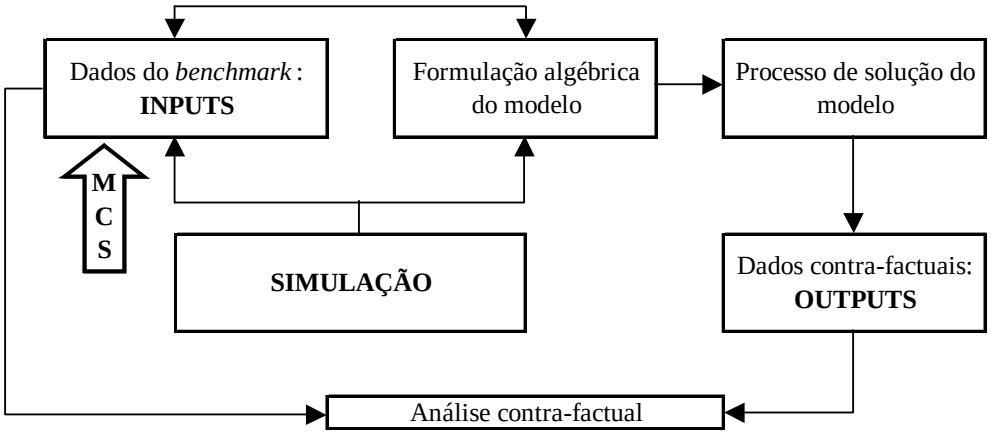
Figura 2.1. Representação Esquemática de uma MCS

Usos / Recursos		Sequência Numérica das Contas por Colunas *(j=1,…,k,…n)*					Totais
		1	….	k	….	n	
Sequência Numérica das Contas por Linhas *(i=1,…,k,…,n)*	1	$t_{1,1}$		$t_{1,k}$		$t_{1,n}$	$\sum_{j=1}^{n} t_{1,j}$
	….						
	k	$t_{k,1}$		$t_{k,k}$		$t_{k,n}$	$\sum_{j=1}^{n} t_{k,j}$
	….						
	n	$t_{n,1}$		$t_{n,k}$		$t_{n,n}$	$\sum_{j=1}^{n} t_{n,j}$
Totais		$\sum_{i=1}^{n} t_{i,1}$		$\sum_{i=1}^{n} t_{i,k}$		$\sum_{i=1}^{n} t_{i,n}$	

Fonte: Emini (2002)

Uma vez organizadas as informações no formato de uma MCS, tem-se uma imagem estática da economia em questão, que revela detalhes importantes de sua estrutura econômica (King, 1990). Entretanto, para se analisar o funcionamento da economia e projetar os efeitos de intervenções de políticas econômicas, algo mais é necessário além desta imagem estática. Um modelo da economia deve ser criado. Este é o segundo objetivo da MCS: proporcionar a base estatística para a criação de um modelo plausível. A MCS satisfaz a condição de equilíbrio inicial necessária para a operacionalização de um modelo EGC e possibilita o procedimento de análises contra-factuais (Figura 2.2). Essencialmente, o que se faz em uma simulação com um modelo EGC é partir de um equilíbrio inicial do fluxo de renda da economia (*benchmark*), representado numericamente pela MCS, e, após uma perturbação exógena, chegar a outro equilíbrio – uma versão atualizada da MCS original. Resultados da simulação referem-se a comparações entre os dois equilíbrios.

Figura 2.2. O *Locus* da MCS na Mecânica de Modelos EGC



Fonte: Emini (2002)

Cada célula de uma MCS, que representa uma transação, pode ser considerada o resultado de um problema de otimização da(s) instituição(ões) relevante(s). Pode-se representar o fluxo de cada célula como:

$$t_{ij} = t(\mathbf{p}, \mathbf{q}; V, \theta) \tag{2.2}$$

onde **p** e **q** são, respectivamente, vetores de preços relativos (para bens e fatores) e vetores de quantidades. V é um vetor de fatores exógenos, e θ é um vetor de parâmetros definindo a forma funcional relevante. *Um modelo EGC é simplesmente a formalização desta representação geral de cada combinação, juntamente com as restrições de equilíbrio setorial e macroeconômico definidas pela MCS*. Modelos EGC diferem na maneira como definem a estrutura de cada t_{ij}.

2.1.1. *Scaffolding*

Uma MCS inter-regional deve considerar os fluxos de renda entre agentes econômicos localizados em regiões distintas. Para melhor compreender as interações espaciais em um sistema inter-regional integrado, Isard *et al*. (1998) chama a atenção para a necessidade de se estabelecer um processo exaustivo de *scaffolding* a partir do núcleo de uma MCS. A idéia básica é incorporar todos os fluxos relevantes associados à inserção de uma região na economia nacional e na economia mundial. Destarte, preconiza-se a implementação de um sistema de informações com o fluxo de renda detalhado em um arcabouço que considere explicitamente a dimensão espacial em seus componentes inter-regionais (sub-nacionais) e internacionais (multi-países). As instituições relevantes devem ser modeladas explicitamente e, sempre que possível, uma ligação entre o lado real e o lado financeiro deve ser concebida no contexto da MCS. Esta estrutura "ideal" acentuaria a capacidade analítica dos modelos IEGC derivados. Entretanto, disponibilidade de dados continua a ser um impedimento para implementação de tal sistema.

Minimamente, o que se espera de uma MCS subjacente a um modelo IEGC é que os fluxos de comércio entre as regiões sejam considerados explicitamente. Em um sistema federativo, espera-se também que as transferências líquidas do governo central para as regiões estejam presentes. Uma informação em muitos casos relevante, mas nem sempre disponível, refere-

se à remuneração dos fatores não-residentes.[1] A Figura 2.3 e o Quadro 2.1 revelam a estrutura esquemática de uma MCS para um sistema de duas regiões.

Na próxima seção, algumas questões relacionadas a modelos IEGC serão endereçadas, com ênfase naquelas que se relacionam diretamente ao objeto de estudo desta Tese. Procurar-se-á delinear o estado-da-arte neste tipo de modelagem, a partir de que situaremos nosso trabalho.

[1] Especula-se que estes vazamentos de renda, no caso brasileiro, seriam potencializados pela estrutura de propriedade do capital que seria relativamente concentrada em residentes do Centro-Sul do País. Entretanto, carecem estatísticas para validação empírica de tal hipótese (ver Rolim *et al*., 1996).

Figura 2.3. Representação Esquemática dos Fluxos de uma MCS Inter-regional

		REGIÃO 1					REGIÃO 2										
		FATORES	AGENTES H	AGENTES GR	SETORES	PRODUTOS LOCAIS	PRODUTOS COMPOSTOS (OFERTA)	FATORES	AGENTES H	AGENTES GR	SETORES	PRODUTOS LOCAIS	PRODUTOS COMPOSTOS (OFERTA)	GOV. FEDERAL	IMPORT.	EXPORT.	ACUM.	RM	TOTAL
REGIÃO 1	ATORES				W^1														W^1
REGIÃO 1	AGENTES H	Wh^{11}		$Thrg^1$				Wh^{12}						$Thfg^1$					Yh^1
REGIÃO 1	AGENTES Gov Reg		$IDrgh^1$			$TIrg^1$								Tfg^1					Yrg^1
REGIÃO 1	SETORES					PMI^1										E^1			PCF^1
REGIÃO 1	PRODUTOS LOCAIS						Ppm^{11}						Ppm^{12}						Ppm^1
REGIÃO 1	PRODUTOS COMPOSTOS (OFERTA)		Ch^1	Crg^1	CI^1									Cfg^1			I^1		D^1
REGIÃO 2	FATORES										W^2								W^2
REGIÃO 2	AGENTES H	Wh^{21}						Wh^{22}		$Thrg^2$				$Thfg^2$					Yh^2
REGIÃO 2	AGENTES Gov Reg								$IDrgh^2$			$TIrg^2$		Tfg^2					Yrg^2
REGIÃO 2	SETORES											PMI^2				E^2			PCF^2
REGIÃO 2	PRODUTOS LOCAIS						Ppm^{R1}						Ppm^{22}						Ppm^2
REGIÃO 2	PRODUTOS COMPOSTOS (OFERTA)								Ch^2	Crg^2	CI^2			Cfg^2			I^2		D^2
	GOVERNO FEDERAL		$IDfgh^1$			$TIfg^1$			$IDfgh^2$			$TIfg^2$			Tim	Tex			Yfg
	IMPOTAÇÕES						Ipm^1						Ipm^2						Ipm
	EXPORTAÇÕES																	Epm	Epm
	ACUMULAÇÃO		Sh^1	Srg^1					Sh^2	Srg^2				Sfg				SBC	I
	RESTO DO MUNDO														M				Yrw
	AJUSTE FINANCEIRO PATRIMONIAL		FAh^1	$FArg^1$					FAh^2	$FArg^2$				FAfg					FA
	TOTAL	W^1	Yh^1	Yrg^1	PCF^1	Ppm^1	O^1	W^2	Yh^2	Yrg^2	PCF^2	Ppm^2	O^2	Yfg	Ipm	Epm	I	Yrw	

Quadro 2.1. Fluxos Ilustrativos para uma MCS Inter-regional

Fluxo	*Descrição do fluxo*
Cfg^r	Consumo do governo federal na região *r*
Ch^r	Consumo das famílias na região *r*
CI^r	Consumo intermdiário dos setores na região *r*
Crg^r	Consumo dos governos regionais na região *r*
D^r	Absorção total na região *r* (demanda regional)
Epm	Exportações internacionais totais, incluindo impostos
E^r	Exportações internacionais por região, exluindo impostos
I	Investimento total
$IDfgh^r$	Impostos diretos pagos pelas famílias na região *r* ao governo federal
$IDrgh^r$	Impostos diretos pagos pelas famílias na região *r* aos governos regionais
Ipm	Importações internacionais totais, a preços de mercado
Ipm^r	Importações internacionais por região, a preços de mercado
I^r	Consumo de bens de capital na região *r*
M	Importações internacionais totais, excluindo impostos
O^r	Recursos totais na região *r* (oferta regional)
PCF^r	Produção setorial a custo de fatores na região *r*
FA	Ajuste líquido dos agentes
FAfg	Ajuste financeiro do governo federal
FAh^r	Ajuste financeiro das famílias na região *r*
$FArg^r$	Ajuste financeiro dos governos regonais na região *r*
PMI^r	Produção de bens locais na região *r*
Ppm^r	Produção total de bens na região *r*, incluindo impostos
Ppm^{rs}	Produção de bens na região *r* para a região *s*, incluindo impostos
SBC	Saldo na balança comercial international
Sfg	Poupança do governo federal
Sh^r	Poupança das famílias na região *r*
Srg^r	Poupança dos governos regionais na região *r*
Tex	Impostos sobre exportações internacionais
Tfg^r	Transferências do governo federal para os governos regionais na região *r*
$Thfg^r$	Transferências do governo federal para as famílias na região *r*
$Thrg^r$	Transferências dos governos regionais para as famílias na região *r*
$TIfg^r$	Impostos indiretos federais sobre bens locais
Tim	Impostos sobre importações interncionais
$TIrg^r$	Impostos indiretos regionais sobre bens locais
Wh^{rs}	Pagamentos originados na região *s* para famílias na região *r*
W^r	Remuneração dos fatores na região *r*
Yfg	Renda (gasto) total do governo federal
Yh^r	Renda (gasto) total das famílias na região *r*
Yrg^r	Renda (gasto) total dos governos regionais
Yrw	Renda total recebida pelo Resto do Mundo

2.2. O Estado-da-arte

Resenhas de modelos EGC são recorrentes na literatura. Discussões de características gerais e aplicações de modelos EGC podem ser encontradas em Dervis *et al*. (1982), Shoven e Whalley (1984), De Melo (1988), e Dixon e Parmenter (1996), para mencionar apenas alguns estudos pioneiros. Aspectos de modelos regionais são considerados principalmente em Partridge e Rickman (1998) e Haddad (1999 e 2004). Almeida (2003) foca sua resenha em modelos espaciais, enfatizando a inclusão de custos de transporte nos mesmos. Guilhoto (1995) fornece uma revisão de modelos EGC construídos para o Brasil até 1995, e Domingues (2002) para o período mais recente.

Modelos IEGC têm sido desenvolvidos há mais de vinte anos, tendo o interesse na matéria aumentado consideravelmente na última década. Vários modelos foram construídos para diferentes regiões do mundo [Liew (1984a, 1984b), Ko (1985), Ko e Hewings (1986), Harrigan e McGregor (1988), Morgan *et al*. (1989), Jones e Whalley (1988, 1989), Kraybill *et al*. (1992), Gazel (1994), McGregor *et al*. (1996), Naqvi e Peter (1996), Watanuki (1996), Bröcker (1998b), Madden e Pant (1998), Hirte (1998), Haddad (1999), Casimiro-Filho *et al*. (2002), Domingues (2002), Giesecke (2002), Kim e Kim (2002, 2003), Almeida (2003), Groenewold *et al*. (2003), e Perobelli (2004)].[2]

Grupos de pesquisa, localizados especialmente na Austrália, Brasil, Canadá, Escócia e Estados Unidos, bem como pesquisadores isolados, contribuíram para o aprimoramento da técnica através da especificação e implementação de uma série de modelos alternativos.

[2] A lista não é exaustiva.

Entretanto, muito esforço ainda é necessário. Faremos, a seguir, um breve resumo dos temas mais relevantes para a discussão de modelos IEGC, caracterizando aspectos relacionados ao estado-da-arte, caminhos futuros e limitações metodológicas. Além disso, na última seção do capítulo, buscaremos preencher uma lacuna da literatura econômica no Brasil, ao arrolarmos os vários esforços na área de modelagem inter-regional para a economia brasileira, enfatizando os resultados alcançados para melhor compreensão do sistema regional em questão.

Muitos dos aspectos relevantes para modelos IECG estão também presentes na modelagem regional, em sentido mais amplo. A definição da estrutura regional, limitada pela disponibilidade de informações, sempre mereceu atenção especial. Mais recentemente, um aspecto que tem atraído a atenção de pesquisadores refere-se à definição da unidade espacial relevante e à robustez dos resultados de um modelo para uma dada agregação espacial.

A aplicação sistemática de vários modelos regionais e inter-regionais EGC contribuiu para a definição de alguns resultados já bastante sedimentados relativos a aspectos metodológicos que enriquecem a análise de fenômenos espaciais. A experiência recente demonstra que resultados gerados por modelos multi-regionais baseados na abordagem *bottom-up*, em que o comportamento dos agentes é especificado no nível regional, são sempre preferíveis a resultados de modelos *top-down*. A justificativa recai sobre os aspectos teóricos contidos na abordagem *bottom-up*, que refletem de maneira mais precisa relações de interdependência espacial. Entretanto, a abordagem *top-down* sempre terá lugar como

método de obtenção de resultados para agregações espaciais mais finas, dada a reduzida necessidade de informações para sua implementação.

A especificação de ligações inter-regionais, seja através de fluxos de bens e serviços (comércio) ou fluxos de fatores primários (migração), é um aspecto fundamental do funcionamento de modelos IEGC. A inserção de subespaços econômicos em um sistema inter-regional integrado, explicitando de maneira adequada tais ligações, permite que se captem, para as economias locais, os mecanismos relevantes de ajuste a choques.

Interações de comércio têm recebido maior atenção dos pesquisadores. Quando incorporadas explicitamente, verifica-se que, por captarem os efeitos *feedback* dentro do sistema, proporcionam resultados mais finos e acurados para as simulações [McGregor *et al*. (1996), Watanuki (1996), Haddad e Hewings (1999)]. Coeficientes estruturais são obtidos de matrizes inter-regionais de insumo-produto, que revelam os fluxos de comércio entre regiões. Os parâmetros comportamentais relevantes são as elasticidades de comércio regional, conhecidas por elasticidades de Armington regionais, que possuem um papel fundamental nos mecanismos de ajuste de modelos IEGC [Haddad (1999), Domingues (2002)].

A utilização recorrente de elasticidades de comércio regional em modelos IEGC fundamenta-se na "hipótese de Armington" (Armington, 1969), segundo a qual bens de diferentes origens são tratados como substitutos imperfeitos. Além de sua conveniência analítica – utilização de funções CES incorporam tal hipótese –, este tratamento permite que modelos IEGC exibam padrões de comércio intra-setoriais não-especializados, uma

importante regularidade empírica encontrada [Spencer (1988), Domingues (2002)]. Uma grande limitação, todavia, refere-se à ausência de estimativas econométricas para estes parâmetros. A regra de bolso convencional é utilizar, no processo de calibragem, estimativas de elasticidades de comércio internacional como referencial para procedimentos de *best guess*. Recentemente, contudo, um estudo de Bilgic *et al*. (2002) colocou em cheque a hipótese, implícita neste procedimento, de que elasticidades de comércio internacional seriam limites inferiores de elasticidades de comércio regional para bens similares, hipótese até então amplamente aceita. As estimativas das elasticidades regionais para os Estados Unidos desafiam esta visão prevalecente, voltando a atenção de pesquisadores da área para a necessidade de estimativas apropriadas de parâmetros-chave para calibragem de modelos IEGC específicos.

A calibragem de um modelo IEGC, que se constitui na determinação de sua estrutura numérica – representada pelos coeficientes estruturais e parâmetros comportamentais (sinais e magnitudes) que compõem a estrutura funcional do modelo – é um processo baseado em um conjunto de informações cujas características trazem incertezas para os resultados. De um lado, temos como principal fonte de dados uma MCS inter-regional, gerada, quase sempre, a partir de uma estrutura de fluxos de mercadorias entre regiões, baseada em informações limitadas. De outro, estudos econométricos, quando disponíveis, provêm estimativas adaptadas dos parâmetros comportamentais.

Assim, uma preocupação crescente na literatura mais geral de modelos EGC tem dado enfoque à estrutura numérica desses modelos. A questão primordial é a influência dos parâmetros utilizados nos resultados obtidos, ou, de outra forma, a robustez dos resultados

obtidos em face de diferentes conjuntos de parâmetros. Na falta de estimativas mais apropriadas para esses parâmetros, uma situação comum para a maioria dos pesquisadores, a análise de sensibilidade de resultados torna-se imprescindível (Domingues *et al*., 2004). Na presença de estimativas para os parâmetros comportamentais, com informações sobre sua distribuição (i.e. média e desvio-padrão), pode-se proceder à *análise de sensibilidade sistemática*, que permite gerar uma distribuição dos resultados de uma simulação específica em relação à distribuição proposta de um conjunto de parâmetros (Arndt, 1996). Outra possibilidade para testar a incerteza subjacente às informações existentes, em termos de seus efeitos sobre os resultados de um modelo IEGC, é rodar diferentes simulações baseadas em diferentes conjuntos de parâmetros comportamentais e coeficientes estruturais considerados elementos-chave. A partir do juízo do pesquisador, diferentes combinações alternativas, refletindo diferentes hipóteses estruturais para as economias regionais, podem ser adotadas para se alcançar um conjunto de resultados para uma dada simulação. Este método, denominado *análise de sensibilidade qualitativa ou estrutural*, proporciona um "intervalo de confiança" através da utilização de cenários estruturais alternativos (Haddad *et al*., 2002). Assim, dado o caráter das informações utilizadas em modelos IEGC, análise de sensibilidade – sistemática e qualitativa – deve ser utilizada regularmente para se evitar, paradoxalmente, conclusões especulativas sobre resultados de simulações de políticas.

Outro aspecto que tem atraído a atenção de pesquisadores refere-se ao papel de formas funcionais. O critério de seleção de parâmetros utilizados na maioria de modelos EGC é criticado, uma vez que o processo de calibragem leva à confiança excessiva em formas funcionais não-flexíveis (McKitrick, 1998). Com poucas exceções, a regra é a utilização de estruturas aninhadas de funções CES e suas variantes (Cobb-Douglas e Leontief) para a

especificação de sistemas de produção e consumo, o que pode ser parcialmente explicado pelas propriedades estruturais destas funções, convenientemente utilizadas em trabalhos empíricos. No caso de sistemas de consumo, experiências, principalmente com a incorporação do sistema linear de gastos, são feitas com maior freqüência. Além disso, no contexto inter-regional, uma abordagem experimentalista foi preconizada por Isard *et al*. (1998). Os autores estimulam a experimentação com formas funcionais alternativas, argumentando que o melhor tratamento para a especificação de subsistemas de produção seria a utilização simultânea de vários tipos de funções de produção, cada qual representando um conjunto de algumas atividades.

Por outro lado, pesquisadores experientes apregoam uma abordagem mais conservadora, baseada na "tratabilidade" dos modelos, reduzindo as alternativas para experimentação exaustiva de formas funcionais. A principal preocupação refere-se às possibilidades de estimação/calibragem e de operacionalização de formas funcionais mais flexíveis (Hertel e Tsigas, 1997).

Uma das principais limitações associadas às hipóteses-padrão sobre o sistema de produção – funções CES aninhadas – é sua insuficiência em reconhecer imperfeições de mercado. Retornos constantes de escala em regimes de concorrência perfeita são comumente contemplados em modelos IEGC. Este problema, quando confrontado, é solucionado com a utilização de fórmulas algébricas *ad hoc* que introduzem a possibilidade de existência de retornos não-constantes de escala. Experiências com modelos IEGC estão documentadas em Whalley e Trela (1986) e Bröcker (1998b). Neste contexto, os desenvolvimentos recentes da NGE trouxeram novos desafios de modelagem. Experimentação com a

introdução de economias de escala e imperfeições de mercado devem proporcionar caminhos inovadores para lidar explicitamente com questões teóricas associadas a sistemas regionais integrados.

Outro ponto presente na discussão recente da NGE é o papel dos custos de transporte em modelos inter-regionais. Para nossos fins, é importante avaliarmos as tentativas de inserção destes elementos em modelos IEGC. A inclusão explícita de fluxos espaciais, especialmente aqueles relacionados ao comércio inter-regional, deveria, idealmente, vir acompanhada da especificação da tecnologia de transporte. A inspeção de estudos de modelos IEGC e transporte permite-nos classificar em três grupos as maneiras como custos de transporte são introduzidos explicitamente, todos eles considerando o fato de que transporte é uma atividade que demanda recursos escassos da economia (Almeida, 2003). Este pressuposto básico é essencial para a modelagem apropriada, do ponto de vista teórico, de sistemas inter-regionais integrados, comprometendo, de outra forma, os resultados do modelo (Isard *et al*., 1998).

Em primeiro lugar, é possível especificar a tecnologia de transporte adotando o pressuposto de Samuelson (1952), denominado hipótese de custos de transporte do tipo *iceberg*, que considera que uma fração da mercadoria transportada é usada no próprio processo de transporte. Analiticamente, uma forma possível de introduzir custos de transporte do tipo *iceberg* é considerar que a tarifa de transporte, $\eta^i > 0$, seja a fração do bem *i* consumida por unidade de distância, e z_{rs}, a distância de *r* a *s*; então, a quantidade do bem *i* que chega a *s*, para cada unidade de produção enviada de *r* para *s*, equivale a $\exp(-\eta^i z_{rs})$, que é menor

que a unidade, se z_{rs} for positivo (Bröcker, 1998a). Para calibrar tal expressão, pressupõe-se que as tarifas de transporte específicas por tipo de bem sejam conhecidas e possam ser obtidas de informações sobre custos de transporte por unidade de distância como percentual dos valores dos respectivos bens. Interessante notar que a matriz de informações de distâncias inter-regionais, z_{rs}, proporciona o potencial para a integração do modelo IEGC a um modelo de transporte georreferenciado. Aplicações utilizando esta tecnologia de transporte incluem Bröcker (1998ab, 2002), Kilkenny (1998), Hu (2002), e Almeida (2003).

A segunda possibilidade analítica considera que serviços de transporte são produzidos por um setor de transporte otimizador. Especifica-se uma fronteira de possibilidade de produção (FPP) para o setor de transporte, cuja produção é consumida diretamente pelos usuários finais (famílias) ou utilizada para facilitar o deslocamento de bens do ponto de produção para o ponto de consumo. A modelagem explícita de tais serviços de transporte e do custo de deslocamento de bens baseados em pares de origem e destino representa um grande avanço em modelos IEGC (Isard *et al.*, 1998), não obstante sua implementação tornar a estrutura dos modelos bastante complicada (Bröcker, 1998a). Modelos desta categoria podem ser calibrados considerando a estrutura de custo de transporte específica de cada fluxo de mercadoria, proporcionando diferenciação espacial de preços, que considera questões subjacentes relacionadas à eficiência da infra-estrutura de transporte regional. Assim, a dimensão espacial assume papel preponderante. Exemplos de aplicações podem ser encontrados em Haddad (1999), e Haddad e Hewings (2001).

Finalmente, o terceiro grupo de aplicações que introduzem custos de transporte em modelos IEGC considera o desenvolvimento de um módulo satélite para o sistema de transporte. O

subsistema de transporte é modelado exogenamente, gerando insumos de transporte que alimentam as funções de produção dos modelos IEGC. Em geral, a variável de ligação entre os modelos é uma variável tecnológica de produtividade. A idéia contida nesta integração seqüencial é que alterações no sistema de transporte modificam custos de transações, afetando a produtividade dos fatores da economia. Neste caso, contudo, toda a modelagem de custo de transporte é feita "fora" do modelo econômico, não havendo nenhuma fundamentação micro-econômica por trás do módulo satélite, como é o caso das equações comportamentais no núcleo do modelo IEGC. A grande vantagem desta abordagem é o nível de detalhes geralmente presente no módulo de transporte, muitas vezes trazendo informações georreferenciadas do sistema de transportes da região de estudo. Roson (1994) e Kim e Hewings (2002, 2003) são exemplos deste grupo.

O que se vislumbra como desenvolvimento futuro potencial destas abordagens é a utilização de uma abordagem híbrida, que considere os apelos teóricos mais sólidos e consistentes da inclusão de um setor de transporte regional, como em Haddad (1999), e informações mais detalhadas sobre a infra-estrutura de transporte do sistema inter-regional, explicitadas através de um modelo de transporte integrado ao modelo IEGC.

As poucas tentativas de se levar a cabo análises intertemporais em modelos IEGC estão diretamente relacionadas a questões de fechamento dos modelos. A abordagem mais comum sustenta-se em um mecanismo padrão de acumulação de capital: o estoque de capital do período seguinte é determinado pelo estoque existente no período corrente depreciado, e pelos gastos com investimentos. O que determina os investimentos regionais torna-se, então, o principal mecanismo de transmissão intertemporal de modelos recursivos

desta natureza. Assim, regras de fechamento podem variar para espelhar aspectos específicos das decisões dos agentes em investir [Kim e Kim (2002, 2003), e Giesecke (2002)]. O efeito final é introduzir nos resultados do modelo uma dimensão "temporal", mas com uma dinâmica muito pobre. Pouca atenção tem sido dada à especificação de outros mecanismos de dinâmica possíveis, que possuem papel potencialmente relevante na dinâmica intertemporal de sistemas inter-regionais, tais como dinâmica demográfica, dinâmica de consumo e dinâmica financeira.

Modelos IEGC de projeção temporal possuem algumas limitações, nem sempre consideradas nas análises apresentadas. Estes instrumentais conseguem capturar efeitos associados à chamada "questão do efeito estático", ou seja, dada a estrutura da economia em questão, análises de impacto podem ser feitas em um arcabouço de estática comparativa, mesmo subjacente a um modelo com dinâmica temporal recursiva. Considerações de curto prazo e de longo prazo diferem na maneira como os mecanismos equilibradores são definidos via especificação de fechamento. Mudanças estruturais devem ser entendidas apenas como re-alocação de recursos no espaço econômico. A "questão da trajetória temporal dinâmica", muitas vezes considerada erroneamente como elemento implícito dos modelos, traz também considerações de longo-prazo. Neste caso, temas tais como tecnologia, aprendizado, externalidades e economia política fazem parte do núcleo conceitual de mudanças estruturais. Entretanto, os resultados derivados de simulações com modelos IEGC não incorporam estes elementos, uma vez que não constituem sua *raison d'être*.

Uma alternativa lógica a modelos IEGC, para algumas aplicações intertemporais, são os modelos econométricos regionais. Contudo, a disponibilidade de dados tem se constituído um dos principais impedimentos para o desenvolvimento consistente destes modelos. Modelos econométricos regionais encontram recorrentemente graves problemas em sua especificação e implementação. A ausência de séries regionais suficientemente longas e confiáveis compromete os procedimentos de estimação. Além disso, mudanças estruturais em espaços sub-nacionais apresentam uma dinâmica aparente mais vigorosa, reduzindo o período disponível para testes de hipóteses robustos com modelos econométricos (De Melo, 1988). É bem verdade que modelos IEGC também possuem suas limitações – especialmente sua pouca habilidade para lidar com dinâmica, como salientado acima. Sendo assim, modelos econométricos regionais e modelos IEGC podem ser vistos como complementares, em aplicações integradas.

Neste sentido, a integração de modelos torna-se o principal objetivo a ser perseguido. Não apenas integração de modelos IEGC e modelos econométricos, mas integração de sistemas regionais mais amplos. Algumas das deficiências dos modelos IEGC podem ser suprimidas inserindo-o como módulo central de um sistema integrado de modelagem mais amplo. A visão de Walter Isard a respeito de modelagem integrada, antecipando as propostas sugeridas em Isard e Anselin (1982), proporciona o ponto de partida original para se definir mais claramente um roteiro para o desenvolvimento futuro de análises mais sofisticadas de sistemas econômicos regionais (Hewings, 1986; Hewings *et al*. 2003). Dadas as várias virtudes de modelos IEGC para lidar com sistemas inter-regionais, este instrumental torna-se o principal candidato a ocupar a posição de módulo central de um sistema de modelagem totalmente integrado.

Avanços metodológicos deveriam caminhar também na direção de tornar estes instrumentais analíticos mais próximos dos planejadores. Infra-estrutura espacial e fenômenos socioeconômicos espaciais são elementos-chave dentro do processo de formação dos espaços econômicos. Assim, para que esses instrumentais sejam incluídos no processo de formulação de políticas com implicações espaciais, avaliando alternativas factíveis de maneira sistemática, faz-se necessário que, ao se pensar em um sistema de modelagem integrado, priorizem-se algumas áreas mais diretamente relacionadas às questões relevantes.

No caso brasileiro, duas dessas áreas fazem-se notar. Em primeiro lugar, a integração a um modelo de transportes com informações georreferenciadas detalhadas sobre o sistema de transporte nacional permitirá um melhor entendimento do papel da infra-estrutura para o desenvolvimento regional no País. Como mencionado, esta área apresenta excelentes perspectivas de desenvolvimento metodológico, além de possuir um grande apelo prático para auxiliar o processo de planejamento espacial brasileiro. Em segundo lugar, o crescente interesse em questões referentes a bem-estar, distribuição de renda e pobreza clama pelo fortalecimento das ligações entre análises macro-espaciais e pesquisas familiares, tal que uma análise integrada possa subsidiar, de maneira mais efetiva, o desenho de políticas e programas de redução de pobreza (Agénor *et al.*, 2000). Neste sentido, para se analisar pobreza absoluta, ou outro fenômeno socioeconômico, uma ligação entre modelos IEGC e micro-dados de pesquisas familiares torna-se fundamental. A operacionalização desta ligação torna-se, então, uma questão para investigação, incluindo a possibilidade de adoção de técnicas de micro-simulação espacial (Isard *et al.*, 1998).

No campo prático de utilização de modelos IEGC, o bom uso dos modelos nem sempre tem sido a regra. Como Hertel (1999) observa, consumidores de resultados derivados de modelos EGC satisfazem-se, inicialmente, simplesmente com o fato de "obterem os números". Racionalizando-se pela "síndrome da caixa-preta", uma análise rigorosa dos resultados nem sempre é feita: a grande quantidade de interações simultâneas sempre deixa o usuário indeciso em relação ao ponto de partida para a análise. Entretanto, sendo a estrutura de modelos EGC relativamente padronizada, é sempre possível idealizar abordagens e técnicas genéricas que facilitem a análise dos resultados do modelo. Delinear, *ex ante*, os principais mecanismos de funcionamento do modelo, relevantes para uma dada simulação, torna o trabalho de análise rigorosa dos resultados menos árduo e mais compreensível para leitores com formação não-especializada.

Além disso, considerando a incerteza intrínseca em relação a magnitudes dos choques e valores dos parâmetros, testes de sensibilidade, como discutido acima, representam o passo seguinte para uma avaliação mais formal da robustez das análises de resultados de modelos IEGC e a luta contra a "síndrome". Entretanto, outros pontos ainda deveriam ser perseguidos no futuro para se ter um melhor entendimento da sensibilidade dos resultados de um modelo. De maneira análoga à abordagem de campo de influência em modelos de insumo-produto desenvolvida por Sonis e Hewings (1989), esforços poderiam ser direcionados para a identificação das interações sinergéticas mais importantes em simulações com modelos IEGC. Seria importante, por exemplo, sistematizar as informações sobre parâmetros, choques e fluxos do banco de dados que seriam analiticamente mais importantes para a geração dos resultados do modelo, para que se

direcionassem esforços subseqüentes para uma investigação mais detalhada (Domingues *et al*., 2004).

Um aspecto final a ser considerado refere-se ainda à “síndrome da caixa-preta”. Modelos IEGC são explicitamente estruturais e, destarte, não encontram os problemas de especificação comumente associados a modelos econométricos. Esta característica força os pesquisadores a serem explícitos acerca das hipóteses comportamentais adotadas para os vários agentes econômicos (e.g. consumidores, produtores, governo). Além disso, modelos IEGC demandam consistência de dados para a definição da solução inicial. Em outras palavras, o que se vê é o que se leva, não havendo falsas promessas. Contudo, mesmo para pesquisadores experientes, unicamente com as informações contidas em estudos que utilizam modelos IEGC como instrumental analítico básico é muito trabalhoso considerar os principais mecanismos que geram os resultados do modelo. Sem o acesso à documentação mais detalhada do modelo em questão, que não estará disponível em um artigo de 20-30 páginas – por razões óbvias –, a replicação dos resultados torna-se inviável. Uma maneira de contornar esta dificuldade e de dar um grande passo em direção à abertura das “caixas-pretas” existentes seria tratar os modelos operacionais como bens públicos para a comunidade relevante, composta, basicamente, por modeladores e usuários dos resultados de estudos baseados em simulações com modelos IEGC. As experiências bem-sucedidas de disseminação com os modelos ORANI e MONASH, na Austrália, e o modelo GTAP, nos Estados Unidos, deveriam ser usadas como referências para grupos de pesquisa envolvidos no desenvolvimento de modelos IEGC.

2.3. A Experiência Brasileira

Nesta seção, abordaremos mais de perto a experiência brasileira com modelagem regional e inter-regional, analisando estudos que apresentam modelos construídos para territórios sub-nacionais no Brasil. Incluiremos não apenas modelos IEGC de tradição Walrasiana, cujos desenvolvimentos metodológicos recentes foram discutidos na seção anterior, mas também modelos regionais de equilíbrio geral de tradição Marshaliana. Enquanto aqueles representam a fronteira em análise de impacto no Brasil, estes também se apresentam como uma ferramenta importante para o planejamento regional no País, sendo utilizados por alguns poucos governos regionais. Além destes, modelos inter-regionais de insumo-produto, que, em uma definição mais ampla, podem ser considerados como uma classe especial de modelos IEGC, também são considerados. No que se segue, arrolaremos uma série de estudos que representam esforços de modelagem feitos para avaliação de características regionais da economia brasileira. O objetivo é proporcionar uma resenha ampla sobre modelos aplicados de equilíbrio geral para a economia brasileira nos últimos dez anos, quando o campo recebeu grandes estímulos. Esta seção é dividida em diferentes sub-seções caracterizadas por tópicos, com uma última sub-seção apresentando uma avaliação crítica da experiência brasileira.

2.3.1. Modelos gerais

Um marco na análise de impacto regional no Brasil é o livro de Haddad (1999), *"Regional Inequality and Structural Changes: Lessons from the Brazilian Experience"*, que apresenta o modelo B-MARIA (do inglês **B**razilian **M**ultisectoral **A**nd **R**egional-**I**nterregional

Analysis Model), o primeiro modelo IEGC totalmente operacional para o Brasil.[3] O modelo é baseado no modelo MONASH-MRF, até então o mais recente desenvolvimento da família ORANI de modelos EGC para a economia australiana. O modelo B-MARIA contém mais de 200,000 equações e é especificado para exercícios de análise de impacto de políticas e projeções. O comportamento dos agentes é modelado em nível regional, acomodando variações nas estruturas das economias regionais. O modelo reconhece as economias de três regiões brasileiras: Norte, Nordeste e Centro-Sul (o restante do Brasil). Os resultados se baseiam em uma abordagem *bottom-up* – os resultados nacionais são obtidos a partir da agregação dos resultados regionais. O modelo identifica 40 setores (indústrias) em cada região, que produzem 40 produtos; dois produtos (comércio e transporte) são usados como margens. Também identifica uma única família representativa em cada região, governos regionais e um governo federal, e um único consumidor estrangeiro que negocia com cada região. Grupos especiais de equações definem as finanças do governo, relações de acumulação e mercados de trabalho regionais.

Haddad (1999) discute os impactos regionais e setoriais de estratégias alternativas de desenvolvimento econômico, associadas às mudanças do ambiente econômico no Brasil no início dos anos 1990. Liberalização comercial, investimentos estrangeiros diretos e políticas de infra-estrutura são temas abordados diretamente no estudo. Destacando o papel das relações inter-regionais e interindustriais no processo de desenvolvimento econômico, o livro também introduz a dimensão espacial do desenvolvimento econômico no debate sobre políticas econômicas aparentemente "não-espaciais". As lições aprendidas da experiência

[3] O modelo foi operacionalizado pela primeira vez em 1997 (Haddad e Hewings, 1997).

brasileira oferecem um *benchmark* para uma melhor compreensão dos sistemas regionais integrados em países em desenvolvimento.

Em um outro esforço de modelagem, Haddad e Domingues (2001) começam destacando que a discussão das projeções econômicas no contexto da economia brasileira carece muitas vezes de uma estrutura analítica formal. Portanto, se a análise de políticas deve ser baseada em teorias econômicas consolidadas e dados econômicos consistentes e confiáveis, é importante que um instrumental de análise seja desenvolvido para oferecer esta capacidade. Da mesma forma, o foco básico do trabalho de Haddad e Domingues (2001) é desenvolver um modelo EGC de projeção para o Brasil: o modelo EFES. O modelo foi o primeiro modelo EGC dinâmico multi-setorial a ser usado para projetar um cenário consistente de médio prazo (período de 1999-2004) para a economia brasileira, baseado em uma combinação de projeções macroeconômicas derivadas de um modelo satélite de consistência macroeconômica, projeções de exportações, cenários de mudanças tecnológicas e avaliação de especialistas. Os resultados setoriais preliminares mostraram um melhor desempenho de setores relacionados com o ciclo de investimento e setores produtores de artigos de exportação dinâmicos. Além disso, uma tendência para um processo tímido de substituição de importações era aparente no período de projeção. Os resultados deste modelo foram, posteriormente, amplamente utilizados para alimentar modelos regionais e inter-regionais, em estruturas de modelagem integradas para o Brasil, fornecendo projeções para diferentes níveis de agregação espacial (e.g. estados, macro, meso e micro-regiões, municípios).[4]

[4] A FIPE tem uma série de estudos de projeções regionais neste contexto, os quais foram amplamente utilizados por instituições governamentais do Brasil, como o Ministério do Planejamento.

2.3.2. Políticas neoliberais

Os trabalhos de Baer *et al*. (1998) e Haddad *et al*. (1999) examinam a dimensão espacial do desenvolvimento econômico no Brasil. A análise é centrada em diferentes teorias de desenvolvimento regional, o que fornece um pano de fundo para explorar os padrões de desigualdade regional e mudanças estruturais no País. É sugerido que o novo ciclo de crescimento da economia brasileira terá efeitos adversos sobre a distribuição regional de renda e produtos e, com relação às regiões menos desenvolvidas do Norte e do Nordeste, considerando-se que a igualdade regional é um resultado desejável da política econômica, o desenvolvimento regional necessariamente exige a intervenção do governo. Resultados de modelagem são parte integrante da análise.

2.3.3. Política comercial

A discussão sobre os impactos regionais (sub-nacionais) e setoriais do processo de liberalização comercial é um tópico recorrente no contexto regional. Em Haddad e Hewings (2000a), um modelo IEGC é usado para analisar os efeitos regionais de curto prazo e longo prazo de políticas de liberalização comercial, representadas por simulações de corte de tarifas, na economia brasileira. O modelo B-MARIA foi utilizado, produzindo estimativas para três macro-regiões brasileiras. Uma desagregação dos resultados macro-regionais para o nível estadual foi proposta e implementada em Haddad e Azzoni (2001); são relatadas estimativas para 26 setores em 27 unidades da Federação. Utilizando os resultados para avaliar as mudanças no centro de gravidade da produção setorial, é mostrado que as

políticas mais abertas dos anos 1990 geram um movimento geográfico em direção ao Centro-Sul, aumentando a desigualdade regional no País.

Em Haddad *et al*. (2002a), são avaliadas estratégias alternativas de integração econômica do ponto de vista brasileiro. Na primeira parte da análise, um modelo EGC nacional, EFES-IT, uma extensão do modelo EFES, é utilizado para avaliar os impactos de três cenários alternativos de liberalização comercial. Na segunda parte, um modelo de comércio inter-regional do tipo Machlup-Goodwin é integrado ao modelo EGC para gerar uma desagregação *top-down* dos resultados nacionais. As implicações espaciais das políticas comerciais são avaliadas, mostrando que as estratégias comerciais contempladas – Área de Livre Comércio das Américas (ALCA), acordo Mercosul-UE e acordos bilaterais no âmbito da OMC – provavelmente também aumentariam a desigualdade regional do País.

O trabalho de Haddad *et al*. (2002b) é voltado para a avaliação de uma série de aspectos espaciais das atuais políticas comerciais do Brasil, enfatizando aquelas com implicações para comércio bilateral com a Argentina, seu principal parceiro comercial no Mercosul. Um modelo EGC foi desenvolvido e implementado (EFES-ARG, uma outra extensão do modelo EFES), e posteriormente integrado a um modelo comercial interestadual, com a finalidade de avaliar os impactos setoriais/regionais de diferentes estratégias comerciais em relação à Argentina. A análise dos aspectos de curto prazo das relações comerciais Brasil-Argentina revela uma tendência no sentido de uma concentração dos impactos sobre a atividade econômica nos estados do Sul e Sudeste do Brasil.

Uma das alternativas para o desenvolvimento de um bloco comercial econômico é a ALCA, um processo iniciado no Encontro das Américas de 1994 para integrar as economias do Hemisfério Ocidental em um único acordo de livre comércio. Em Domingues (2002), um modelo IEGC é usado para analisar os efeitos setoriais de curto prazo e longo prazo da liberalização comercial no contexto de um acordo da ALCA. O modelo é uma extensão do modelo B-MARIA e recebeu o nome de SPARTA. O modelo SPARTA fornece uma descrição do sistema econômico inter-regional, separado em duas regiões: São Paulo e o restante do Brasil. Uma de suas inovações é a completa especificação do comércio exterior em ambas as regiões, captando completamente a estrutura de fluxo de comércio ligando as duas regiões brasileiras e os mercados da ALCA. Dessa forma, podem ser implementadas, adequadamente, simulações de liberalização de tarifas. As simulações do modelo fornecem resultados em níveis nacional, regional e setorial. Um efeito positivo da liberalização da ALCA sobre o crescimento do PIB brasileiro e da balança comercial pode ser esperado. No entanto, os resultados sugerem que a interação das forças de mercado na economia brasileira beneficia o estado de São Paulo. Além disso, a liberalização comercial sob a ALCA pode produzir impactos setoriais heterogêneos.

Ferreira-Filho e Horridge (2004) também analisam os impactos regionais da ALCA. A ênfase do estudo recai sobre os efeitos distributivos do acordo comercial, considerando explicitamente a dimensão regional. O modelo EGC utilizado introduz uma desagregação *top-down* de resultados nacionais, que gera informações sobre renda e emprego para diferentes tipos de trabalhadores nos estados brasileiros. Estas informações alimentam um módulo de micro-simulação, que roda interativamente ao modelo EGC, proporcionando

resultados consistentes sobre os efeitos da ALCA sobre pobreza. Os resultados apontam para uma redução generalizada da pobreza no Brasil.

2.3.4. Política de transporte

No desenvolvimento de modelos que analisam os impactos de acordos de livre comércio entre países, tem sido dada relativamente pouca atenção às potenciais limitações impostas pela infra-estrutura de transporte. Em blocos de livre comércio como os representados pela União Européia ou pela parte americana e canadense do NAFTA, a hipótese implícita de um impacto pequeno ou nulo da infra-estrutura de transporte pode ser justificada. No entanto, no caso do Mercosul, esta suposição tem que ser discutida. Desse modo, Resende *et al*. (1997) ilustram uma abordagem potencial deste problema com relação ao Brasil. Foi dedicada atenção à maneira como os ganhos potenciais decorrentes do livre comércio dentro do Mercosul foram mapeados ao longo de uma rede de transporte para identificar o surgimento de gargalos adicionais e para explorar oportunidades para operações multimodais e de transferência para ajudar a realizar os ganhos do comércio.

Em Haddad e Hewings (2001), são examinadas as estratégias nacionais para aumentar a competitividade internacional na economia brasileira. O modelo B-MARIA foi usado para analisar os efeitos regionais de longo prazo de políticas estruturais, representadas pela simulação dos efeitos de um aumento da produtividade no setor de transporte, avaliando-se o impacto do aperfeiçoamento do componente da infra-estrutura de transporte no chamado "Custo Brasil". A assimetria dos resultados, que incorpora o fato de que os impactos da

política considerada são diferentes nos diversos mercados regionais, sugere, mais uma vez, um aumento das desigualdades regionais no País.

Em Almeida (2003), foi elaborado um modelo espacial EGC (MINAS-SPACE) para ser utilizado no planejamento e na análise das políticas de transporte no estado brasileiro de Minas Gerais. O modelo, que incorpora explicitamente os custos de transporte, foi desenvolvido para realização de exercícios de estática comparativa. Quatro atividades foram modeladas, especificamente: produção, consumo, transporte e exportações. Dois fatores de produção são considerados: mão-de-obra e outros fatores. No modelo, há doze regiões domésticas e três regiões externas. Dois experimentos contra-factuais foram desenvolvidos: uma diminuição generalizada de custos de transporte devido à "redução de distância"; e uma diminuição de custos de transporte devido a uma redução de frete para todos os bens. As principais conclusões atestam uma distribuição assimétrica dos efeitos econômicos espaciais destas experiências e mostram que as políticas que melhoram as condições de transporte teriam o efeito de provocar ganhos de bem-estar, aumentando a eficiência econômica e diminuindo as disparidades regionais em Minas Gerais. A principal conclusão do trabalho abre a possibilidade de adotar o transporte como um instrumento de política regional para combater as discrepâncias de renda entre as diversas regiões.

2.3.5. Análise estrutural

Em Guilhoto *et al*. (2001a), o objetivo é analisar as diferenças da estrutura produtiva das cinco macro-regiões brasileiras para os anos de 1985, 1990 e 1995, usando algumas contribuições metodológicas na área de insumo-produto. As principais fontes de dados são

as matrizes inter-regionais de insumo-produto, elaboradas pelos autores para os anos de 1985, 1990 e 1995 para as cinco macro-regiões brasileiras (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul). Guilhoto *et al*. (2002a) usam um conjunto de tabelas inter-regionais de insumo-produto, elaboradas pelo primeiro autor, para o ano de 1995, que contemplam duas regiões brasileiras (Nordeste e o restante da economia). Técnicas específicas são aplicadas na construção de uma série de indicadores de ligações (*linkages*), de tal forma que é possível examinar, pela natureza das interdependências regionais, internas e externas, a estrutura de relações de comércio entre as duas regiões. Este procedimento facilita a classificação dos tipos de interações sinergéticas dentro de uma hierarquia de subsistemas econômicos interligados. Em geral, os resultados mostram que a região Nordeste tem uma dependência maior do restante da economia do que o restante da economia tem da região Nordeste e, ao mesmo tempo, o restante da economia parece ser mais desenvolvido e apresentar uma estrutura produtiva mais complexa do que a da região Nordeste.

Técnicas similares foram também aplicadas em Guilhoto *et al*. (2001b). Neste caso, a metodologia foi discutida mais amplamente e aplicada a uma matriz inter-regional de insumo-produto em nível das cinco macro-regiões da economia brasileira, para o ano de 1995. Os resultados mostram que: a) a região Norte não tem praticamente nenhuma relação com a região Nordeste e vice-versa; b) enquanto a região Sul tem algum impacto sobre a produção da região Norte, o inverso não é verdadeiro; c) apesar do fato de as demandas da região Centro-Oeste terem algum impacto sobre a produção das outras regiões, a produção da região Centro-Oeste tem suas relações concentradas com as regiões Sudeste e Sul; e d) as regiões Sul e Sudeste mostraram ser as regiões mais importantes do sistema.

Guilhoto *et al*. (2002b) argumentam que a análise de insumo-produto provou ser um método popular para avaliação de impacto econômico de um setor ou grupo de setores em uma economia regional ou multi-regional. No entanto, há um problema para exibir toda a informação que pode ser obtida a partir desta abordagem analítica. Neste trabalho, os autores tentam estabelecer novas diretrizes no uso da análise de insumo-produto, apresentando uma forma aperfeiçoada de se considerar as "paisagens econômicas". Embora este não seja um conceito novo, um novo significado é explorado. Basicamente, mostram que é possível visualizar, em uma única imagem, todas as relações na economia, bem como identificar visualmente como um setor se relaciona com outros setores/regiões na economia. Estas relações podem ser medidas em termos de mudanças estruturais, produção, valor agregado, emprego, importações, etc. Ainda que nem todas as possibilidades tenham sido exploradas neste trabalho, a idéia básica é apresentada. Para ilustrar o poder analítico oferecido pelas paisagens econômicas, é feita uma aplicação para o complexo da cana-de-açúcar usando um sistema inter-regional de insumo-produto para a economia brasileira, elaborado para duas regiões (Nordeste e restante do Brasil), para os anos de 1985, 1992 e 1995.

Parré e Guilhoto (2001) estudam a importância do agronegócio brasileiro para a economia nacional como um todo, e para suas cinco macro-regiões, utilizando matrizes inter-regionais de insumo-produto para os anos 1985, 1990 e 1995. As principais conclusões do trabalho mostram que: a) houve uma diminuição na concentração do agronegócio entre as regiões e seus componentes (insumos, produção agrícola, processamento e distribuição); b) a participação da região Sudeste (a mais desenvolvida das regiões brasileiras) no agronegócio diminuiu de 46% em 1985 para 41,2% em 1995; c) a participação do

agronegócio brasileiro no PIB e no PRB diminuiu; por exemplo, a participação na economia brasileira baixou de 38,6%, em 1985, para 30,4%, em 1995; e d) a estrutura do agronegócio mostra-se específica para cada região e com diferentes níveis de desenvolvimento.

Crocomo e Guilhoto (1998) apresentam um estudo da estrutura econômica inter-regional no Brasil, através da análise de um modelo inter-regional de insumo-produto. O estudo apresenta, entre as principais conclusões, a identificação dos setores-chave nas cinco regiões pesquisadas. A região Sudeste mostrou a maior independência, enquanto que as regiões Sul e Nordeste, de acordo com a análise feita usando os diversos métodos selecionados, alternaram-se como a segunda região mais dinâmica na economia brasileira, seguidas pelas regiões Centro-Oeste e Norte. As diferenças significativas entre todas as regiões demonstram a necessidade de reorganizar os planos de desenvolvimento em uma nação com dimensões continentais.

Em Domingues *et al*. (2002), o foco de análise são as mudanças intertemporais dos fluxos comerciais entre estados na economia brasileira. Matrizes interestaduais de comércio foram elaboradas para dois anos, 1985 e 1997, e um modelo de comércio do tipo Machlup-Goodwin foi aplicado seguindo Haddad *et al*., (1999). O modelo foi usado para explorar mudanças na estrutura comercial entre os 27 estados brasileiros. Métodos holísticos foram aplicados ao sistema inter-regional para explorar a natureza da estrutura comercial e as mudanças evidentes no período de 1985 a 1997.

Haddad e Hewings (2000b) descrevem a estrutura do sistema inter-regional de insumo-produto para o Brasil, compilado como parte do desenvolvimento do modelo B-MARIA (Haddad, 1999). Métodos tradicionais de insumo-produto são usados na tentativa de encontrar semelhanças e diferenças nas estruturas das economias regionais. Explorando diferentes métodos de análise comparativa de estruturas produtivas, espera-se que a complementaridade entre eles possa resultar em uma melhor apreciação das reais dimensões das diferenças e semelhanças que existem entre as três regiões consideradas neste estudo, no período pré-liberalização (1985).

Finalmente, Chahad *et al*. (2003) analisam a interdependência dos estados brasileiros associada à geração de emprego e às pautas de exportação de cada estado. Utilizando matriz interestadual de insumo-produto para o ano de 1996, foram calculados multiplicadores de emprego (por seis níveis de qualificação) das unidades-padrão de exportação de cada unidade da Federação e, a partir de técnicas de decomposição, evidenciou-se o grau de geração de emprego intra e inter-regional. A análise dos impactos regionais das exportações estaduais sobre a geração de emprego aponta para uma concentração do nível de mão-de-obra qualificada nos estados do Sul e Sudeste. Os estados mais desenvolvidos beneficiam-se das exportações brasileiras, atendendo, direta e indiretamente, à demanda por trabalhadores mais qualificados ligados ao setor exportador.

2.3.6. Meio-ambiente

Usando o modelo MIBRA, um modelo IEGC construído para a economia brasileira e suas cinco macro-regiões (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul), Guilhoto *et al*. (2002)

projetam o impacto do crescimento econômico na economia brasileira, de 2002 a 2012, sobre variáveis ambientais regionalizadas, a saber, materiais orgânicos inorgânicos, particulados, sulfatos, água, energia, e CO_2. No que diz respeito às taxas de crescimento econômico, dois cenários foram construídos: um pessimista e outro otimista, e foram medidos os impactos de ambos os cenários sobre as variáveis ambientais. Algumas grandes preocupações ambientais são levantadas para cada uma das macro-regiões brasileiras: a) para a região Norte, representada principalmente pela Amazônia, é levada em consideração a troca entre a área utilizada por atividades agrícolas e a área coberta pela floresta tropical; b) para a região Nordeste, a principal preocupação é a restrição ao uso da água; c) para a região Centro-Oeste, considera-se a expansão da fronteira agrícola como fator de preocupação; d) para as regiões Sudeste e Sul, regiões mais industrializadas, os poluentes são apontados como principal problema.

2.3.7. Análise setorial

Haddad e Hewings (1999) apresentam um exercício interessante que considera os efeitos regionais das políticas setoriais. Com maior comprometimento com as forças de mercado nos anos recentes, o governo federal ficou com poucas opções para manipular o crescimento de regiões menos desenvolvidas do país. Dessa forma, os investimentos privados começaram a exercer um papel importante no processo de desenvolvimento regional. Novos investimentos na indústria automobilística brasileira foram buscados pelas regiões em uma intensa competição, através de incentivos fiscais, pelo capital entrante. Uma das questões que preocupavam os sindicatos de trabalhadores dizia respeito à tecnologia de produção poupadora de mão-de-obra incorporada ao novo capital. Nesse

trabalho, o impacto regional dos novos investimentos na indústria automobilística foi avaliado através do uso do modelo B-MARIA. Dedicou-se atenção especial às estimativas de emprego e impactos sobre a desigualdade regional. Os resultados das simulações mostraram que: a) os efeitos da tecnologia poupadora de mão-de-obra na industria automobilística sobre o emprego foram positivos para a economia como um todo; e b) embora os investimentos na região menos desenvolvida (Nordeste) tenham sido mais benéficos para a redução dos desequilíbrios regionais no País, em termos de eficiência, os investimentos no Centro-Sul geraram um maior crescimento econômico nacional.

2.3.8. Política tributária

Domingues e Haddad (2003) tratam de aspectos metodológicos importantes nos estudos de política/reforma tributária: a endogeneidade da base tributária, mudanças de preços relativos e a substituição setorial e regional. Estes aspectos são avaliados quantitativamente através de um modelo IEGC para duas regiões (São Paulo e o restante do Brasil), o B-MARIA-SP. Considerações espaciais de curto prazo e de longo prazo foram rigorosamente avaliadas, produzindo informações relevantes para o planejamento regional.

2.3.9. Modelos Marshalianos EGC (MEGC) como ferramenta para o planejamento regional

Modelos MEGC foram desenvolvidos para diferentes regiões e estados brasileiros em uma parceria entre o REAL (sigla em inglês para *Regional Economics Application Laboratory*) na Universidade de Illinois, e a FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – na

Universidade de São Paulo. Estados como Ceará, Minas Gerais e São Paulo têm seus próprios modelos, que estão prontos para serem incorporados ao processo de planejamento regional. Os governos estaduais procuram respostas relacionadas à estimativa de impacto de diferentes eventos em suas próprias regiões, e estas ferramentas analíticas oferecem esta possibilidade. Estes modelos são baseados na metodologia desenvolvida por Conway (1990) e modificada pelo REAL, com experiências bem-sucedidas de aplicações não apenas em estados brasileiros, mas também em diferentes regiões dentro dos EUA e de outros países. Uma boa revisão do modelo de São Paulo é apresentada em Azzoni e Kadota (2001).

2.3.10. Epílogo: avaliação crítica

A discussão precedente revela algumas características da experiência brasileira com modelos IEGC. Aparte o desenvolvimento de outras metodologias similares – modelos inter-regionais de insumo-produto e modelos MEGC – aspectos do estado-da-arte, analisados anteriormente, permitem-nos constatar que as aplicações para o caso brasileiro têm acompanhado a fronteira da agenda de pesquisas na área. Aplicações de modelos IEGC no Brasil, nos últimos cinco anos, cresceram exponencialmente.

A nosso ver, este crescente interesse no caso brasileiro deve-se muito à disponibilidade de dados para nossa economia, mas, principalmente, à redução do custo de entrada de novos pesquisadores no campo devido à ampla disseminação das informações técnicas dentro de uma rede internacional de pesquisadores especializados, originada na Austrália e nos

Estados Unidos, e, mais especificamente, ao desenvolvimento de aplicativos computacionais em ambientes de trabalho amigáveis.

Neste processo mais recente de apropriação tecnológica, alguns aspectos merecem destaque. Em primeiro lugar, vale ressaltar que o País, hoje, já possui massa crítica satisfatória para o desenvolvimento de modelos IEGC, como demonstram os resultados apresentados nesta seção. Pesquisadores brasileiros, com inserção internacional na área, estão empenhados na capacitação de outros pesquisadores e divulgação da técnica em vários níveis.[5]

O domínio técnico encontra-se já bastante consolidado entre pesquisadores brasileiros. Entretanto, chegou o momento de atingir o próximo patamar. Com poucas exceções, as experiências até aqui implantadas possuem um visível viés acadêmico, necessário, contudo, na fase inicial de apropriação tecnológica, quando os pesquisadores necessitam demonstrar domínio metodológico para a comunidade internacional. As primeiras aplicações relatadas referem-se a estudos prospectivos de temas de interesse genérico para a compreensão de sistemas regionais integrados. Pouca ênfase, via de regra, é dada a problemas específicos da realidade nacional. Em outras palavras, neste primeiro momento, a utilização de dados brasileiros tem como papel principal demonstrar o domínio de habilidades técnicas específicas, ao se aplicarem metodologias modernas para uma economia real. Esta intenção implícita faz-se notar no desenho das simulações implementadas, que apesar de relevantes para o caso brasileiro, representam cenários genéricos de fatos econômicos, proporcionando

[5] Publicações acadêmicas, cursos de pós-graduação, cursos de especialização, mini-cursos, seminários, cooperação interinstitucional, formação de discípulos, etc..

ao pesquisador maior certeza acerca do bom funcionamento do modelo do que dos resultados relevantes para subsidiar decisões de política.

Neste sentido, o método precisa ainda ser colocado à prova. Em última instância, o que se procura ao desenvolver métodos de análise de impacto regional, como é o caso de modelos IEGC, é que esse instrumental seja útil para avaliação de políticas específicas. Mais importante, por exemplo, que conhecer o impacto de uma queda generalizada do custo de transporte, é conhecer o impacto potencial da duplicação de uma estrada que afeta o custo de transporte dentro do sistema, de maneira tal que se possa avaliar estas alterações considerando suas magnitudes (e sinais) específicas. Dentro do processo de planejamento, passar do geral para o específico traz informações adicionais ainda mais valiosas para os formuladores de planos de desenvolvimento regional, pois possibilita comparações entre conjuntos de políticas compatíveis.

No caso brasileiro, para que se atinjam níveis de excelência ainda mais elevados, abarcando públicos acadêmicos e práticos, o desenvolvimento de modelos IEGC deveria caminhar em direção a duas frentes. A primeira, com o objetivo de combater exaustivamente a "síndrome da caixa-preta", ainda muito resistente nos vários meios, consistiria na busca por formas de disseminação mais ampla dos modelos implementados, seguindo de perto as experiências australiana (MONASH) e americana (GTAP). Esta estratégia permitiria que cada vez mais pesquisadores pudessem replicar simulações e utilizar modelos IEGC para vários fins. A segunda frente, sempre acompanhando os desenvolvimentos recentes da área, buscaria

preencher uma lacuna ainda existente (apesar de algumas iniciativas incipientes[6]): atingir os planejadores regionais propiciando-lhes um ferramental poderoso de análise para subsidiar políticas públicas de maneira mais sistemática.

[6] A experiência recente da FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas –, que possui um grupo de modelagem consolidado, merece destaque.

3. Estrutura Metodológica

O objetivo desta Tese é desenvolver um instrumental analítico, inspirado nos desenvolvimentos recentes da NGE, que seja capaz de lidar com a avaliação de políticas de transporte em um sistema inter-regional integrado. A estratégia será integrar um modelo econômico espacial (modelo IEGC) e um modelo de transporte.

Nosso ponto de partida será o modelo B-MARIA, desenvolvido por Haddad (1999). O modelo B-MARIA – e suas extensões – tem sido amplamente utilizado para a análise de impactos regionais de diferentes políticas. Desde a publicação do texto de referência, vários estudos foram elaborados utilizando, como instrumental básico de análise, variações do modelo original. Dentre estes estudos, destacam-se três Teses de Doutorado: Domingues (2002), Perobelli (2004) e Porsse (2004), esta última em fase de conclusão. Além disso, revisões críticas do modelo podem ser encontradas no *Journal of Regional Science* (Polenske, 2002), no *Economic Systems Research* (Siriwardana, 2001) e no *Papers in Regional Science* (Azzoni, 2001).

Estudos com o modelo B-MARIA e suas extensões têm-se aproveitado da flexibilidade do modelo para lidar com políticas que afetam setores e regiões de maneira diferenciada. A partir da estrutura básica do modelo, variações sobre suas características gerais (regionalização, setores, ano base) foram implementadas, juntamente com algumas extensões metodológicas (e.g. abertura do setor externo do modelo, desagregação mais fina das contas públicas). Alguns exemplos de aplicações incluem estudos prospectivos da

dinâmica regional brasileira [Baer *et al*., (1998) e Haddad *et al*. (1999]; avaliação do processo de liberalização comercial no início dos anos 1990 [Haddad e Hewings (2000a) e Haddad e Azzoni (2001)]; avaliação dos impactos da implantação de uma nova planta automotiva no País [Haddad e Hewings (1999)]; estudo do componente de transporte do "Custo Brasil" [Haddad e Hewings (2001)]; avaliação metodológica dos coeficientes estruturais e parâmetros comportamentais do modelo [Haddad *et al*. (2002)]; avaliação dos impactos regionais da formação da ALCA [Domingues (2002)]; desenvolvimentos metodológicos para avaliação de competição tributária ("guerra fiscal") [Haddad e Domingues (2003) e Porsse (2004)]; e, finalmente, análise das interações comerciais dos estados brasileiros [Perobelli (2004)].

Sendo assim, a estrutura teórica do modelo B-MARIA encontra-se muito bem documentada. Além dos textos de Haddad (1999) e Haddad e Hewings (1997), que apresentam detalhadamente o modelo, Domingues (2002) e Perobelli (2004) apresentam versões em português da especificação. Neste último caso, uma descrição pormenorizada do processo de calibragem da versão interestadual do modelo B-MARIA é apresentada.

Seguindo a linha de disseminação mais ampla de modelos IEGC, sugerida no capítulo anterior, um CD, 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 *software* GEMPACK[7], acompanha este volume.

[7] http://www.monash.edu.au/policy/gempack (a licença disponibilizada com este trabalho é para uso **exclusivo** do Departamento de Economia da FEA/USP).

3.1. Características Gerais dos Modelos B-MARIA e B-MARIA-27

Antes de apresentarmos as principais modificações introduzidas no modelo B-MARIA, salientaremos algumas de suas características básicas, permitindo ao leitor situar-se em relação à estrutura teórica a ser utilizada.

B-MARIA-27 é um modelo IEGC que apresenta uma estrutura teórica similar à do modelo B-MARIA. Ambos os modelos se inserem na tradição australiana de modelagem em equilíbrio geral; são modelos do tipo Johansen, em que a estrutura matemática é representada por um conjunto de equações linearizadas e as soluções são obtidas na forma de taxas de crescimento.

Em termos de estrutura regional, a principal inovação no modelo B-MARIA-27 é o tratamento detalhado dos fluxos interestaduais na economia brasileira, especificando mercados de origem e destino para as importações e exportações estaduais. O modelo B-MARIA-27 divide a economia brasileira em 27 regiões, correspondentes aos 26 estados brasileiros e ao Distrito Federal. Os dados utilizados para calibragem referem-se a 1996, sendo especificados 8 setores produtivos e de bens de investimento em cada região (Tabela 3.1). Os setores produtivos utilizam três fatores primários locais (terra, capital e trabalho). A demanda final é composta pelo consumo das famílias, investimento, exportações, consumo dos governos regionais e do governo federal. Os governos regionais são fontes de demanda e gasto exclusivamente locais, englobando as esferas estadual e municipal da administração pública em cada região.

Tabela 3.1. Setores do Modelo B-MARIA-27

1	Agropecuária
2	Extrativa mineral e indústria de transformação
3	S.I.U.P.
4	Construção
5	Comércio
6	Instituições financeiras
7	Administração pública
8	Transporte e outros serviços

O **módulo central** do modelo IEGC é composto por blocos de equações que determinam relações de oferta e demanda, derivadas de hipóteses de otimização e condições de equilíbrio de mercado. Além disso, vários agregados regionais e nacionais são definidos nesse bloco, como nível de emprego agregado, saldo comercial e índices de preços. A seguir, as principais características do modelo são descritas.

A especificação da tecnologia de produção define três níveis de otimização no processo produtivo das firmas. No primeiro nível, é adotada a hipótese de combinação em proporção fixa no uso dos insumos intermediários e fatores primários, através de uma especificação de Leontief. No segundo nível, há possibilidade de substituição imperfeita entre insumos de origens doméstica e importada, de um lado, e entre terra, capital e trabalho, de outro. Finalmente, no terceiro nível, um composto dos insumos intermediários domésticos é formado pela combinação de insumos de diferentes origens. Os insumos domésticos podem vir de 27 regiões, enquanto as importações se originam de um único mercado externo. No modelo básico, uma função de elasticidade de substituição constante, CES, é utilizada na combinação dos insumos e fatores primários.

O tratamento da estrutura de demanda das famílias é baseado num sistema combinado de preferências CES/Sistema Linear de Gastos (LES). As equações de demanda são derivadas a partir de um problema de maximização de utilidade, cuja solução segue passos hierarquizados. No nível inicial existe substituição entre as diferentes fontes de oferta para os bens domésticos. No nível superior subseqüente ocorre substituição entre o composto de bens domésticos e importados. A utilidade derivada do consumo do composto de bens domésticos é maximizada.[8]

Os investidores são uma categoria de uso da demanda final, responsáveis pela criação de capital em cada setor regional. Eles escolhem os insumos utilizados no processo de criação de capital através de um processo de minimização de custos sujeito a uma estrutura de tecnologia aninhada. Esta tecnologia é similar à tecnologia de produção setorial, com algumas adaptações. Como na tecnologia de produção, o bem de capital é constituído por insumos domésticos e importados. No terceiro nível, um agregado do conjunto dos insumos intermediários, domésticos e importados, é formado pela combinação de insumos de diferentes origens. Uma função CES é utilizada na combinação de bens de origens distintas. Os insumos domésticos têm origem nas 27 regiões. No segundo nível, há possibilidade de substituição entre insumos compostos domésticos e insumos importados (novamente uma função CES é utilizada nessa combinação). Uma função de Leontief garante que a composição do bem de capital por setor seja fixa (nível 1). Diferentemente da tecnologia de produção, fatores primários não são utilizados diretamente como insumos para formação de capital, mas indiretamente através dos insumos na produção dos setores, especialmente no

[8] Discutiremos, mais adiante, as implicações desta especificação para a análise de bem-estar regional.

setor de construção civil. O nível de investimento em bens de capital por setor regional é determinado pelo bloco de equações de acumulação de capital. Dessa forma, dado o nível de investimento por setor, a demanda por insumos para criação de capital é determinada pela tecnologia de criação de capital descrita acima.

Em relação à demanda por exportações, todos os bens são definidos com curvas de demanda negativamente inclinadas nos próprios preços no mercado mundial. Um vetor de elasticidades define a resposta da demanda externa a alterações no preço F.O.B. das exportações regionais. Por hipótese, estas elasticidades são idênticas por região e diferenciadas por bem.[9]

A demanda do governo por bens públicos no modelo B-MARIA-27 parte da identificação do consumo de bens públicos por parte dos governos regionais e federal, obtida da matriz de insumo-produto. Entretanto, atividades produtivas exercidas pelo setor público não podem ser separadas daquelas exercidas pelo setor privado. Dessa forma, a atividade empreendedora do governo é determinada pela mesma lógica de minimização de custos empregada pelo setor privado. O consumo do bem público é especificado por uma proporção constante do consumo regional privado, no caso dos governos regionais, e do consumo privado nacional, no caso do governo federal.

Uma característica própria do modelo B-MARIA-27 é a modelagem explícita de serviços de transporte e custos de movimentação de bens baseados em pares de origem e destino.

[9] Perobelli (2004) relaxa esta hipótese, introduzindo elasticidades, econometricamente estimadas, diferenciadas por bem e por região.

Outras definições contidas no módulo central do modelo IEGC incluem: alíquotas de impostos, preços básicos e de mercado dos bens, receita com tributos, margens, componentes do produto nacional (PIB) e regional (PRB), índices de preços regionais e nacionais, preços de fatores, agregados de emprego e especificações das equações de salário.

No **bloco de acumulação de capital e investimento**, estão definidas as relações entre estoque de capital e investimento. Existem duas configurações do modelo para exercícios de estática comparativa que permitem seu uso em simulações de curto prazo e longo prazo. A utilização do modelo em estática comparativa implica que não existe uma relação fixa entre capital e investimento; essa relação é escolhida de acordo com os requisitos específicos da simulação.

Algumas qualificações são importantes quanto à especificação da formação de capital e investimento no modelo. Como discutido em Dixon *et al.* (1982), este tipo de modelagem se preocupa primordialmente com a forma como os gastos de investimento são alocados setorialmente e regionalmente, e não na determinação do investimento privado agregado em construções, máquinas e equipamentos, embora este resultado possa ser abarcado como subproduto. Além disso, a concepção temporal de investimento empregada não tem correspondência com um calendário exato; esta seria uma característica necessária se o modelo tivesse o objetivo de explicar o caminho de expansão do investimento ao longo do tempo. Destarte, a preocupação principal na modelagem do investimento é captar os efeitos dos choques na alocação do gasto de investimento corrente entre os setores e regiões.

No **módulo de mercado de trabalho e migração regional**, a população em cada região é definida através da interação de variáveis demográficas, inclusive migração inter-regional, e também é estabelecida uma conexão entre população regional e oferta de trabalho. Dada a especificação do funcionamento do mercado de trabalho, a oferta de trabalho pode ser determinada por diferenciais inter-regionais de salário ou por taxas de desemprego regional, conjuntamente com variáveis demográficas, usualmente definidas exogenamente. Em resumo, tanto a oferta de trabalho como os diferencias de salário podem determinar as taxas de desemprego, ou, alternativamente, a oferta de trabalho e as taxas de desemprego podem determinar os diferenciais de salário.

Existem pelo menos duas configurações possíveis para a especificação deste módulo. Na primeira, a população regional é exógena e pelo menos uma das variáveis do mercado de trabalho regional é determinada endogenamente: desemprego regional, taxa de participação regional ou salário regional relativo. Na segunda, as variáveis anteriores são exógenas e a migração regional é determinada endogenamente, e, desta forma, também a população regional.[10]

A primeira opção de especificação do mercado de trabalho permite a utilização de projeções dos fluxos populacionais (crescimento natural, migração regional e migração externa). Neste caso, o mercado de trabalho e o bloco de migração podem ser configurados para determinar a oferta de trabalho regional, dados os componentes especificados

[10] Neste caso, diferenciais inter-regionais de salário e taxas de desemprego regional são especificados exogenamente. Os blocos de mercado de trabalho e migração regional determinam a oferta de trabalho regional e a população regional para um conjunto de taxas de participação e taxas de população em relação à população em idade de trabalhar.

exogenamente. Com a oferta de trabalho determinada, o mercado de trabalho e o módulo de migração determinam: a) o diferencial inter-regional de salários (dada a taxa de desemprego regional); ou b) a taxa de desemprego regional (dado o diferencial inter-regional de salário). No primeiro caso, com a taxa de desemprego regional e a oferta de trabalho regional dadas, o emprego regional é determinado como resíduo e os diferenciais de salário se ajustam para acomodar o equilíbrio do mercado de trabalho. No segundo caso, os diferenciais de salário fixos determinam a demanda de trabalho de forma que, com a oferta de trabalho regional dada, o modelo determina as taxas de desemprego regional como resíduo.

O **módulo de finanças públicas** incorpora equações determinando o produto regional bruto (PRB), do lado da renda e do dispêndio, para cada região, através da decomposição e modelagem de seus componentes. Os déficits orçamentários dos governos regionais e do governo federal estão definidos neste módulo. Este bloco define também as funções de consumo das famílias em cada região, as quais estão desagregadas nas principais fontes de renda e nos respectivos impostos incidentes.

Finalmente, no **módulo de acumulação de dívida externa**, esta segue uma relação linear com a acumulação dos saldos comerciais externos, ou seja, os déficits comerciais são financiados por elevações na dívida externa. A especificação deste módulo é baseada no modelo ORANI-F (Horridge *et al.*, 1993).

Sem dúvida nenhuma, o modelo B-MARIA inclui explicitamente alguns elementos importantes de um sistema inter-regional, necessários para o melhor entendimento de

fenômenos macro-espaciais: fluxos inter-regionais de bens e serviços, movimentos inter-regionais de fatores primários, custos de transporte baseados em pares de origem e destino, regionalização das transações do setor público e segmentação regional do mercado de trabalho. Entretanto, o modelo básico ainda carece de algumas características importantes, relacionadas ao tratamento de sistemas econômicos espaciais, que merecem ser incorporadas.

Por conseguinte, apresentaremos, na próxima seção, as modificações estruturais implementadas no modelo básico. As principais alterações referem-se tanto a diferentes especificações, com a inclusão de novas possibilidades teórico-analíticas, como a alterações no banco de dados.

Em primeiro lugar, introduzimos a possibilidade de retornos de escala na produção. Esta extensão é essencial para espelhar adequadamente mecanismos de funcionamento de uma economia espacial.

Uma segunda modificação refere-se à incorporação de ligações do modelo IEGC com um modelo de transporte georreferenciado, permitindo uma caracterização mais adequada da heterogeneidade do espaço econômico, em que se consideram, explicitamente, o papel da infra-estrutura de transportes e a fricção da distância. Dentro desta nova especificação mais sofisticada de custos de transporte, a possibilidade analítica de efeitos de escala para transporte também é introduzida.

Uma terceira alteração considera as propriedades da função utilidade para definir uma medida de bem-estar. No debate público sobre políticas públicas, como bem observam Dixon e Rimmer (2002), às vezes é necessário resumir os milhares de resultados provenientes de simulações com modelos EGC em apenas um ou dois números. Assim como no modelo MONASH, medidas de grande apelo político como efeitos sobre emprego, como veremos, podem apresentar resultados interessantes em simulações de curto prazo, ao se pressupor ajustes sob a hipótese de rigidez salarial. Entretanto, em simulações de longo prazo, variações no emprego agregado são de pouco interesse, uma vez que os pressupostos de ajuste consideram-nas insignificantes. Assim, nas análises subseqüentes dos resultados dos exercícios de simulação, consideraremos duas medidas básicas: a primeira, referente a variações percentuais no PIB/PRB real (medida de crescimento); a segunda, referente à medida de variação equivalente (medida de bem-estar), incluída no modelo, em unidades monetárias do ano-base (R$ milhões de 1996).

Outra alteração menos significante, por não ser explorada nesta Tese, é a introdução de uma ligação potencial do modelo B-MARIA-27 com o setor financeiro através do mercado de crédito. Essencialmente, estabelecemos uma relação entre demanda por bens de capital e demanda por mão-de-obra, e uma taxa de juros de referência. Em ambos os casos, considera-se potencialmente o custo de financiamento: a) de curto prazo (necessidades de capital de giro para pagamento de salários); e b) de longo prazo (investimentos em capital fixo).[11]

[11] Esta alteração está incorporada ao código do modelo (ver CD que acompanha o texto).

Modificações no banco de dados, em relação ao reportado em Perobelli (2004), também foram introduzidas: a) estimativas econométricas próprias dos parâmetros de escala; b) estimativas econométricas próprias das elasticidades de comércio regional (Armington); c) novas estimativas de elasticidades de comércio internacional [Tourinho *et al*. (2002) e Haddad e Domingues (2001)]; d) novas estimativas de elasticidades-renda (Asano e Fiuza, 2003); e) novas estimativas de estoque de capital por região.

3.2. Principais Extensões do Modelo B-MARIA-27[12]

3.2.1. Incorporação de retornos de escala nas funções de produção regionais

A especificação da tecnologia de produção no modelo B-MARIA considera uma estrutura aninhada de funções CES em três níveis. As propriedades destas funções implicam na existência de retornos constantes de escala (Dixon *et al*., 1983). Como visto no capítulo anterior, o tratamento de formas funcionais alternativas tem sido considerado sob duas abordagens, uma experimentalista e outra mais conservadora. Esta pesquisa adota ambas abordagens como princípio geral para a utilização de formas funcionais mais flexíveis. Alterações nas funções de produção regionais do setor da indústria de transformação[13], em cada uma das 27 regiões, são implementadas para que retornos não-constantes de escala sejam incorporados ao modelo, pressuposto fundamental para a análise de sistemas inter-regionais integrados. Mantivemos a mesma hierarquia da estrutura de produção, por se mostrar extremamente conveniente para o processo de calibragem (Bröcker, 1998b), mas

[12] A especificação formal do núcleo central do modelo B-MARIA-27 é apresentada no anexo.
[13] Inclui extrativa mineral.

modificamos as hipóteses sobre os valores dos parâmetros, chegando a uma forma funcional mais genérica. Este procedimento de modelagem permitiu-nos introduzir a possibilidade de existência de retornos de escala, de maneira sistemática, ao explorarmos propriedades locais de uma função CES. Muito cuidado deve ser tomado para que as propriedades de convexidade das formas funcionais adotadas sejam mantidas localmente para que a existência de equilíbrio seja garantida sob o ponto de vista teórico.

Schmutzler (1999) aponta como uma das maiores contribuições da literatura recente da NGE a formalização de um arcabouço analítico coerente, que considera velhos conceitos amplamente conhecidos por cientistas regionais (e.g. forças centrípetas e centrífugas, considerações de equilíbrio geral e micro-fundamentação teórica). Como retornos crescentes constituem um dos elementos fundamentais para a explicação de padrões de aglomeração, verificados empiricamente, a abordagem tradicional de Arrow-Debreu seria inapropriada para lidar com questões de geografia econômica, por imprescindirem da hipótese de conjuntos de tecnologia convexos.[14]

A experimentação com efeitos de escala empreendida neste trabalho, inspirada por Whalley e Trela (1986), considera parâmetros que permitem que retornos de escala sejam incorporados na função de produção de um setor em uma região através de efeitos de escala paramétricos. Alterações na tecnologia de produção são introduzidas apenas no setor da indústria de transformação, para o qual há dados disponíveis para a estimação dos

[14] Modelos EGC são comumente associados a hipóteses neoclássicas de funções convexas e monotônicas, e mercados competitivos, necessárias para a existência de um equilíbrio único. De outra forma, contudo, pode-se utilizar estruturas de modelagem e especificações funcionais para as quais provas de existência e unicidade não estejam disponíveis (Dervis *et al.*,1982). Em tais casos, a determinação da solução inicial do modelo torna-se uma questão meramente empírica.

parâmetros relevantes. A estimação destes parâmetros proporciona estimativas pontuais para calibragem, bem como desvios-padrão para uso posterior em exercícios de análise de sensibilidade sistemática.

A seguir, apresentaremos as principais modificações na especificação da tecnologia de produção do modelo B-MARIA, para, na seqüência, discutirmos o procedimento de estimação dos parâmetros relevantes e apresentarmos os resultados.

3.2.1.1. A tecnologia de produção modificada

Retornos não-constantes de escala foram introduzidos no grupo de equações relativas a demandas e preços de fatores primários, dentro da estrutura de produção aninhada. Como mencionado, apenas o setor da indústria de transformação sofreu tal alteração, na medida em que a abordagem mais pragmática do tratamento de formas funcionais alternativas sugere a necessidade de estimar parâmetros relevantes para novas especificações. Assim, devido à não disponibilidade de dados, os demais setores mantiveram a tecnologia de produção padrão, exibindo retornos constantes de escala.

As equações deste grupo especificam demandas setoriais por terra, capital e trabalho. Elas são derivadas sob a hipótese de que firmas representativas de um determinado setor escolhem insumos de fatores primários de forma a minimizar custos sujeito a obterem quantidades suficientes destes insumos que satisfaçam os requisitos técnicos. Na especificação padrão, pressupõe-se que não haja substituição entre fatores primários e outros insumos, no primeiro nível da estrutura de produção. Assim, os requisitos de fatores

primários do setor *j* são determinados pelo nível total de atividade setorial e por variáveis tecnológicas insensíveis a alterações de preços, que especificam o uso de fatores primários por unidade de produção. Neste ponto, a primeira modificação é introduzida: a demanda pelo composto de fatores primários passa a seguir uma especificação mais geral, em nível, como descrito abaixo:[15]

$$X1PRIM(j,q) = A1(j,q) * A1PRIM(j,q) * [\alpha(j,q)Z(j,q)]^{MRP(j,q)} \tag{3.1}$$

onde *X1PRIM(j,q)* é a demanda pelo composto de fatores primários do setor *j* na região *r*, *A1* e *A1PRIM* são variáveis tecnológicas, *Z(j,q)* é o nível de atividade do setor *j* na região *r*, $\alpha(j,q)$ é um coeficiente técnico de insumo-produto, e *MRP(j,q)* é um parâmetro de retornos de escala de fatores primários, específico por setor e região, com $MRP(j,q) = 1$ indicando retornos constantes, como na especificação original. Alterações das hipóteses sobre o parâmetro *MRP(j,q)* permitem-nos introduzir retornos crescentes de escala ($MRP(j,q) < 1$) e retornos decrescentes de escala ($MRP(j,q) > 1$). Se os setores regionais exibem retornos constantes de escala, ou não, é uma questão empírica. Em forma de variação percentual, a equação (3.1) equivale à equação (A1.4), no anexo. Analogamente, os pressupostos sobre os parâmetros da função CES podem ser modificados para introduzir a possibilidade de existência de retornos não-constantes de fatores primários específicos. Em forma de variação percentual, a equação relevante, no anexo, é a equação (A1.3). Os parâmetros-chave, μ e α, devem, então, ser estimados.

[15] Nesta seção, a notação é a mesma do código em TABLO (ver CD que acompanha o texto).

3.2.1.2. Estimação dos parâmetros

Versões simplificadas da equação (A1.4) foram estimadas apenas para o setor da indústria de transformação. A seguinte especificação básica foi considerada:

$$\ln(VA/\#\ firmas) = \alpha + \beta \ln(VBP/\#\ firmas) \qquad (3.2)$$

onde *VA/#firmas* é o valor adicionado (valor da transformação industrial – VTI) médio por firma no (sub)setor da indústria de transformação, e *VBP/#firmas* é o valor bruto da produção médio por firma no (sub)setor da indústria de transformação. Ao utilizarmos valores médios (sub)setoriais, introduzimos, no procedimento de estimação, o conceito de agente representativo, adotado no modelo IEGC em questão.

A equação (3.2) foi estimada, para cada estado, utilizando dados anuais para o período 1996 a 2001. As informações sobre valor adicionado (VTI), valor bruto da produção e número de firmas por diferentes (sub)setores da indústria de transformação nas 27 regiões foram obtidas da *Pesquisa Industrial Anual*, produzida pelo IBGE, para seis anos. O número e os tipos de (sub)setores da indústria de transformação incluídos na amostra de cada estado variam bastante, uma vez que co-existem diferentes níveis de complexidade industrial. O *software* STATA 7 foi utilizado para estimação dos modelos.

As regressões foram estimadas considerando-se dois modelos diferentes: efeitos fixos e efeitos aleatórios. O teste de Hausman para correlação entre o termo de erro e os

regressores foi implementado para identificar se o modelo de efeitos aleatórios era o mais apropriado. Finalmente, testamos a hipótese sobre os parâmetros β serem iguais à unidade (retornos constantes) através da regra dos dois desvios-padrão (“*two-sigma rule*”).

Os resultados das estimativas dos coeficientes β são apresentados na Tabela 3.2, com os números entre parênteses indicando valores para os desvios-padrão. São apresentados apenas os valores para os modelos selecionados. As células em negrito indicam que os coeficientes são estatisticamente diferentes de um (retornos não-constantes), a um nível de significância de 5%.

Os resultados revelam evidência de retornos crescentes para os seguintes estados: Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, todos localizados na porção Centro-Sul, região mais desenvolvida do País. Além destes estados, Rondônia (Norte), Piauí (Nordeste) e Mato Grosso (Centro-Oeste) também apresentam evidência de retornos crescentes. Os estados do Amapá, Maranhão e Sergipe, relativamente mais pobres e isolados, mostram evidência de retornos decrescentes de escala. Os demais estados não apresentam evidência de retornos não-constantes no setor da indústria de transformação.

Tabela 3.2. Estimativas dos Parâmetros de Retornos de Escala

	β		*Amostra*
Acre	0.983	(0.074)	30
Amapá	**1.110**	**(0.053)**	**36**
Amazonas	0.952	(0.054)	120
Pará	0.987	(0.025)	114
Rondônia	**0.780**	**(0.071)**	**66**
Roraima	0.890	(0.142)	36
Tocantins	0.919	(0.055)	72
Alagoas	1.029	(0.042)	108
Bahia	0.979	(0.024)	132
Ceará	0.993	(0.037)	114
Maranhão	**1.135**	**(0.058)**	**96**
Paraíba	1.007	(0.031)	108
Pernambuco	0.060	(0.799)	120
Piauí	**0.890**	**(0.043)**	**84**
Rio Grande do Norte	1.049	(0.041)	90
Sergipe	**1.091**	**(0.030)**	**96**
Espírito Santo	0.974	(0.031)	108
Minas Gerais	**0.892**	**(0.023)**	**534**
Rio de Janeiro	1.032	(0.022)	498
São Paulo	**0.951**	**(0.008)**	**588**
Paraná	**0.956**	**(0.014)**	**528**
Santa Catarina	**0.965**	**(0.015)**	**402**
Rio Grande do Sul	**0.961**	**(0.013)**	**522**
Distrito Federal	0.887	(0.060)	96
Goiás	0.942	(0.036)	114
Mato Grosso	**0.818**	**(0.065)**	**114**
Mato Grosso do Sul	0.930	(0.039)	108
Brasil	**0.907**	**(0.012)**	**618**

3.2.2. Modelagem de custos de transporte

O conjunto de equações especificando preços de venda no modelo B-MARIA impõe lucros puros zero na *distribuição* dos bens para diferentes usuários. Preços pagos pelo bem *i* da região *s* na região *q*, por tipo de usuário, igualam-se à soma de seu valor básico e os custos adicionais com impostos e bens-margem.

O papel dos bens-margem é facilitar os fluxos de bens dos pontos de produção (bens domésticos) ou pontos de entrada (bens importados) até os pontos de consumo ou pontos de saída (exportações). Bens-margem, ou simplesmente margens, incluem serviços de transporte e de comercialização, que abarcam, de maneira mais ampla, os custos de transferência.[16] Considera-se que margens sobre bens utilizados pelos setores produtivos, investidores e famílias sejam produzidas na região consumidora; margens sobre exportações, produzidas na região produtora. As equações de demanda por margens especificam demandas proporcionais aos fluxos dos bens com que as margens estão associadas. Além disso, um componente de mudança técnica também é incluído na especificação para permitir a simulação de mudanças nos custos de transporte. A forma funcional genérica utilizada para as equações de demanda por margens é apresentada abaixo:

$$XMARG(i,s,q,r) = AMARG_I(s,q,r) * [\eta(i,s,q,r) * X(i,s,q,r)^{\theta(i,s,q,r)}] \qquad (3.3)$$

[16] A partir deste ponto, serviços de transporte e margens de transporte serão utilizados de maneira similar.

onde *XMARG(i,s,q,r)* representa a margem *r* sobre o fluxo do bem *i* produzido na região *s* e consumido na região *q*, *AMARG_I(s,q,r)* é a variável tecnológica relacionada a fluxos específicos de origem e destino, $\eta(i,s,q,r)$ é a coeficiente de margem sobre fluxos básicos específicos, *X(i,s,q,r)* é o fluxo básico do bem *i* produzido na região *s* e consumido na região *q*, e $\theta(i,s,q,r)$ é um parâmetro refletindo economias de escala de transporte. Na calibragem do modelo, $\theta(i,s,q,r)$ é igual a um, para todos os fluxos.

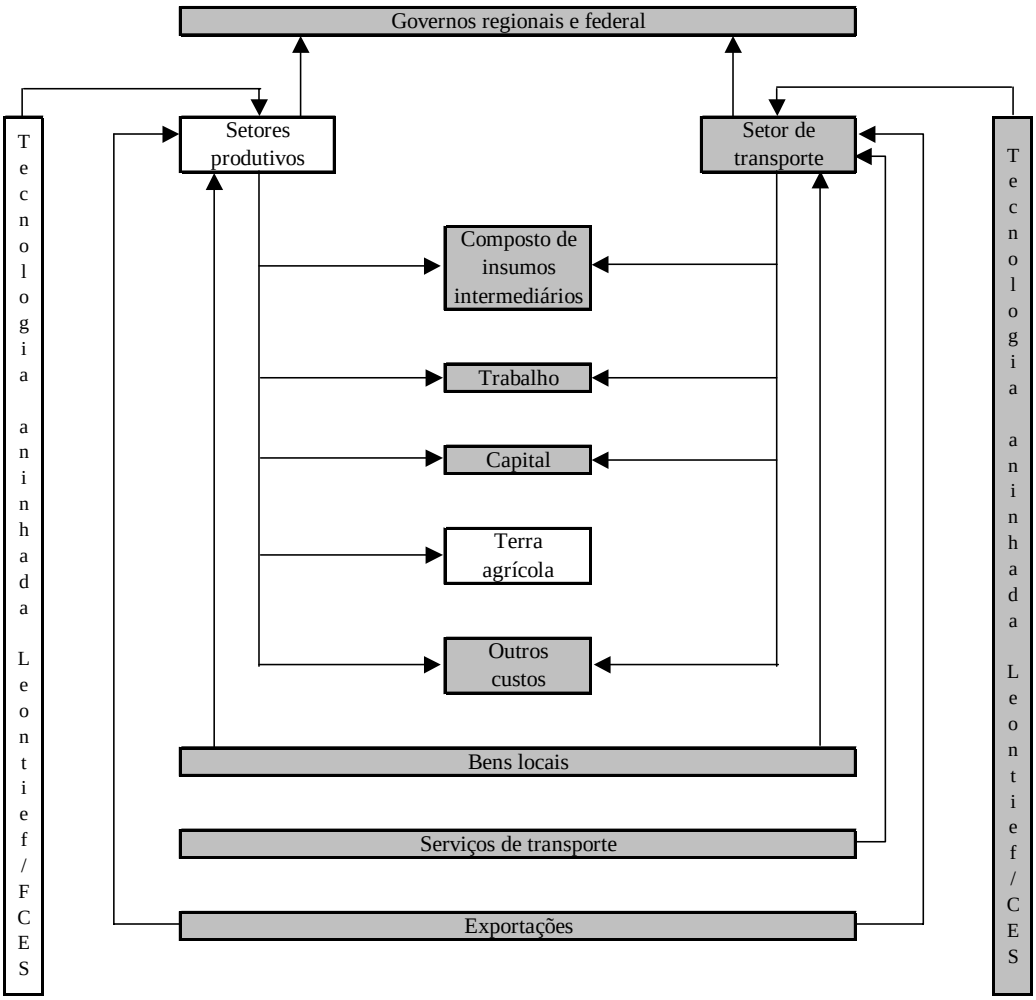
No modelo B-MARIA-27, serviços de transporte são produzidos por um setor de transportes, otimizador, que demanda recursos escassos da economia para sua produção.[17] Uma FPP deve ser especificada para o setor de transportes, cuja produção é destinada diretamente para consumidores finais ou para facilitar a comercialização de outros bens, ou seja, serviços de transporte são necessários para enviar bens do local de produção para o local de consumo. A modelagem explícita de tais serviços de transporte e dos custos de deslocamento da produção baseado em pares de origem e destino representa um grande avanço teórico em modelos IEGC (Isard *et al.*, 1998), não obstante tornar sua estrutura menos tratável do ponto de vista operacional. Como será mostrado, o modelo é calibrado considerando o custo de transporte específico de cada fluxo de bens, proporcionando diferenciação espacial de preço. Neste sentido, o espaço tem um papel fundamental.

A Figura 3.1 destaca a tecnologia de produção de um setor de transporte regional típico no modelo B-MARIA-27, inserida na tecnologia de produção mais ampla. Setores de transporte regionais exibem retornos constantes de escala (estrutura aninhada de produção –

[17] A discussão subseqüente dará enfoque a margens de transporte.

Leontief/CES), utilizando, como insumos, compostos de bens intermediários – um conjunto contendo insumos similares de diferentes procedências.[18] Capital e trabalho ofertados localmente são os fatores primários utilizados no processo produtivo. Finalmente, o setor regional paga impostos líquidos aos governos regionais e federal. A produção setorial é destinada aos mercados doméstico e internacional.

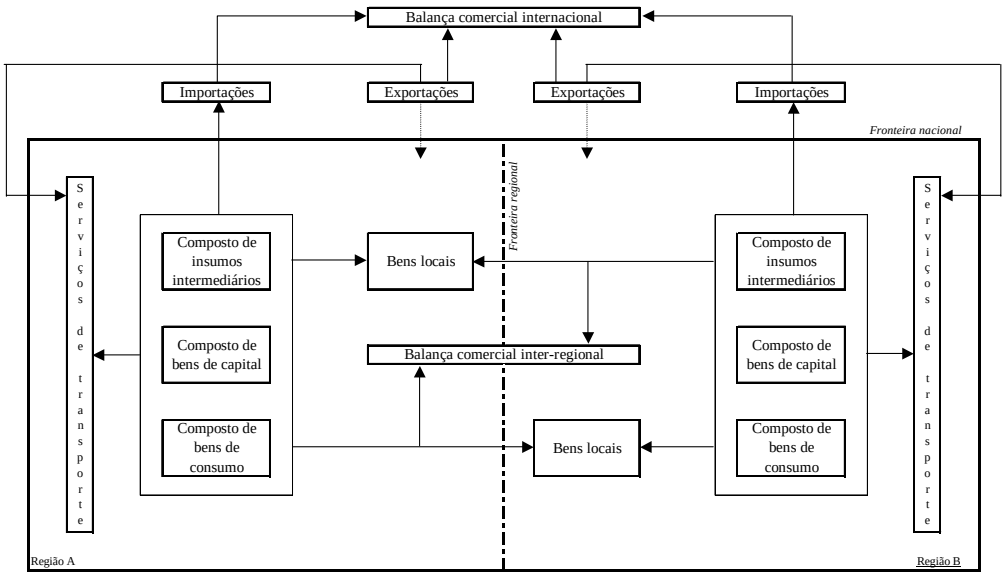
Figura 3.1. Fluxograma com a Tecnologia de Produção Regional no Modelo B-MARIA-27 (Destacando o Setor de Transporte)



[18] A hipótese de Armington é utilizada.

Como já mencionado, a oferta do setor de transporte atende demandas por bens-margem e não-margem. Naquele caso, a Figura 3.2 ilustra o papel de serviços de transporte no processo de facilitação de fluxos de bens. Em uma dada região consumidora, serviços de transporte produzidos localmente proporcionam o principal mecanismo de atração física de produtos (insumos intermediários, e bens de capital e de consumo) de diferentes origens (local, outras regiões, outros países) para dentro das fronteiras regionais. Além disso, exportadores utilizam serviços de transporte locais para enviar os bens a serem exportados do local de produção para o respectivo porto de saída.

Figura 3.2. O Papel dos Serviços de Transporte no Modelo B-MARIA-27: Fluxograma Ilustrativo em um Sistema Integrado com Duas Regiões



A modelagem explícita dos custos de transporte, que considera a estrutura espacial da economia brasileira, cria a possibilidade de integração do modelo IEGC a um modelo de rede de transporte georreferenciado, acentuando o potencial deste arcabouço analítico para a compreensão do papel da infra-estrutura no desenvolvimento regional. Duas opções para

integração são disponíveis – $am\arg_i(s,q,r)$ e $\theta(i,s,q,r)$ –, utilizando a versão linearizada do modelo, em que a equação (3.3) se torna:[19]

$$xm\arg(i,s,q,r) = am\arg_i(s,q,r) + \theta(i,s,q,r) * x(i,s,q,r) \tag{3.4}$$

Considerando um modelo de rede de transporte georreferenciado, pode-se simular alterações no sistema que afetam a acessibilidade relativa das regiões (e.g. melhorias nas rodovias, investimentos em novos trechos viários). Uma matriz de tempos mínimos entre pontos pré-estabelecidos pode ser estimada, *ex ante* e *ex post*, e mapeada para o modelo IEGC através de uma relação de custo de transporte. Este mapeamento inclui dois estágios: um primeiro associado à fase de calibragem do modelo, e um segundo à fase de simulação. Ambos são discutidos a seguir.

3.2.2.1. Integração na fase de calibragem

No modelo B-MARIA-27, pressupõe-se que o *locus* de produção e consumo em cada estado esteja localizado na capital estadual. Assim, as distâncias relevantes associadas aos fluxos de bens dos pontos de produção até os pontos de consumo limitam-se a uma matriz de distâncias entre 27 capitais. Além disso, para se considerar custos de transferência intra-estaduais, considera-se que o comércio dentro de cada estado seja circunscrito a uma rota abstrata entre a capital estadual e um ponto localizado a uma distância equivalente à metade do raio implícito relacionado à área do estado.[20]

[19] Equação (A1.12) no anexo.
[20] Dada a área do estado, pressupõe-se que o estado seja um círculo e calcula-se o raio implícito.

O modelo de transporte calcula as distâncias mínimas entre as capitais, considerando a malha **rodoviária** existente em 1997. Como Castro *et al*. (1999) observam, o transporte rodoviário é responsável pela maior participação no comércio interestadual no Brasil, contabilizando mais de 70% do valor total da carga transportada. Apenas na região Norte o transporte fluvial é significativo, mas com custos logísticos totais equivalentes, tendo em vista a qualidade de serviço muito inferior.

O processo de calibragem do modelo requer informações sobre as margens de transporte relacionadas a cada fluxo. Informações agregadas para tais margens estão disponíveis para os fluxos de transações intersetoriais, criação de capital, consumo das famílias e exportações, em nível nacional. O problema, então, passa a ser desagregar estas informações considerando uma desagregação espacial prévia dos fluxos de bens na geração da matriz interestadual de insumo-produto. Assim, dada a informação disponível – fluxos interestaduais e intraestaduais, modelo de transporte, matriz de distâncias mínimas e agregados nacionais para margens específicas –, a estratégia adotada considerou as seguintes etapas:

1. Em uma tentativa de captar efeitos de escala de transporte – economias de curso –, uma função de tarifa de transporte rodoviário de carga pré-especificada foi utilizada para o cálculo dos custos logísticos rodoviários implícitos no sistema interestadual brasileiro.[21] A função considerada foi

[21] A forma geral de funções de custo de transporte (...) é linear ou côncava em relação à distância. Isto reflete observações empíricas usuais da relação entre custos de transporte e distância de curso (McCann, 2001).

estimada por Castro *et al*. (1999), com base nos preços de frete cobrados por caminhoneiros independentes em 1994: $tariff = 0.25 * dist^{0.73}$, onde *tariff* é a tarifa de transporte rodoviário de carga, e *dist* refere-se à distância entre dois pontos. Esta função foi, então, aplicada à matriz de distâncias mínimas entre as capitais, gerando uma matriz de custos logísticos para cada trecho. Efeitos de curso são percebidos claramente na Figura 3.3, que apresenta os custos de transporte rodoviário para diferentes distâncias dentro do intervalo relevante para o comércio interestadual no Brasil.

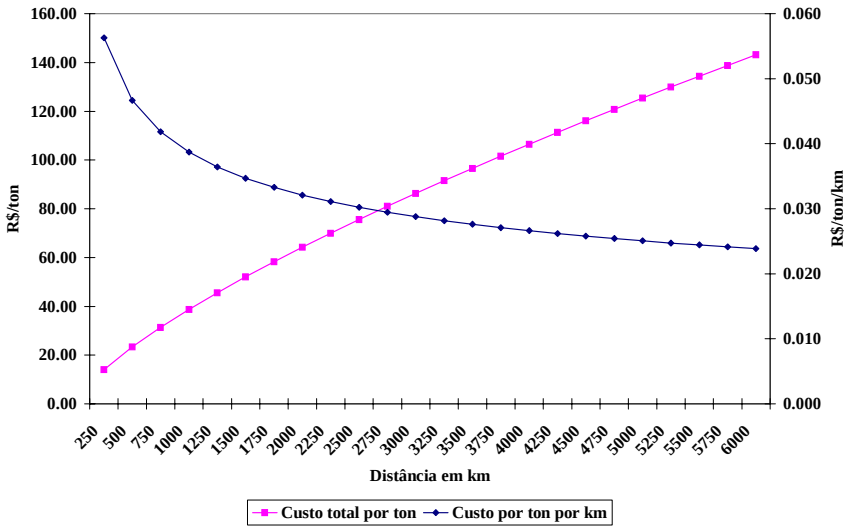
2. A partir desta estrutura de transporte, podemos captar não apenas os efeitos de escala mencionados, mas também os custos relativos entre diferentes pares de origem e destino, a serem utilizados. O próximo passo foi gerar um índice de custo relativo de transporte, normalizando as linhas da matriz de custos logísticos em relação aos respectivos custos intraestaduais. A matriz gerada proporciona informações sobre diferenciais de custos de transporte entre a capital de um estado e outra capital estadual, quando comparados aos custos de transporte dentro do estado.

3. As estimativas dos vários fluxos de bens, em valores básicos, incorporadas na matriz interestadual de insumo-produto, foram multiplicadas pelos índices relevantes obtidos da matriz normalizada. Este procedimento proporcionou as informações necessárias para gerar uma matriz de

distribuição dos totais nacionais, que considera diferentes pesos por destinos para fluxos originados em um determinado estado.

4. A seguir, a matriz de distribuição foi aplicada aos totais nacionais, considerando as informações nacionais desagregadas sobre margens por usuários, maximizando, assim, a utilização da informação disponível. Balanceamento adicional do banco de dados foi efetuado para a calibragem do modelo.[22]

Figura 3.3. Função de Custos Logísticos Rodoviários de Carga (Castro *et al.*, 1999)

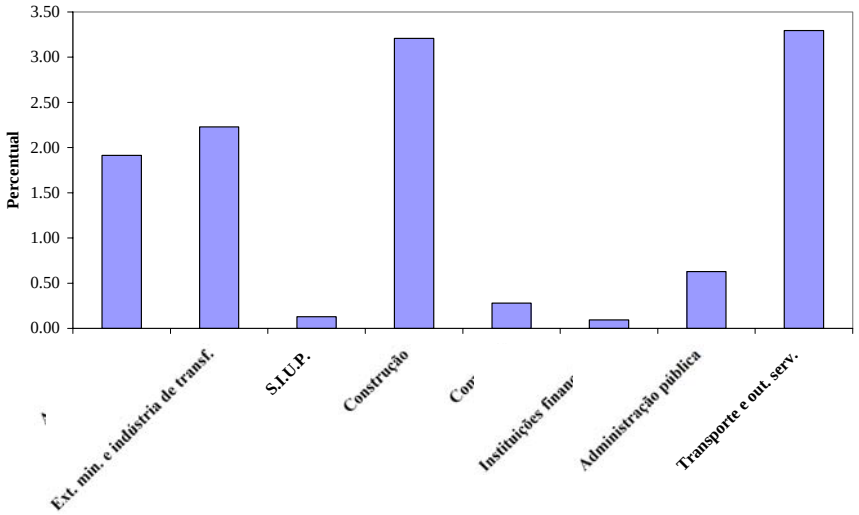


Em resumo, a estratégia de calibragem adotada leva em consideração explicitamente, para cada par de origem e destino, elementos-chave do sistema econômico interestadual

[22] Antes da operacionalização das simulações deste trabalho, uma simulação inicial foi feita para calibrar a matriz de distâncias mínimas de acordo com as diferenças qualitativas dos trechos rodoviários. Este procedimento foi feito comparando uma matriz de tempo gerada com parâmetros uniformes de velocidade máxima por trecho à matriz de tempo com os parâmetros calibrados de velocidade máxima no modelo de transporte.

integrado brasileiro, a saber: a) o tipo de comércio envolvido (margens variam de acordo com o produto, com implicações distintas para o custo de produção setorial – Figura 3.4); b) a rede de transporte existente (distância é relevante); e c) efeitos de escala no transporte, na forma de economias de curso. Além disso, a possibilidade de incorporar explicitamente retornos crescentes para transporte também foi introduzida na fase de simulação, como discutiremos a seguir. As tarifas de transporte médias, implícitas no banco de dados do modelo, são apresentadas na Tabela 3.3. Estas tarifas são calculadas como um *mark-up*, considerando as relações entre margens de transporte e os respectivos fluxos básicos.

Figura 3.4. Participação dos Bens-Margem no Custo Total Setorial



Fonte: Banco de dados do modelo B-MARIA-27

Table 3.3. Tarifas de Transporte Implícitas (em % sobre fluxos básicos)

Origem \ Destino	AC	AP	AM	PA	RO	RR	TO	AL	BA	CE	MA	PB	PE	PI	RN	SE	ES	MG	RJ	SP	PR	SC	RS	DF	GO	MT	MS	Exportação
AC	0.14	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00	2.47	2.47	2.22	0.00	2.19	2.71	0.00	0.00	0.58	2.21	4.35	2.78	2.55	0.01	0.01	3.49	0.00	1.16	1.10	1.56	2.89
AP	0.00	0.14	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	2.27	2.46	1.92	0.00	1.86	2.40	0.00	0.00	0.48	2.50	3.53	3.16	3.45	0.02	0.01	5.23	0.00	1.38	2.55	3.11	2.61
AM	0.00	0.00	0.26	0.88	0.00	0.00	0.00	1.33	0.51	0.49	0.00	1.16	1.41	0.00	0.00	0.36	1.52	1.78	3.66	1.33	0.01	0.01	1.43	0.00	0.68	0.60	0.80	2.10
PA	2.02	0.34	0.36	0.23	1.94	2.44	1.24	1.00	0.97	0.77	0.53	0.81	1.12	0.70	0.64	0.20	1.19	0.64	0.42	1.82	0.01	0.00	1.68	0.39	0.48	1.01	1.26	2.95
RO	0.00	0.00	0.00	1.77	0.16	0.00	0.00	2.39	2.18	2.19	0.00	2.20	2.75	0.00	0.00	0.66	2.36	2.58	1.56	2.38	0.02	0.01	2.93	0.00	1.21	0.84	1.34	2.89
RR	0.00	0.00	0.00	1.73	0.00	0.04	0.00	2.95	3.43	2.82	0.00	2.31	3.24	0.00	0.00	0.55	2.53	1.90	1.69	2.95	0.01	0.01	2.95	0.00	1.08	1.65	2.16	2.86
TO	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	0.11	1.32	1.04	1.16	0.00	1.14	1.61	0.00	0.00	0.24	1.24	0.69	0.47	1.36	0.01	0.01	1.66	0.00	0.35	1.00	1.19	2.91
AL	7.87	4.29	2.10	2.51	6.25	9.82	5.18	0.20	1.42	1.80	2.95	0.86	0.89	2.65	1.01	0.22	3.21	3.72	2.34	4.95	0.04	0.02	6.64	1.44	2.23	3.64	4.25	2.95
BA	2.08	1.18	0.62	0.70	1.57	2.73	1.23	0.40	0.20	0.61	0.78	0.46	0.54	0.69	0.48	0.07	0.65	1.11	0.85	1.23	0.01	0.01	1.82	0.36	0.58	0.92	1.10	2.75
CE	5.48	2.30	1.45	1.33	4.22	6.27	3.54	1.31	1.50	0.21	1.37	0.82	1.18	1.04	0.62	0.38	2.34	4.42	2.75	3.95	0.03	0.02	5.98	0.95	1.82	2.45	2.99	2.67
MA	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	1.32	1.19	0.86	0.19	1.13	1.46	0.00	0.00	0.34	2.10	1.55	0.90	3.20	0.02	0.01	3.24	0.00	1.02	1.52	1.86	2.89
PB	5.92	3.09	1.70	1.92	4.68	7.47	4.36	0.76	1.43	0.92	2.12	0.24	0.35	1.86	0.33	0.31	2.80	2.43	1.53	3.87	0.04	0.02	4.32	1.36	1.81	2.96	3.40	2.93
PE	5.59	3.03	1.32	1.59	4.72	6.96	4.09	0.57	1.20	1.05	1.98	0.24	0.22	1.75	0.41	0.20	2.17	2.48	1.69	3.53	0.02	0.01	4.90	1.02	1.53	2.65	3.15	2.70
PI	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	1.19	1.10	0.65	0.00	1.03	1.25	0.21	0.00	0.31	1.86	2.00	1.24	2.96	0.02	0.01	3.68	0.00	1.15	1.80	2.17	2.49
RN	0.00	0.00	0.00	1.89	0.00	0.00	0.00	0.98	1.55	0.80	0.00	0.37	0.66	0.00	0.21	0.34	2.64	5.80	3.77	4.23	0.04	0.02	6.39	0.00	2.31	3.02	3.62	2.96
SE	8.06	4.46	2.07	2.48	6.50	10.20	5.21	0.91	1.03	2.00	3.07	1.24	1.47	2.72	1.37	0.24	3.33	3.86	2.35	5.06	0.04	0.02	6.92	1.30	2.13	3.56	4.05	2.93
ES	6.43	4.92	1.59	2.48	5.16	8.16	5.74	2.86	2.27	2.68	3.87	2.33	3.44	3.88	2.60	0.49	0.18	3.98	2.17	3.27	0.02	0.01	5.79	0.81	1.53	2.30	2.36	2.96
MG	2.19	1.83	0.54	0.99	1.74	2.80	1.77	1.14	0.92	1.19	1.54	1.01	1.37	1.55	0.98	0.23	0.53	0.14	0.32	0.73	0.01	0.00	1.59	0.23	0.41	0.78	0.84	2.77
RJ	7.33	5.74	2.18	3.31	5.08	10.09	5.88	3.53	2.90	3.78	4.44	3.22	4.13	4.57	3.31	0.73	1.11	3.83	0.19	1.29	0.01	0.01	5.73	1.18	1.67	2.86	2.64	1.68
SP	2.57	2.04	1.08	1.27	1.68	3.75	1.97	1.44	1.22	1.60	1.58	1.37	1.46	1.64	1.35	0.34	0.51	1.07	1.21	0.14	0.00	0.00	1.34	0.50	0.57	0.97	0.88	2.39
PR	2.90	2.51	0.72	1.39	2.27	3.62	2.54	1.94	1.71	1.99	2.22	1.68	2.29	2.52	1.63	0.41	1.22	1.34	1.06	0.70	0.18	0.00	0.76	0.43	0.70	1.01	0.81	2.80
SC	3.89	3.25	1.02	2.05	3.04	4.27	3.43	2.62	2.25	2.49	3.10	2.39	3.11	3.44	2.34	0.72	2.33	3.21	1.51	1.54	0.01	0.17	0.84	0.57	1.21	1.35	1.15	2.83
RS	1.71	1.55	0.51	1.11	1.32	2.01	1.73	1.29	1.11	1.21	1.36	1.22	1.49	1.41	1.07	0.45	0.97	0.73	0.46	0.70	0.01	0.00	0.03	0.39	0.59	0.72	0.65	2.78
DF	0.00	0.00	0.00	1.11	0.00	0.00	0.00	0.99	0.65	2.05	0.00	1.11	1.20	0.00	0.00	0.15	0.23	2.67	0.95	0.42	0.00	0.00	10.76	0.13	0.17	1.04	4.27	1.47
GO	1.97	1.72	0.45	0.76	1.55	3.81	1.19	1.36	1.31	1.57	1.28	1.13	1.58	1.57	1.01	0.20	0.79	0.61	0.42	1.16	0.00	0.00	1.70	0.15	0.13	0.73	0.84	2.88
MT	1.25	2.05	0.25	0.96	1.17	1.81	2.03	1.73	1.47	1.62	1.69	1.30	2.12	1.79	1.06	0.33	1.35	0.52	0.45	1.31	0.01	0.01	1.14	0.26	0.33	0.12	0.50	2.98
MS	1.54	1.71	0.39	1.06	1.22	2.08	1.68	1.52	1.33	1.35	1.51	1.39	1.76	1.64	1.20	0.40	1.36	0.61	0.37	0.99	0.01	0.00	0.89	0.32	0.39	0.41	0.13	2.97
Importação	0.85	1.18	1.31	1.45	1.17	1.26	0.46	1.33	1.27	1.35	1.30	1.23	1.16	1.01	1.27	1.35	1.34	1.30	1.24	1.30	1.21	1.37	1.33	0.45	1.23	1.10	1.08	-
Média ponderada	1.39	0.87	0.71	2.34	1.52	3.42	3.78	3.25	2.72	2.71	2.51	3.06	2.73	3.33	2.75	1.52	2.43	3.55	2.27	2.31	0.88	1.01	0.69	3.01	1.40	2.57	1.79	2.62

Fonte: Banco de dados do modelo B-MARIA-27

3.2.2.2. Integração na fase de simulação

Ao efetuarmos simulações com o modelo B-MARIA-27, podemos estar interessados na consideração de mudanças na rede física de transporte. Por exemplo, pode-se querer avaliar os impactos econômicos macro-espaciais de um investimento em uma nova rodovia, de gastos na melhoria da malha rodoviária, ou mesmo da adoção de um sistema de pedágio em um determinado trecho, sendo que todas estas alterações acarretam impactos diretos sobre os custos de transporte, seja reduzindo tempo de viagem, seja aumentando diretamente os custos monetários. O desafio que se coloca, no contexto deste trabalho, é encontrar alternativas metodológicas para traduzir os efeitos de tais políticas em mudanças na matriz de distâncias mínimas entre as capitais, espelhando potenciais reduções/aumentos na distância entre dois ou mais pontos no espaço. Tal matriz servirá como base de integração do modelo de transporte e do modelo IEGC, nesta fase de simulação.

Uma forma de integrar seqüencialmente os dois modelos requer a utilização da variável *amarg_i(s,q,r)* ou do parâmetro $\theta(i,s,q,r)$, na equação (3.4), como elemento de ligação. Alterações na matriz de distâncias mínimas entre as captais são calculadas a partir de informações sobre tempos mínimos, geradas pelo modelo de transporte, de modo tal que uma interface com o modelo IEGC seja criada.[23] Como na especificação das equações de demanda por margens de transporte a variável distância é representada implicitamente no parâmetro $\eta(i,s,q,r)$, devemos encontrar maneiras como incorporar adequadamente as informações geradas pelo modelo de transporte. Como veremos, alterações nas tarifas de

[23] Este procedimento pressupõe um procedimento adicional para traduzir distância temporal (tempo de viagem) em distância Euclidiana.

transporte específicas, presentes no modelo B-MARIA-27, podem ser facilmente associadas a mudanças na matriz de distâncias.

Consideremos, como exemplo, uma economia composta por duas regiões, A e B. Vamos pressupor que a distância mínima entre elas, através da rede de transporte existente, seja 100 km, por uma rodovia com limite de velocidade de 50 km/h. Assim, uma viagem entre A e B levaria duas horas. Consideremos também que a tarifa de transporte para o único fluxo de bens existente seja 10%. Se o governo implementa um projeto de melhoria do trecho rodoviário entre A e B, de tal modo que, em sua fase de operação, a velocidade máxima permitida suba para 80 km/h, uma alteração na tarifa de transporte devida à "redução da distância" – em nosso exemplo, tempo de viagem reduz para uma hora e quinze minutos (redução de tempo de 37,5%) – pode ser estimada, utilizando-se uma função de especificação de tarifas consistente com o modelo IEGC. Um projeto de construção de uma nova rodovia também poderia ser considerado e um traçado mais eficiente da rodovia poderia reduzir a distância entre A e B para, digamos, 75 km. Neste caso, se o limite de velocidade da nova rodovia também fosse 50 km/h, poderíamos considerar uma redução da distância equivalente a 25%. Outros exemplos também se aplicariam.

No modelo B-MARIA-27, informações sobre tarifas de transferência (transporte e comercialização) estão disponíveis, da mesma forma que informações sobre as distâncias relevantes, possibilitando a utilização de uma função de custo de transporte consistente com o modelo. Tal função deve ser a mesma utilizada no processo de calibragem:

$tariff = 0.25 * dist^{0.73}$. Assim, alterações nos custos de transporte podem ser estimadas e incorporadas ao modelo IEGC, como segue. Re-arranjando a equação (3.3), temos:

$$\frac{XMARG(i,s,q,r)}{X(i,s,q,r)^{\theta(i,s,q,r)}} = AMARG_I(s,q,r) * \eta(i,s,q,r) \tag{3.5}$$

com $\theta(i,s,q,r) = 1$ implicando que o lado esquerdo da equação (3.5) torna-se a tarifa de transporte específica. Uma variação percentual na tarifa de transporte pode, então, ser mapeada na variável tecnológica, *AMARG_I(s,q,r)*. Assim, em forma de variação percentual, *amarg_i(s,q,r)* torna-se a variável relevante de integração entre o modelo de transporte e o modelo IEGC, já que:

$$xm\arg(i,s,q,r) - x(i,s,q,r) = am\arg_i(s,q,r) \tag{3.6}$$

O parâmetro $\theta(i,s,q,r)$ também poderia ser utilizado na fase de simulação, especialmente em exercícios de análise de sensibilidade. Suponhamos, por exemplo, que efeitos de escala para transporte sejam evidentes para um determinado bem, em um trecho específico (e.g. transporte de minério de ferro de MG para o ES). Alterações nos pressupostos sobre os valores de $\theta(i,s,q,r)$ permitem endereçar este tipo de problema de maneira mais adequada do que a utilização de hipóteses alternativas sobre a variável de ligação, *AMARG_I(s,q,r)*. A este respeito, Cukrowski e Fischer (2000), e Mansori (2003) mostram que há implicações espaciais relevantes associadas a retornos crescentes para transporte, o que merece ser considerado de maneira cuidadosa.

3.2.2.3. Nota sobre o modelo de transporte

O modelo de transporte é uma ferramenta empregada no cálculo das mais diversas variáveis pertinentes a um estudo espacial das ligações territoriais em uma dada região. Neste sentido, sua utilização nos permite obter diversas informações sobre um sistema de transporte qualquer, como distâncias mínimas entre dois pontos no espaço, tempo de viagem entre dois pontos do espaço –, desde que considerada uma velocidade de percurso para o trecho – dentre outras informações que possam influenciar de alguma maneira o comportamento dos usuários de um determinado sistema, ou até mesmo os custos de oferta de um dado bem. De um modo geral, este tipo de modelo nos oferece cenários acerca de um banco de dados de transporte quando alguns de seus parâmetros são alterados.

No caso deste estudo, emprega-se um modelo de rede de transporte para o sistema rodoviário brasileiro[24] gerando-se um conjunto de cenários utilizados para alimentar um modelo IEGC, com o objetivo de ilustrar os impactos das alterações na estrutura rodoviária brasileira sobre o comportamento de variáveis econômicas diversas. Neste sentido, com vistas à implementação do modelo, utiliza-se o apoio computacional do *software* TransCAD.[25] Nesta ferramenta GIS, podemos criar os cenários conforme nosso interesse e nossas perguntas.

[24] Alguns trechos apresentam ligações hidroviárias, entretanto sua extensão no total é desprezível.
[25] Desenvolvido pela CALIPER Corporation. O software é representado no Brasil pela empresa LOGIT, que gentilmente forneceu a rede cadastral para este estudo.

A princípio, necessitamos de um banco de dados (rede cadastral) acerca do sistema rodoviário nacional. Este banco deve identificar cada trecho de cada rodovia por um código, reconhecendo seus atributos, como velocidade máxima no trecho, características da pista – duplicada, pavimentada, dentre outras caracterizações –, os municípios do País por onde o trecho se estende, etc. Inserir este conjunto de informações nos domínios do *software* requer expertise técnica mais elaborada, cuja discussão não é do escopo deste trabalho. Por outro lado, uma vez transcrito em uma linguagem acessível ao TransCAD, é possível perguntarmos qual o caminho mais curto, e aqui curto pode assumir a dimensão espacial ou temporal, entre dois pontos distintos do espaço, fazendo depender este tempo, por exemplo, da velocidade máxima permitida em uma pista e da distância entre os pontos considerados.

Este tipo de exercício será a base das simulações realizadas em nosso estudo. No procedimento a ser adotado, calcularemos o tempo mínimo de viagem entre as capitais brasileiras, sob diversos cenários alternativos, em que as velocidades máximas de rodovias do sistema serão alteradas para simular intervenções na infra-estrutura espacial.[26]

3.2.3. Sistema de demanda das famílias e indicadores de bem-estar

O modelo B-MARIA-27 adota a mesma especificação de demanda das famílias do modelo MONASH-MRF (Peter *et al*., 1996). Consumo é especificado através de ralações de preços e gastos, que satisfazem condições de maximização de utilidade. Cada família

[26] Considera-se a rede cadastral com as velocidades nominais (não calibradas) dos trechos.

representativa regional maximiza uma função utilidade Stone-Geary sujeito a uma restrição orçamentária.

A função utilidade per capita Stone-Geary ou Klein-Rubin, que possui a forma de uma Cobb-Douglas, é dada por:[27]

$$U^r = \sum_i \frac{1}{Q^r} (X_{(i\bullet)}^{(3)r} - \gamma_{(i)}^r)^{\beta_{(i)}^r} \qquad i = i,..., g; r = 1,..., R \tag{3.7}$$

$$\sum_{\mathrm{i}} \beta_i^r = 1$$

onde $X_{(i\bullet)}^{(3)r}$ é o consumo agregado do bem *i* na região *r*, e $\gamma_{(i)}^r$ (quantidade de subsistência) e $\beta_{(i)}^r$ (participação orçamentária marginal sobre gastos totais em bens de luxo) são vetores de parâmetros. Como observado por Peter *et al*. (1996), uma característica da função utilidade Stone-Geary é que apenas o componente de gastos acima do nível de subsistência, ou gastos em bens de luxo, afeta a utilidade per capita.

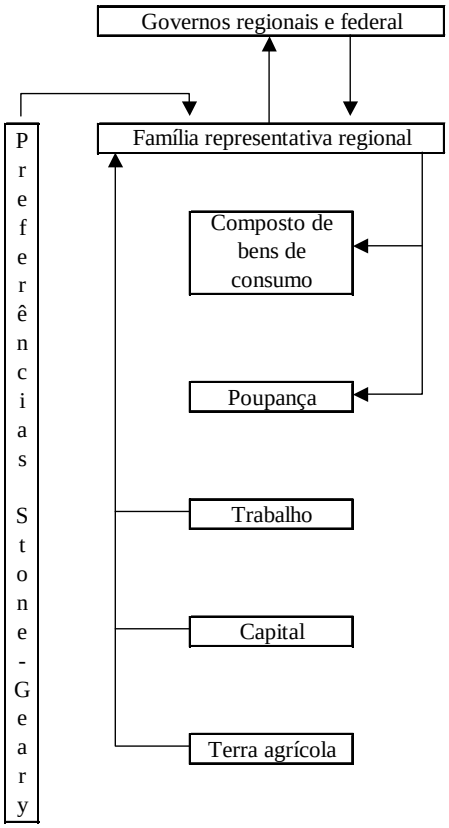
O sistema de demanda regional resultante implica que a quantia gasta em cada bem acima do nível de subsistência, $((X_{(i\bullet)}^{(3)r} - \gamma_{(i)}^r)P_{(k\bullet)}^{(3)r})$, é dada por uma participação constante no total gasto em bens de luxo:

$$(X_{(i\bullet)}^{(3)r} - \gamma_{(i)}^r)P_{(k\bullet)}^{(3)r} = \beta_{(i)}^r \sum_k (X_{(k\bullet)}^{(3)r} - \gamma_{(k)}^r)P_{(k\bullet)}^{(3)r} \tag{3.8}$$

[27] Nesta seção, a notação é a mesma do anexo.

Vale salientar que, no modelo B-MARIA-27, as preferências das famílias são descritas por uma função utilidade aninhada em três níveis. Juntamente com a equação (3.8), funções de demanda por bens de origens distintas, especificadas dentro da estrutura aninhada (Dixon e Rimmer, 2002), determinam a composição dos bens demandados pelas famílias. O consumo total das famílias, por sua vez, é determinado pela renda disponível das famílias residentes, cuja definição inclui os vários componentes de receitas e despesas das famílias representativas da região (Figura 3.5).

Figura 3.5. Fluxograma com os Fluxos Relevantes para a Família Representativa Regional no Modelo B-MARIA-27



3.2.3.1. Medidas de bem-estar

A especificação do sistema de demanda das famílias no modelo B-MARIA-27 possibilita o cálculo de medidas de bem-estar. Mais especificamente, podemos calcular a variação equivalente (EV) associada a uma mudança de política. A variação equivalente pode ser definida como o valor monetário que seria necessário transferir para uma família representativa, se uma mudança de política não ocorresse, para manter o mesmo nível de utilidade observado caso a mudança tivesse ocorrido (Layard e Walters, 1978). A medida Hicksiana de EV consideraria o cálculo da mudança hipotética na renda ao nível de preços do novo equilíbrio (Bröcker e Schneider, 2002); alternativamente, podemos mensurar a EV como a *mudança monetária* no nível de renda inicial que uma família representativa necessitaria para atingir o novo nível de utilidade considerando os preços vigentes no equilíbrio inicial. Mais precisamente, para funções de utilidade homogêneas lineares, EV pode ser escrito, para uma dada região, como (Almeida, 2003):

$$EV^r = \left(\frac{U^r(1) - U^r}{U^r} \right) I^r \tag{3.9}$$

onde $U^r(1)$ é o nível de utilidade contra-factual, ou seja, depois da mudança de política, U^r é nível de utilidade referencial ou de *benchmark*, ou seja, antes da mudança de política, e I^r é a renda disponível referencial (*benchmark*) aos preços referenciais; o sobrescrito *r* refere-se a regiões específicas. Percebe-se que EV possui o mesmo sinal da direção da mudança de bem-estar: para um ganho (perda) de bem-estar, seu sinal é positivo (negativo).

Além das medidas regionais, podemos calcular uma medida agregada (nacional) simplesmente somando os vários EV^r, para todo r.

Outra medida de bem-estar bastante informativa refere-se à variação equivalente relativa (REV), que é definida como a variação percentual da renda referencial que a família representativa necessitaria para atingir o nível de utilidade contra-factual considerando os preços referenciais (Bröcker, 1998). Ou seja:

$$REV^r = \frac{EV^r}{I^r} \tag{3.10}$$

3.2.3.2. Calibragem

A calibragem do sistema de demanda das famílias no modelo B-MARIA-27 exige informações sobre os valores iniciais de cada fluxo de receita e despesa das famílias, em cada região. Estas informações são derivadas da MCS. Outro conjunto de dados é necessário para calibrar as participações orçamentárias marginais, $\beta^r_{(i)}$. Neste procedimento, descrito em detalhes em Dixon *et al*. (1982) e Guilhoto (1995), estimativas de elasticidades-renda fazem-se necessárias. Utilizamos, para esse fim, estimativas econométricas para o Brasil, para 1996, reportadas em Asano e Fiuza (2003). A Tabela 3.4 apresenta os valores apresentados em Asano e Fiuza (2003), bem como os valores brutos ajustados para a agregação setorial do modelo B-MARIA-27.

Tabela 3.4. Elasticidades-Renda no Modelo B-MARIA-27

Asano e Fiuza (2003)		*B-MARIA-27*	
Grupo de gasto	*Elasticidade*	*Grupo de gasto*	*Elasticidade*
Alimentação	0.712	Agropecuária	0.712
Habitação	0.818	Indústria de transformação*	1.251
Suprimentos	1.316	S.I.U.P.**	1.141
Vestuário	1.184	Construção	0.818
Transporte e comunicação	1.270	Comércio	1.164
Saúde	1.097	Instituições financeiras	1.164
Gastos pessoais e educação	1.164	Administração pública***	1.002
		Transporte e outros serviços	1.270

* Média de suprimentos e vestuário, ponderada pelas respectivas participações
** Média de saúde e gastos pessoais e educação, ponderada pelas respectivas participações
*** Média ponderada total

3.2.4. Demais alterações

Uma extensão potencializada no código do modelo é a inclusão de uma ligação entre o setor financeiro e o lado da oferta através de um mercado de crédito. Nas equações de demanda por capital e demanda por trabalho por setor, introduzimos um termo que inclui a variável taxa de juros e elasticidades específicas por setor e região, de modo que indústrias regionais respondam de maneira diferenciada a alterações no mercado de crédito. Além disso, a variável taxa de juros teria influência direta sobre as relações de receitas e despesas financeiras dos governos regionais e federal, no módulo de finanças públicas. Para operacionalização futura desta extensão, propomos ainda que o investimento agregado seja determinado exogenamente, dentro da especificação do setor financeiro e do mercado de crédito, mecanismo semelhante ao sugerido em Agénor *et al.* (2002), em aplicação para a economia brasileira.

No processo de calibragem, atenção especial foi dada à estimação econométrica de parâmetros-chave. Além da estimação dos parâmetros de economias de escala, discutida anteriormente, incluímos a estimação de elasticidades de comércio regional, ou elasticidades de Armington regionais. Similarmente a Bilgic *et al*. (2002), estimamos, por OLS, a seguinte equação:

$$\ln(Q) = c + \beta_1 \ln(PINV) + \beta_2 \ln(PIBO) + \beta_3 \ln(DEND) + \varepsilon \qquad (3.11)$$

onde Q é a razão entre o total comprado por um estado r de um estado s (incluindo $r = s$) e o total de compras do estado r; *PINV* é o preço relativo entre os estados s e r, medido pela relação entre valores básicos e custos de transferência entre pares de estado, do ponto de vista do estado comprador, para o qual o custo de transferência é considerado irrelevante; *PIBO* é o PIB do estado de origem dos fluxos comerciais; e *DEND* é a densidade demográfica do estado de destino das vendas, considerando a hipótese, sugerida por Bilgic *et al*. (2002), de que regiões esparsamente povoadas tendem a produzir domesticamente a maior parte dos bens que consomem. Os resultados das regressões são apresentados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5. Estimativas de Elasticidades de Comércio Regional para o Brasil: Variável Dependente – ln(Q)

Setor	*Variáveis*	*Coeficiente*	*Erro padrão*	*R2*	*Amostra*
Total	c	-17.230	0.511	0.489	639
	ln(PINV)	**-1.720**	0.280		
	ln(PIBO)	1.234	0.051		
	ln(DEND)	-0.081	0.047		
Agropecuária	c	-13.086	0.986	0.305	266
	ln(PINV)	**-1.570**	0.258		
	ln(PIBO)	0.911	0.098		
	ln(DEND)	-0.159	0.078		
Indústria	c	-17.318	0.583	0.521	596
	ln(PINV)	**-2.079**	0.463		
	ln(PIBO)	1.344	0.058		
	ln(DEND)	-0.329	0.052		
SIUP	c	-16.341	0.645	0.402	518
	ln(PINV)	**-1.159**	0.424		
	ln(PIBO)	1.147	0.063		
	ln(DEND)	0.003	0.062		
Construção	c	-12.512	1.010	0.196	359
	ln(PINV)	0.617	0.456		
	ln(PIBO)	0.786	0.100		
	ln(DEND)	-0.197	0.082		
Comércio	c	-15.424	0.768	0.374	432
	ln(PINV)	-0.483	0.434		
	ln(PIBO)	1.103	0.076		
	ln(DEND)	-0.200	0.073		
Financeiro	c	-16.608	0.511	0.544	613
	ln(PINV)	**-1.385**	0.257		
	ln(PIBO)	1.245	0.049		
	ln(DEND)	-0.260	0.047		
Adm Pública	c	-13.194	1.423	0.193	278
	ln(PINV)	0.664	0.483		
	ln(PIBO)	0.745	0.145		
	ln(DEND)	-0.176	0.138		
Transp. e outros	c	-16.835	0.868	0.301	522
	ln(PINV)	-0.978	0.775		
	ln(PIBO)	1.148	0.085		
	ln(DEND)	-0.237	0.082		

Parâmetros relacionados a elasticidades de comércio internacional para produtos da indústria de transformação foram tomados de um estudo recente desenvolvido por Tourinho *et al*. (2002) – foi calculada a média ponderada das elasticidades reportadas para os vários setores, considerando as estruturas de produção dos estados em 1996. Para os demais produtos/setores do modelo, consideramos os valores utilizados no modelo EFES (Haddad e Domingues, 2001), calibrados para replicar resultados do modelo nacional em uma simulação histórica entre 1995 e 1996. A Tabela 3.6 apresenta os valores das elasticidades de Armington, internacionais e regionais, utilizadas no modelo B-MARIA-27.

Tabela 3.6. Elasticidades de Comércio no Modelo B-MARIA-27

	Internacional	*Regional*
Agropecuária	0.343	1.570
Indústria de transformação	1.278	2.079
S.I.U.P.	0.011	1.159
Construção	0.002	0.002
Comércio	0.694	0.001
Instituições financeiras	0.137	1.385
Administração pública	0.070	0.001
Transporte e outros serviços	1.465	0.001

3.3. Fechamentos e Testes

O modelo B-MARIA-27 contém 608,313 equações e 632,256 variáveis. Assim, para fechar o modelo, 23,943 variáveis devem ser determinadas exogenamente. Dois fechamentos distintos possibilitam a sua utilização para simulações de estática comparativa de curto prazo e longo prazo. A distinção básica entre eles está relacionada ao tratamento empregado na abordagem microeconômica do ajustamento do estoque de capital. No

ambiente de curto prazo, os estoques de capital são mantidos fixos, enquanto que, no longo prazo, mudanças de política são passíveis de afetar os estoques de capitais em cada região.[28] Como o modelo trabalha com preços relativos, alguma variável de preço deve ser escolhida como numerário. As opções na literatura recaem sobre o índice de preços ao consumidor ou sobre a taxa de câmbio. Neste trabalho, as simulações foram efetuadas com a taxa de câmbio como numerário, e, portanto, exógena com choque nulo. Dessa forma, não existe uma política cambial definida exogenamente ou determinada endogenamente para obter alguma meta de superávit comercial ou inflação. A seguir, detalhes dos fechamentos implementados são apresentados.

3.3.1. Curto prazo

Além da hipótese de imobilidade intersetorial e inter-regional do capital, este fechamento especifica população regional e oferta de trabalho fixas, diferenciais regionais de salário constantes e salário real nacional fixo. O emprego regional é função das hipóteses sobre taxas de salário, que indiretamente determinam as taxas de desemprego regionais. Estas hipóteses procuram captar, da maneira mais próxima possível, a realidade do funcionamento do mercado de trabalho no Brasil. Primeiramente, variações na demanda por trabalho são atendidas via variações na taxa de desemprego, ao invés de afetarem o salário real. Este parece ser o caso brasileiro, dado o elevado nível de desemprego disfarçado na maior parte do país, onde o excesso de oferta de trabalho aparece como uma característica distinta da economia brasileira. Em segundo lugar, a imobilidade inter-regional de trabalho no curto prazo sugere que migração seja uma decisão de longo prazo.

[28] Sobre fechamentos em modelos EGC ver, por exemplo, Dixon e Parmenter (1996) e Dixon *et al.* (1982).

Finalmente, diferenciais nominais de salário no Brasil são persistentes e refletem a segmentação geográfica da força de trabalho. Do lado da demanda, os gastos de investimento são exógenos – as firmas não podem reavaliar decisões de investimento no curto prazo. O consumo das famílias segue sua renda disponível, e o consumo do governo, em ambos os níveis, é fixo (alternativamente, o déficit do governo pode ser definido exogenamente, permitindo a alteração dos gastos do governo). Por fim, as variáveis de choque tecnológico são exógenas, dado que o modelo não apresenta nenhuma teoria de crescimento endógeno.

3.3.2. Longo prazo

O modelo também pode ser utilizado num fechamento de equilíbrio de longo prazo (*steady-state*) no qual capital e trabalho podem se deslocar intersetorialmente e inter-regionalmente. As principais diferenças em relação ao curto prazo estão na configuração do mercado de trabalho e acumulação de capital. No primeiro caso, o emprego agregado é determinado pelo crescimento da população, taxas de participação da força de trabalho, e taxa natural de desemprego. A distribuição espacial e setorial da força de trabalho é totalmente determinada endogenamente. Trabalho é atraído para os setores mais competitivos nas áreas geográficas mais favorecidas. Da mesma forma, capital é orientado em direção aos setores mais atrativos. Este movimento mantém as taxas de retorno do capital em seus níveis iniciais. Pode-se, também, considerar variações na taxa de câmbio como mecanismo equilibrador do balanço de pagamentos. Para tal fim, o saldo da balança comercial deve ser determinado exogenamente (e um novo numerário definido).

3.3.3. Teste de homogeneidade

Após sua implementação e calibragem, um teste do modelo foi efetuado para checar possíveis erros computacionais e de balanceamento do banco de dados. Dada a estrutura teórica do modelo, homogêneo de grau zero para alterações do numerário, um teste de homogeneidade pode ser implementado. Este teste consiste em aplicar um choque de 1% no numerário do modelo (a taxa de câmbio) no fechamento de curto prazo. O resultado esperado é que todas as variáveis nominais aumentem em 1%, e todas as variáveis reais (quantidades) permaneçam inalteradas. Os resultados dessa simulação-teste com o modelo B-MARIA-27, que podem ser replicados com o CD que acompanha a Tese, confirmaram as expectativas.

4. Aplicações Ilustrativas do Modelo B-MARIA-27

O desenvolvimento do modelo B-MARIA-27, descrito no capítulo anterior, representa uma abordagem unificada que permite analisar o papel da infra-estrutura de transporte na alocação espacial dos recursos. A modelagem explícita de custos de transporte, em um modelo IEGC integrado a um modelo de transporte georreferenciado, permite-nos avaliar, sob uma perspectiva **macro-espacial**, os efeitos econômicos de projetos ou programas de transporte específicos.

Investimentos em rodovias e outras formas de melhorias no sistema de transporte representam um meio importante para alcançar o crescimento econômico regional e nacional. A expansão e a melhoria das facilidades de transporte servem para reduzir os custos das firmas e expandir as oportunidades econômicas, ajudando a aumentar, potencialmente, a renda e o padrão de vida dos habitantes de uma região.

Como relatado em Weisbrod e Treyz (1998), estudos que buscam identificar as implicações **nacionais** de investimentos em transporte tendem a concentrar a análise em ganhos de produtividade, definida, genericamente, como a razão da produção por unidade de fatores primários. A atração de renda, do ponto de vista regional, seja ela gerada pela expansão de firmas locais ou pela chegada de novas firmas, tem sido vista sempre como um benefício a ser perseguido pelos governos locais. Contudo, do ponto de vista nacional, produtividade é o principal elemento que, essencialmente, leva ao crescimento econômico. Assim, a re-

localização de firmas dentro de um espaço nacional é vista como um benefício apenas se houver um elemento de produtividade subjacente a tal movimento.

Entretanto, investimentos em transporte, além de seu impacto sobre a produtividade sistêmica, impactam diferentemente as várias regiões. Intervenções espacialmente localizadas podem aumentar as vantagens competitivas de uma região. Efeitos de economias de escala e de acessibilidade possibilitariam a expansão da área de mercado das firmas e oportunidades de acesso a mercados de insumos mais amplos. Um dos elementos fundamentais a ser levado em conta é a correlação espacial entre as regiões: mudanças econômicas em uma determinada localidade resultam em potenciais efeitos sobre outras regiões. Esta constatação é de grande importância para a avaliação dos impactos de políticas de transporte sobre as regiões de um país, tendo em mente as relações de complementaridade e competição entre os espaços econômicos relevantes.

Dentre os cenários que se vislumbram para o setor de transporte no Brasil, a redução do custo de transporte de cargas é uma preocupação explícita das autoridades federais (Quadro 4.1). O aumento da competitividade sistêmica é um objetivo que se pretende perseguir nas políticas públicas conforme manifestação recente de vários documentos oficiais divulgados.[29]

[29] Ver, por exemplo, www.planejamento.gov.br e www.integracao.gov.br.

Quadro 4.1. Projetos do Ministério dos Transportes, Brasil, 2004

Nome do Projeto	*Objetivo*
Programa PARE	Reduzir acidentes no trânsito.
Transporte Ferroviário Urbano de Passageiros	Prestar o serviço de transporte ferroviário urbano de passageiros e melhorar os sistemas para suas transferências aos governos locais.
Corredor São Francisco	**Reduzir o custo do transporte de cargas** na área compreendida pelo Estado de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, o sul de Goiás e a parte da região sudeste do país.
Corredor Mercosul	**Reduzir o custo do transporte de cargas** entre o Brasil e os países do Mercosul. Reduzir o custo do transporte de cargas na região geográfica que engloba os Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro.
Corredor Leste	**Reduzir o custo do transporte de cargas** entre o Brasil e os países do Mercosul. Reduzir o custo do transporte de cargas na região geográfica que engloba os Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro.
Corredor Fronteira Norte	Incrementar o fluxo de pessoas e mercadorias entre os Estados do Amapá, Roraima, Amazonas e Acre com os países da fronteira norte do Brasil.
Serviço de Transporte Ferroviário Carga	Garantir a qualidade da prestação dos serviços do transporte ferroviário de carga.
Corredor Transmetropolitano	**Reduzir o custo do transporte de cargas** na região geográfica compreendida pelo Estado de São Paulo e sudoeste de Minas Gerais.
Qualidade e Fomento ao Transporte Aquaviário	Estimular o desenvolvimento e a melhoria da prestação de serviço de transporte da navegação interior, de cabotagem e de longo curso.
Corredor Sudoeste	**Reduzir o custo do transporte de cargas** na área compreendida pelo Estado de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, o sul de Goiás e a parte da região sudeste do país.
Corredor Oeste-Norte	**Reduzir o custo do transporte de cargas** na área que abrange parte dos Estados do Amazonas, Pará, Rondônia e Mato Grosso.
Corredor Nordeste	**Reduzir o custo do transporte de cargas** na área que abrange os Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas.
Descentralização das Rodovias Federais	Transferir aos Estados ou conceder para a iniciativa privada a administração de trechos de rodovias federais.
Manutenção de Rodovias em Regime de Gestão Terceirizada	Recuperar e manter em bom estado trechos de rodovias federais sob gestão terceirizada.
Serviços de Transporte Rodoviário	Garantir a qualidade na prestação de serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros e cargas.
Navegação Interior	Prestar serviços de transporte hidroviário de cargas e passageiros no rio São Francisco, até sua transferência para a iniciativa privada.
Manutenção da Malha Rodoviária Federal	Manter a malha rodoviária federal em boas condições operacionais de tráfego.
Manutenção de Hidrovias	Manter as características físicas e operacionais das vias navegáveis interiores.
Corredor Araguaia-Tocantins	**Reduzir o custo do transporte de cargas** na região que abrange os Estados do Pará, Tocantins, Maranhão, Mato Grosso e Goiás.
Gestão da Política de Transportes	Apoiar o planejamento, avaliação e controle dos programas na área de transportes.

Fonte: Ministério dos Transportes (www.transportes.gov.br)

Neste contexto, aplicaremos o modelo B-MARIA-27 a fim de explorarmos suas potencialidades analíticas para lidar com questões relacionadas ao sistema de transporte e suas relações com o espaço econômico. Iniciaremos nossas aplicações explorando as propriedades do modelo em um conjunto de simulações consistindo na redução generalizada em 1% do custo de transporte entre e dentro das regiões brasileiras contempladas. Em outras palavras, para cada par de origem e destino domésticos, a utilização de serviços de transporte será decrescida, simultaneamente, em 1%, de modo que os requisitos de serviços de transporte por unidade de produto sejam reduzidos. As simulações serão feitas considerando dois ambientes econômicos (fechamentos), refletindo o curto prazo e o longo prazo. A idéia por trás deste experimento básico é avaliar os ganhos potenciais de eficiência sistêmica associados a ganhos de qualidade da infra-estrutura de apoio às atividades econômicas, notadamente da infra-estrutura de transporte.

Ao final do capítulo, realizaremos também uma simulação específica, aplicando o modelo B-MARIA-27 para a avaliação de impacto de um determinado projeto de transporte, proporcionando um entendimento mais sofisticado dos benefícios do desenvolvimento econômico ao nível do projeto e permitindo orientar, de maneira mais eficaz, o processo de tomada de decisão nas áreas de planejamento orçamentário, federal e estadual. O projeto a ser avaliado refere-se à duplicação da rodovia BR-381/MG/SP – Fernão Dias – no trecho entre Belo Horizonte e São Paulo. Esta análise possibilitará explorar as características do modelo de transporte na fase de simulação. Enfatizaremos os impactos sobre o crescimento econômico associado a ganhos de produtividade regional e nacional.

4.1. Mecanismos de Funcionamento

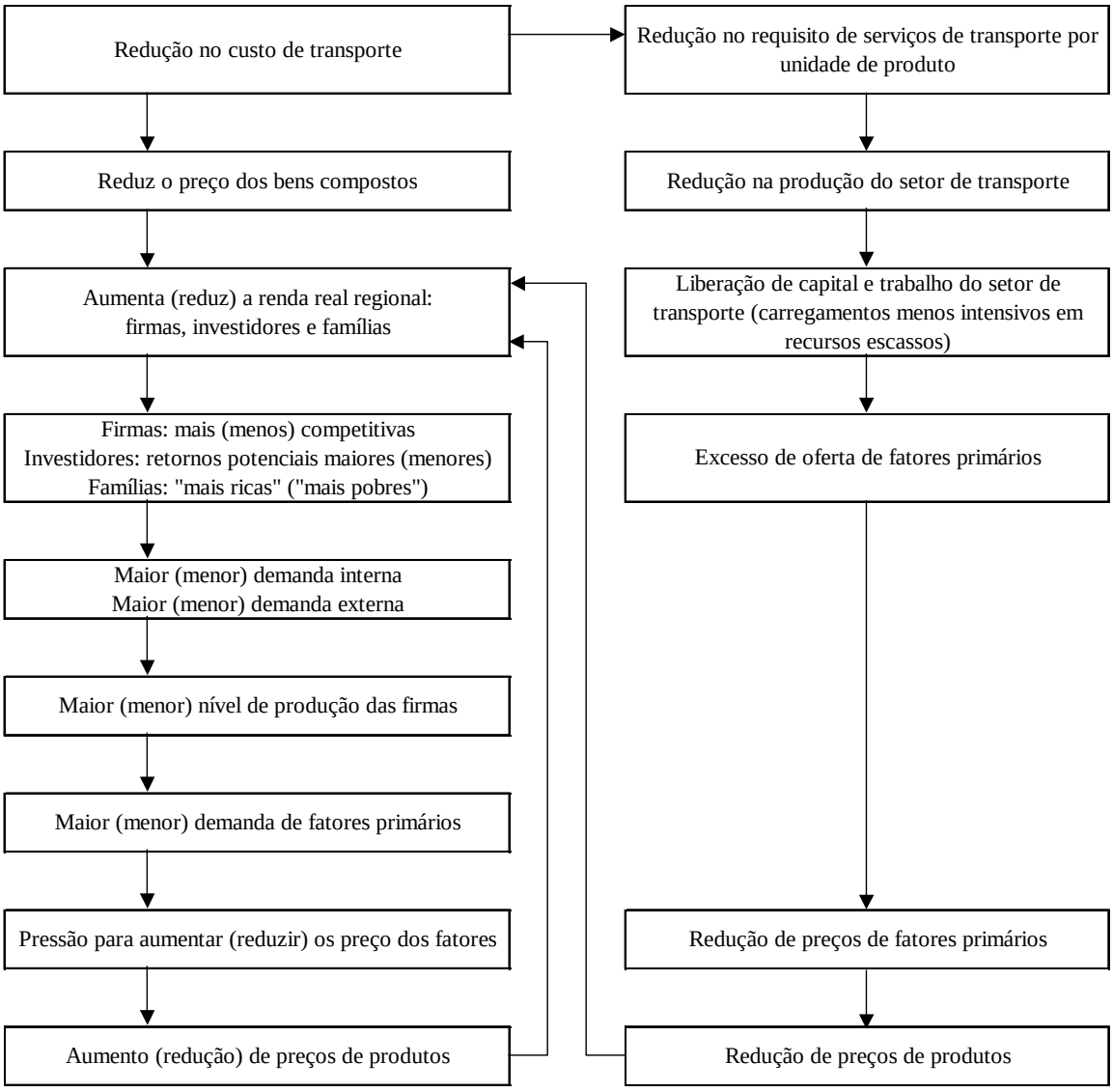
Nesta seção, apresentamos as principais relações causais subjacentes aos resultados da simulação básica. O experimento considera uma queda generalizada dos custos de transporte no sistema interestadual brasileiro. De acordo com a estrutura do modelo, isto representa, por um lado, uma alteração poupadora do bem-margem; ou seja, o uso de serviços de transporte por unidade de produto é reduzido, implicando uma redução direta da produção do setor de transporte. Como os carregamentos de carga tornam-se menos intensivos em recursos, capital e trabalho são liberados, gerando um excesso de oferta no mercado de fatores primários na economia. Isto cria uma pressão sobre salários e aluguéis de capital, que é repassada adiante sob a forma de preços de produtos mais baixos.

Por outro lado, a alteração nos custos de transporte reduz o preço dos bens compostos, com implicações positivas para a renda regional: nesta abordagem, em que elementos de custo afetam diretamente a competitividade sistêmica, firmas tornam-se mais competitivas, apresentando custo de produção mais baixo (insumos mais baratos); investidores antevêem retornos potenciais mais elevados, já que o custo de produção de bens de capital também se apresenta mais baixo; e famílias aumentam sua renda real, encarando possibilidades de consumo mais elevado. A renda mais alta aquece a demanda interna, enquanto o aumento da competitividade das firmas nacionais estimula a demanda externa por produtos brasileiros. Criam-se, assim, estímulos para as firmas aumentarem sua produção – direcionada tanto para o mercado interno quanto para o externo –, o que requer mais insumos e fatores primários. O aumento da demanda coloca uma pressão adicional para

aumentar os preços dos fatores, com a expectativa concomitante de aumento dos preços dos bens domésticos.

Efeitos de segunda-ordem de alterações nos preços atuam em duas direções – redução e aumento. O efeito líquido é determinado pela intensidade relativa destas forças contrapostas. A Figura 4.1 resume os mecanismos de transmissão associados aos principais efeitos de primeira-ordem e de segunda-ordem no processo de ajustamento subjacente aos resultados agregados do modelo. Vale lembrar que, ao solucionarmos o modelo, o ajuste é instantâneo.

Figura 4.1. Principais Relações Causais na Simulação Básica



Em relação aos efeitos espaciais diferenciados, devemos considerar três forças principais operando no curto prazo: dois efeitos-preço e um efeito-renda. O resultado líquido dependerá fortemente das características estruturais do sistema interestadual integrado. Dois mecanismos de substituição via efeito-preço são bastante relevantes para tentarmos entender o processo de ajustamento das economias regionais. Em primeiro lugar, há um

efeito de substituição direto. Consideremos duas regiões que comercializam ente si, uma exportadora e outra importadora, *r* e *s*, respectivamente. Na medida em que os custos de transporte entre elas caem, a região *r* aumentará sua penetração em *s*, produzindo mais para *s*, uma vez que agora é mais barato comprar de *r*. Um efeito de substituição opera no sentido de que *s* substituirá diretamente bens produzidos localmente e em outras regiões diferentes de *r* (incluindo bens importados de fora do país), por bens produzidos em *r*.

Além disso, ocorre um outro efeito substituição. Para produzir para *s*, *r* comprará insumos de outras regiões. Tendo em vista que estes insumos estão mais baratos, após a redução dos custos de transporte, a região *r*, com melhor acesso às fontes de insumos, torna-se mais competitiva, expandindo sua produção. Este é o efeito-substituição indireto.

A análise dos **tipos de fluxos de comércio** entre regiões é fundamental para o melhor entendimento dos mecanismos de ajustamento espacial associados ao efeito-substituição, direto e indireto. Regiões importadoras líquidas de insumos produtivos, por exemplo, tendem a se beneficiar devido a ganhos de competitividade associados a custos de produção mais baixos. Por sua vez, regiões com saldos líquidos negativos no comércio inter-regional de bens de consumo apresentam ganhos potenciais de bem-estar, uma vez que os consumidores passam a ter acesso a bens mais baratos. O outro lado da moeda refere-se às regiões que apresentam saldos positivos no comércio inter-regional, que vislumbrariam possibilidades concretas de expansão de suas vendas. A Tabela 4.1 apresenta o saldo qualitativo dos estados brasileiros no comércio interestadual, no ano base, considerando tipos de bens.

Tabela 4.1. Saldo no Comércio Interestadual por Tipo de Bem, 1996

	Insumos produtivos	*Bens de consumo*
Acre	-	-
Amapá	-	-
Amazonas	-	+
Pará	-	-
Rondônia	+	-
Roraima	-	-
Tocantins	-	-
Alagoas	-	-
Bahia	-	-
Ceará	-	-
Maranhão	-	-
Paraíba	-	-
Pernambuco	-	-
Piauí	-	-
Rio Grande do Norte	-	-
Sergipe	-	-
Espírito Santo	+	-
Minas Gerais	+	-
Rio de Janeiro	-	+
São Paulo	+	+
Paraná	+	-
Santa Catarina	-	-
Rio Grande do Sul	+	+
Distrito Federal	-	+
Goiás	+	-
Mato Grosso	-	+
Mato Grosso do Sul	-	+

Fonte: Banco de dados do modelo B-MARIA-27

Uma terceira força contraposta aparece na forma de um efeito-renda. Com melhor acessibilidade, a demanda por produtos da região *r* aumenta. As fontes de demanda mais elevada pela produção regional são derivadas de um efeito substituição – preços de bens produzidos em *r* estão mais baixos – e um efeito-renda – a renda real aumenta. O

aquecimento da demanda pressiona os preços de *r*, sendo que o efeito líquido sobre a economia regional resultante dependerá de quem vencerá o "cabo de guerra", ou seja, se os efeitos substituição direto e indireto (que beneficiam *r*) superarão o efeito renda (que afeta negativamente *r*).

No longo prazo, um quarto mecanismo de ajustamento torna-se relevante: o efeito "re-localização". Como os fatores podem mover-se entre regiões, novas decisões de investimento definem a re-localização marginal das atividades, no sentido da distribuição espacial do estoque de capital total da economia e da dinâmica populacional. As mesmas forças que afetam o desempenho das economias regionais são responsáveis pela criação de capital no longo prazo. Com custos de transporte mais baixos, o acesso mais barato a bens de capitais não-locais aumenta, potencialmente, a taxa de retorno das regiões. Ao mesmo tempo em que isto beneficia as regiões importadoras de bens de capital, ocorre um impacto positivo sobre os setores de bens de capital nas regiões produtoras. Por outro lado, regiões com áreas de mercado ampliadas e, conseqüentemente, receitas mais altas, vislumbram maior remuneração ao capital, impactando, também, sua rentabilidade relativa.

Finalmente, as regiões podem ser afetadas negativamente através da reorientação de fluxos de comércio (desvio de comércio), visto que a acessibilidade relativa é alterada no sistema. Assim, ganhos generalizados de eficiência no setor de transporte não são acompanhados necessariamente por ganhos generalizados de bem-estar. A questão relacionada a desvios de comércio e criação de comércio tem sido bastante debatida na literatura de comércio internacional, de onde poderemos buscar um melhor entendimento de fenômenos associados aos problemas analisados neste trabalho.

4.2. Experimento Básico: Resultados

Apresentaremos, agora, os resultados dos exercícios de simulação que consideram uma queda generalizada dos custos de transporte no sistema interestadual brasileiro. A apresentação dos resultados será dividida em quatro grupos. Ater-nos-emos aos efeitos sobre crescimento (PIB real) e bem-estar (EV e REV), e suas implicações espaciais.

Primeiramente, os resultados básicos de curto prazo e longo prazo serão discutidos, com o foco da análise recaindo sobre as variáveis agregadas relevantes para o entendimento dos mecanismos de funcionamento do modelo, como descrito na seção anterior. Os efeitos espaciais (estaduais) também serão analisados.

Em segundo lugar, implementaremos um exercício de análise de sensibilidade sistemática em relação a parâmetros-chave da simulação, estimados especialmente para este estudo. Com isso, testaremos a robustez dos resultados a este conjunto de parâmetros, a saber, elasticidades de comércio regional e parâmetros de retornos de escala.

Em seguida, ainda preocupados com os mecanismos de funcionamento do modelo, analisaremos como a introdução de retornos de escala afeta a alocação das atividades em um sistema inter-regional integrado. Procederemos em duas etapas, considerando técnicas de análise de sensibilidade estrutural. Em primeiro lugar, ajustaremos o valor do parâmetro de economias de escala do setor da indústria de transformação em São Paulo dentro de um intervalo específico que revele diferentes posições da economia paulista dentro da curva de retornos crescentes. A idéia é verificar se, no caso brasileiro, com reduções nos custos de

transporte, firmas paulistas possuiriam vantagem competitiva para exploração adicional de economias de escala, exacerbando, assim, os diferenciais de desenvolvimento regional no Brasil. Em segundo lugar, isolaremos o efeito da incorporação de economias de escala no modelo, considerando um modelo alternativo com retornos constantes.

Finalmente, analisaremos os aspectos espaciais dos resultados de longo prazo de maneira mais detalhada, uma vez que nos parecem estar mais associados às expectativas dos objetivos de políticas de transporte. Técnicas de decomposição serão utilizadas para revelar as ligações de transporte analiticamente mais importantes para otimizar objetivos de política específicos.

4.2.1. Resultados básicos

A Tabela 4.2 resume os principais resultados agregados das duas simulações básicas (curto prazo e longo prazo). Ganhos de eficiência (PIB real) e de bem-estar (EV) são positivos, e magnificados no longo prazo.

Como esperado, o nível de atividade do setor de transporte cai, tanto no curto prazo como no longo prazo, uma vez que os requisitos de serviços de transporte por unidade de produto caem. Entretanto, no longo prazo, a redução verificada no setor de transporte é menor, pois a demanda indireta aumenta com o aumento mais forte do nível de atividade da economia.

A redução dos custos de transporte gera uma queda geral em todos os índices de preços. O ajuste do mercado de fatores primários também revela tal movimento de preços através da

queda nominal nos pagamentos agregados aos principais fatores de produção. Mesmo com recuperação do nível de emprego da economia no longo prazo – o crescimento verificado é suficiente para aumentar a absorção de mão-de-obra de modo a superar a redução proveniente da queda no nível de atividade do setor de transporte –, o efeito quantidade não é suficiente para aumentar, nominalmente, a massa salarial.

A análise dos resultados dos componentes da demanda final também revela características interessantes do processo de ajustamento da economia aos choques de transporte. No curto prazo, o principal componente de crescimento são as exportações, que se beneficiam do aumento da competitividade via redução de custos de produção. Neste ambiente econômico, contudo, os gastos do governo e os investimentos são exógenos, sendo o consumo das famílias o único componente da absorção interna determinado endogenamente. No longo prazo, com todos os componentes da absorção interna endógenos, o aquecimento da demanda interna faz-se notar mais fortemente, fazendo com que o destino da produção adicional local seja destinado preponderantemente para os mercados nacionais.

Tabela 4.2. Resultados Agregados (em variação percentual)

	Curto prazo	*Longo prazo*
Nível de atividade		
Agropecuária	0.0016	0.0020
Extrativa mineral e indústria de transformação	0.0030	0.0069
S.I.U.P.	0.0003	0.0074
Construção	-0.0002	0.0021
Comércio	0.0002	0.0056
Instituições financeiras	0.0021	0.0127
Administração pública	0.0004	0.0088
Transporte e outros serviços	-0.0098	-0.0067
Total	-0.0015	0.0026
Preços		
Índice de preços de investimento	-0.0172	-0.0212
Índice de preços ao consumidor	-0.0239	-0.0213
Índice de preços de exportação	-0.0132	-0.0181
Índice de preços do governo regional	-0.0240	-0.0138
Índice de preços do governo federal	-0.0250	-0.0217
Deflator implícito do PIB, lado dos gastos	-0.0236	-0.0210
Fatores primários		
Pagamentos agregados ao capital	-0.0256	-0.0201
Pagamentos agregados ao trabalho	-0.0279	-0.0165
Estoque de capital agregado	-	0.0018
Emprego agregado	-0.0040	0.0039
Demanda agregada		
Consumo real das famílias	0.0006	0.0082
Investimento real agregado	-	0.0049
Demanda do governo regional real agregada	-	0.0125
Demanda do governo federal real agregada	-	0.0082
Volume de exportação	0.0273	0.0025
Indicadores agregados		
Variação equivalente – total (mudança em $)	8.97	168.44
PIB real	0.0031	0.0067

A Tabela 4.3 apresenta os impactos estaduais sobre bem-estar e eficiência. Os Mapas 4.1 a 4.3 ilustram os mesmos resultados. Na leitura dos mapas, cores quentes (laranja e vermelho) representam os percentis superiores (acima de 50%) dos resultados, enquanto cores frias (tonalidades de azul) representam os percentis inferiores (abaixo de 50%). Há uma tendência aparente de que estados na porção setentrional do país (manchas "quentes") se beneficiem mais no curto prazo, em termos de bem-estar relativo, do melhor acesso aos produtos do Centro-Sul. No longo prazo, é ainda perceptível um efeito acessibilidade dominante; no entanto, os estados que sobressaem encontram-se localizados mais próximos à periferia imediata de um centro de gravidade econômico ampliado.

Em termos de eficiência, no curto prazo os estados da região Nordeste e da porção mais ocidental da região Norte são os mais beneficiados, possivelmente devido aos ganhos de eficiência sistêmica que lhes permite produzir a custos mais baixos com insumos mais baratos do Centro-Sul. No longo prazo, contudo, parece ocorrer um efeito re-localização associado à ampliação de mercados de regiões dinâmicas, tais como São Paulo, Paraná e Santa Catarina, além do Mato Grosso e Rondônia, que conseguem explorar retornos crescentes de escala.

Em resumo, no curto prazo, com restrições mais fortes pelo lado da oferta, o ajuste da economia acaba favorecendo estados que se beneficiam da redução de custos de insumos, enquanto no longo prazo, com a oferta flexibilizada, o ajuste possibilita que a expansão potencial de mercados de economias que exploram retornos crescentes de escala seja realizada, fazendo com que ganhos relativos de vantagem competitiva atraiam novos investimentos produtivos para estas regiões.

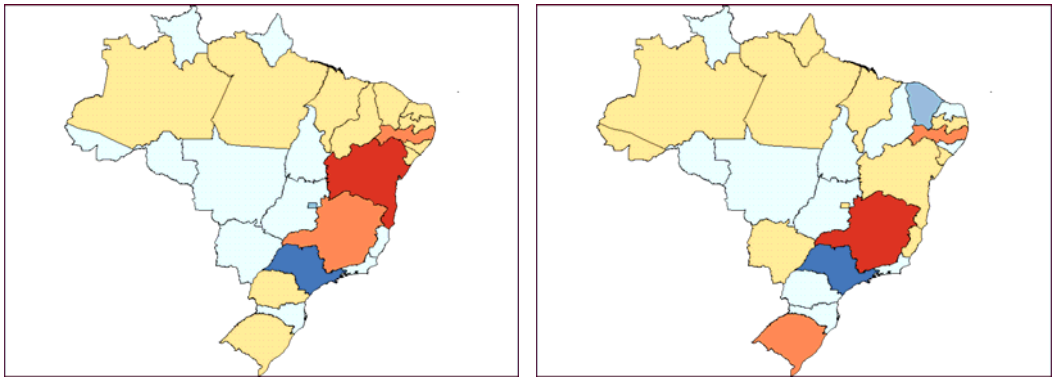
Tabela 4.3. Resultados Estaduais

	Curto prazo			*Longo prazo*		
	EV	*REV*	*PIB*	*EV*	*REV*	*PIB*
Acre	0.46	0.062%	0.0059	1.30	0.176%	-0.1905
Amapá	0.41	0.043%	0.0101	4.77	0.507%	-0.0263
Amazonas	2.64	0.015%	0.0039	5.23	0.030%	0.0016
Pará	2.71	0.028%	0.0037	31.61	0.326%	-0.0271
Rondônia	0.64	0.025%	0.0034	0.85	0.033%	0.0350
Roraima	0.26	0.075%	0.0110	-0.36	-0.103%	0.2589
Tocantins	0.24	0.024%	0.0102	0.72	0.070%	0.0473
Alagoas	2.06	0.058%	0.0062	-5.28	-0.150%	0.1602
Bahia	5.56	0.020%	0.0043	13.54	0.048%	-0.0004
Ceará	3.09	0.028%	0.0052	-17.20	-0.157%	0.0520
Maranhão	2.55	0.054%	0.0082	1.83	0.039%	0.0330
Paraíba	1.76	0.033%	0.0049	24.17	0.450%	-0.1384
Pernambuco	5.54	0.033%	0.0055	52.41	0.309%	-0.0357
Piauí	0.71	0.029%	0.0079	-6.93	-0.284%	0.2080
Rio Grande do Norte	1.77	0.041%	0.0045	-0.07	-0.002%	0.0406
Sergipe	0.75	0.023%	0.0025	1.55	0.048%	0.0296
Espírito Santo	-0.35	-0.003%	0.0030	3.42	0.030%	-0.0018
Minas Gerais	5.33	0.009%	0.0054	124.06	0.214%	-0.0383
Rio de Janeiro	-1.86	-0.002%	0.0019	-6.94	-0.008%	0.0113
São Paulo	-21.51	-0.008%	0.0026	-110.54	-0.041%	0.0185
Paraná	1.93	0.005%	0.0020	1.07	0.003%	0.0116
Santa Catarina	-0.99	-0.004%	0.0023	-8.41	-0.035%	0.0119
Rio Grande do Sul	0.69	0.001%	0.0032	52.68	0.092%	-0.0183
Distrito Federal	-3.79	-0.012%	0.0015	17.12	0.056%	0.0065
Goiás	0.29	0.003%	0.0030	-1.41	-0.016%	0.0305
Mato Grosso	-1.11	-0.015%	0.0035	-11.89	-0.161%	0.0387
Mato Grosso do Sul	-0.80	-0.010%	0.0018	1.12	0.014%	0.0063
Brasil	8.97	0.001%	0.0031	168.44	0.024%	0.0067

EV em R$ milhões de 1996;
REV em % da renda disponível referencial;
PIB em variação percentual em termos reais.

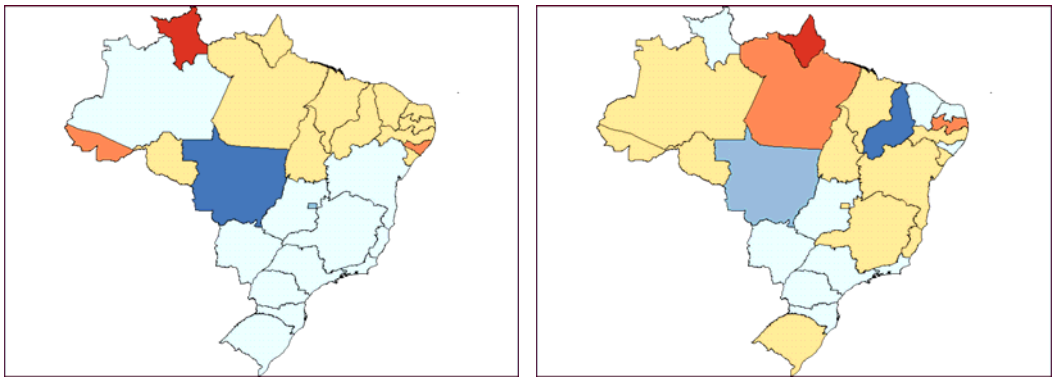
Mapas 4.1. Resultados Estaduais: Variação Equivalente

Curto prazo *Longo prazo*



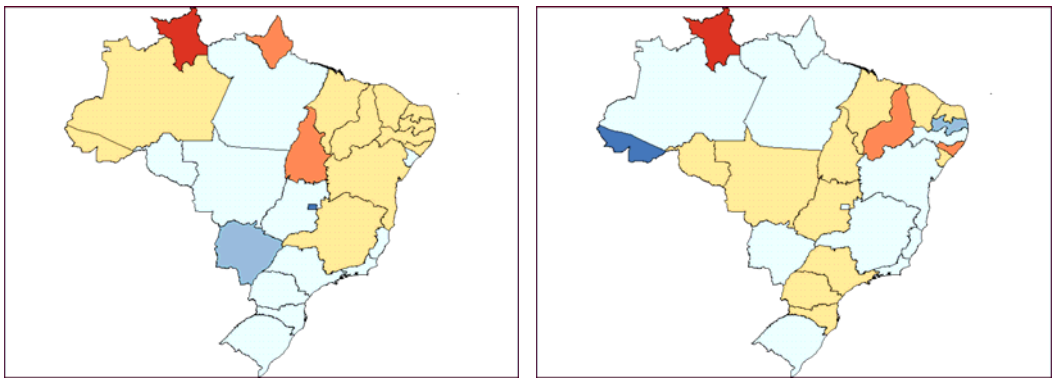
Mapas 4.2. Resultados Estaduais: Variação Equivalente Relativa

Curto prazo *Longo prazo*



Mapas 4.3. Resultados Estaduais: PIB Real

Curto prazo *Longo prazo*



4.2.2. Análise de sensibilidade sistemática[30]

Dois conjuntos de parâmetros-chave nas simulações efetuadas são as elasticidades de comércio regional, utilizadas nas estruturas de Armington do modelo, e os parâmetros de economias de escala. No primeiro caso, o modelo B-MARIA-27 emprega tais elasticidades para três grupos de usuários (produtores, investidores e famílias), na substituição entre os bens das 27 regiões domésticas. As elasticidades utilizadas são diferenciadas por bem, mas não por categoria de uso. No total, são empregadas 24 elasticidades de comércio regional no modelo, conforme valores apresentados no capítulo anterior (Tabela 3.6).

A redução generalizada de custos de transporte repercute diretamente nos preços relativos do comércio interestadual, refletindo-se tanto na origem das importações como no destino das exportações. O grau de substituição empregado no modelo, com base nas elasticidades de Armington, determinará em grande parte outros efeitos na economia.

No caso dos parâmetros de economias de escala, sua função é permitir a incorporação de retornos não-constantes de escala no modelo B-MARIA-27, no grupo de equações relativas a demandas e preços de fatores primários, dentro da estrutura de produção aninhada. Também aqui, estimativas econométricas foram ajustadas para as formas funcionais do modelo (Tabela 3.2).

A robustez dos resultados das simulações básicas, discutidas na seção anterior, foi avaliada em relação aos valores definidos para estes dois conjuntos de parâmetros-chave. A análise

[30] Ver anexo.

de sensibilidade sistemática empregada consistiu em testar a estrutura numérica do modelo, considerando, alternativamente para cada conjunto, intervalos de um desvio-padrão (estimados) para os parâmetros, com distribuição triangular, simétrica e independente.

As Tabelas 4.4 a 4.11 apresentam os resultados da análise de sensibilidade para um conjunto de variáveis endógenas selecionadas, a saber: variação equivalente e PIB real. Os intervalos de confiança reportados (≅ 90%) são obtidos através dos valores de média e desvio-padrão estimados, usando a desigualdade de Chebyshev. De forma geral, pode-se concluir que determinado resultado é mais sensível (menos robusto) a um conjunto de parâmetros se seu desvio-padrão está relativamente próximo da respectiva média, de forma que o intervalo de confiança mude de sinal.

Observamos que, em geral, os resultados estaduais são relativamente mais robustos no curto prazo que no longo prazo, e mais robustos em relação aos parâmetros de economias de escala que às elasticidades de comércio regional. De maneira geral, os resultados das simulações podem ser considerados robustos em relação aos dois conjuntos de informações. Em alguns casos, contudo, alterações qualitativas podem ser percebidas para a análise de sensibilidade sistemática com as elasticidades de Armington: no longo prazo, a direção do efeito de bem-estar para o Rio Grande do Norte, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina, e Goiás não é conclusiva; a direção dos efeitos sobre crescimento dos estados do Amazonas, Bahia, Pernambuco, Espírito Santo e Goiás também não é conclusiva.

Tabela 4.4. Análise de Sensibilidade – Elasticidade de Substituição Regional: Curto Prazo, Variação Equivalente (em R$ milhões de 1996)

	Limite inferior	*Limite superior*
Acre	0.46	0.46
Amapá	0.41	0.41
Amazonas	2.62	2.65
Pará	2.69	2.73
Rondônia	0.63	0.65
Roraima	0.26	0.26
Tocantins	0.24	0.25
Alagoas	2.05	2.06
Bahia	5.53	5.58
Ceará	3.08	3.11
Maranhão	2.54	2.56
Paraíba	1.75	1.76
Pernambuco	5.53	5.55
Piauí	0.71	0.71
Rio Grande do Norte	1.77	1.79
Sergipe	0.74	0.75
Espírito Santo	-0.37	-0.33
Minas Gerais	5.28	5.38
Rio de Janeiro	-1.97	-1.76
São Paulo	-21.59	-21.44
Paraná	1.91	1.95
Santa Catarina	-1.00	-0.98
Rio Grande do Sul	0.65	0.72
Distrito Federal	-3.82	-3.75
Goiás	0.27	0.31
Mato Grosso	-1.11	-1.10
Mato Grosso do Sul	-0.81	-0.79
Brasil	8.81	9.14

Tabela 4.5. Análise de Sensibilidade – Elasticidade de Substituição Regional: Curto Prazo, PIB Real (em variação percentual)

	Limite inferior	*Limite superior*
Acre	0.0058	0.0059
Amapá	0.0101	0.0101
Amazonas	0.0039	0.0039
Pará	0.0037	0.0038
Rondônia	0.0033	0.0034
Roraima	0.0110	0.0110
Tocantins	0.0099	0.0105
Alagoas	0.0062	0.0062
Bahia	0.0043	0.0043
Ceará	0.0052	0.0052
Maranhão	0.0081	0.0082
Paraíba	0.0049	0.0049
Pernambuco	0.0055	0.0055
Piauí	0.0078	0.0079
Rio Grande do Norte	0.0044	0.0045
Sergipe	0.0025	0.0025
Espírito Santo	0.0029	0.0030
Minas Gerais	0.0054	0.0055
Rio de Janeiro	0.0019	0.0019
São Paulo	0.0026	0.0026
Paraná	0.0020	0.0020
Santa Catarina	0.0023	0.0023
Rio Grande do Sul	0.0031	0.0032
Distrito Federal	0.0014	0.0016
Goiás	0.0029	0.0030
Mato Grosso	0.0035	0.0036
Mato Grosso do Sul	0.0018	0.0018
Brasil	0.0031	0.0031

Tabela 4.6. Análise de Sensibilidade – Elasticidade de Substituição Regional: Longo Prazo, Variação Equivalente (em R$ milhões de 1996)

	Limite inferior	*Limite superior*
Acre	1.27	1.33
Amapá	4.44	5.08
Amazonas	1.32	8.97
Pará	27.34	35.93
Rondônia	0.72	0.96
Roraima	-0.42	-0.29
Tocantins	0.55	0.88
Alagoas	-7.62	-3.18
Bahia	12.53	14.53
Ceará	-26.91	-8.25
Maranhão	0.65	2.97
Paraíba	13.49	35.80
Pernambuco	18.41	90.43
Piauí	-8.91	-4.93
Rio Grande do Norte	**-1.34**	**1.14**
Sergipe	0.85	2.30
Espírito Santo	2.22	4.55
Minas Gerais	116.15	131.44
Rio de Janeiro	**-19.70**	**5.04**
São Paulo	-216.62	-9.27
Paraná	**-4.37**	**7.14**
Santa Catarina	**-24.58**	**6.27**
Rio Grande do Sul	51.27	54.07
Distrito Federal	13.41	21.05
Goiás	**-5.42**	**2.54**
Mato Grosso	-13.63	-10.28
Mato Grosso do Sul	0.06	2.14
Brasil	87.42	246.09

Tabela 4.7. Análise de Sensibilidade – Elasticidade de Substituição Regional: Longo Prazo, PIB Real (em variação percentual)

	Limite inferior	*Limite superior*
Acre	-0.1973	-0.1830
Amapá	-0.0281	-0.0241
Amazonas	**-0.0024**	**0.0057**
Pará	-0.0338	-0.0205
Rondônia	0.0304	0.0395
Roraima	0.2475	0.2708
Tocantins	0.0445	0.0506
Alagoas	0.1300	0.1945
Bahia	**-0.0008**	**0.0000**
Ceará	0.0277	0.0775
Maranhão	0.0281	0.0380
Paraíba	-0.2228	-0.0609
Pernambuco	**-0.0757**	**0.0001**
Piauí	0.1824	0.2327
Rio Grande do Norte	0.0399	0.0412
Sergipe	0.0122	0.0456
Espírito Santo	**-0.0046**	**0.0011**
Minas Gerais	-0.0402	-0.0362
Rio de Janeiro	0.0090	0.0138
São Paulo	0.0092	0.0283
Paraná	0.0091	0.0137
Santa Catarina	0.0010	0.0240
Rio Grande do Sul	-0.0190	-0.0176
Distrito Federal	0.0050	0.0080
Goiás	**-0.0031**	**0.0645**
Mato Grosso	0.0354	0.0421
Mato Grosso do Sul	0.0012	0.0116
Brasil	0.0045	0.0091

Tabela 4.8. Análise de Sensibilidade – Parâmetro de Economias de Escala: Curto Prazo, Variação Equivalente (em R$ milhões de 1996)

	Limite inferior	*Limite superior*
Acre	0.46	0.46
Amapá	0.41	0.41
Amazonas	2.64	2.64
Pará	2.71	2.71
Rondônia	0.64	0.64
Roraima	0.26	0.26
Tocantins	0.24	0.24
Alagoas	2.06	2.06
Bahia	5.56	5.56
Ceará	3.09	3.10
Maranhão	2.55	2.55
Paraíba	1.75	1.76
Pernambuco	5.54	5.54
Piauí	0.71	0.71
Rio Grande do Norte	1.77	1.78
Sergipe	0.75	0.75
Espírito Santo	-0.35	-0.35
Minas Gerais	5.32	5.34
Rio de Janeiro	-1.87	-1.86
São Paulo	-21.54	-21.49
Paraná	1.92	1.93
Santa Catarina	-0.99	-0.98
Rio Grande do Sul	0.68	0.69
Distrito Federal	-3.79	-3.78
Goiás	0.29	0.29
Mato Grosso	-1.11	-1.10
Mato Grosso do Sul	-0.80	-0.80
Brasil	8.94	9.00

Tabela 4.9. Análise de Sensibilidade – Parâmetro de Economias de Escala: Curto Prazo, PIB Real (em variação percentual)

	Limite inferior	*Limite superior*
Acre	0.0059	0.0059
Amapá	0.0101	0.0101
Amazonas	0.0039	0.0039
Pará	0.0037	0.0037
Rondônia	0.0033	0.0034
Roraima	0.0110	0.0110
Tocantins	0.0102	0.0102
Alagoas	0.0062	0.0062
Bahia	0.0043	0.0043
Ceará	0.0052	0.0052
Maranhão	0.0081	0.0083
Paraíba	0.0049	0.0049
Pernambuco	0.0055	0.0055
Piauí	0.0078	0.0079
Rio Grande do Norte	0.0045	0.0045
Sergipe	0.0025	0.0025
Espírito Santo	0.0030	0.0030
Minas Gerais	0.0054	0.0055
Rio de Janeiro	0.0019	0.0019
São Paulo	0.0026	0.0026
Paraná	0.0020	0.0020
Santa Catarina	0.0023	0.0023
Rio Grande do Sul	0.0031	0.0032
Distrito Federal	0.0015	0.0015
Goiás	0.0030	0.0030
Mato Grosso	0.0035	0.0036
Mato Grosso do Sul	0.0018	0.0018
Brasil	0.0031	0.0031

Tabela 4.10. Análise de Sensibilidade – Parâmetro de Economias de Escala: Longo Prazo, Variação Equivalente (em R$ milhões de 1996)

	Limite inferior	*Limite superior*
Acre	1.30	1.31
Amapá	4.47	5.08
Amazonas	5.00	5.47
Pará	31.41	31.83
Rondônia	0.81	0.89
Roraima	-0.36	-0.35
Tocantins	0.71	0.73
Alagoas	-5.38	-5.18
Bahia	13.44	13.65
Ceará	-17.62	-16.77
Maranhão	1.79	1.88
Paraíba	23.93	24.40
Pernambuco	51.54	53.26
Piauí	-7.63	-6.24
Rio Grande do Norte	-0.11	-0.03
Sergipe	1.45	1.65
Espírito Santo	3.37	3.49
Minas Gerais	122.40	125.71
Rio de Janeiro	-7.75	-6.17
São Paulo	-118.26	-102.31
Paraná	0.23	1.92
Santa Catarina	-9.59	-7.21
Rio Grande do Sul	51.80	53.57
Distrito Federal	16.83	17.39
Goiás	-1.57	-1.25
Mato Grosso	-13.55	-10.28
Mato Grosso do Sul	1.03	1.22
Brasil	162.24	175.05

Tabela 4.11. Análise de Sensibilidade – Parâmetro de Economias de Escala: Longo Prazo, PIB Real (em variação percentual)

	Limite inferior	*Limite superior*
Acre	-0.1940	-0.1870
Amapá	-0.0295	-0.0231
Amazonas	0.0012	0.0019
Pará	-0.0274	-0.0268
Rondônia	0.0340	0.0360
Roraima	0.2574	0.2603
Tocantins	0.0464	0.0483
Alagoas	0.1582	0.1622
Bahia	-0.0005	-0.0004
Ceará	0.0511	0.0528
Maranhão	0.0323	0.0336
Paraíba	-0.1402	-0.1366
Pernambuco	-0.0366	-0.0348
Piauí	0.1916	0.2247
Rio Grande do Norte	0.0403	0.0409
Sergipe	0.0284	0.0307
Espírito Santo	-0.0020	-0.0017
Minas Gerais	-0.0388	-0.0378
Rio de Janeiro	0.0111	0.0116
São Paulo	0.0178	0.0192
Paraná	0.0108	0.0124
Santa Catarina	0.0112	0.0127
Rio Grande do Sul	-0.0187	-0.0180
Distrito Federal	0.0064	0.0066
Goiás	0.0275	0.0337
Mato Grosso	0.0345	0.0431
Mato Grosso do Sul	0.0059	0.0066
Brasil	0.0066	0.0069

4.2.3. O papel de retornos crescentes

Nesta seção, examinaremos as implicações da introdução de retornos não-constantes de escala no modelo. A avaliação será feita através da implementação de exercícios de análise de sensibilidade qualitativa. O primeiro objetivo é averiguar, qualitativamente, o papel de retornos crescentes em uma economia industrial central. Para tanto, testaremos os resultados teóricos da NEG que sugerem a existência de um *trade-off* fundamental entre custos de transporte e retornos crescentes. Se este for o caso em um sistema inter-regional caracterizado por uma relação centro-periferia, a região central, que hospeda o setor industrial com retornos crescentes, poderá se beneficiar de melhorias no sistema de transporte explorando economias de escala.

O estado de São Paulo foi considerado a região central do sistema. São Paulo é o estado mais rico da Federação em termos de geração de PIB, sendo também o mais industrializado. Há evidências de que seja o ponto focal de economias de aglomeração no País: por exemplo, um indicador bruto, derivado de informações da PIA, mostra que a participação média anual do estado na geração de valor adicionado na indústria de transformação, no período 1996-2001, foi de 47.3%, ficando sua participação no emprego do setor em 39.9%.

Assim, o modelo B-MARIA-27 foi utilizado considerando um conjunto especial de valores para os parâmetros de retornos de escala. Adotamos a hipótese de retornos constantes para todos os setores, em todos os estados, sendo a única exceção o setor industrial em São Paulo, para o qual adotamos um intervalo de valores na curva de retornos crescentes. Este

intervalo, dado por $\mu \in [0.5,1.5]$, considerou desde retornos crescentes elevados ($\mu = 0.5$), até retornos decrescentes de escala ($\mu = 1.5$). Implementamos, então, uma série de simulações para vários valores de μ dentro do intervalo de referência. Os resultados dos experimentos de simulações numéricas com o modelo B-MARIA-27, apresentados nas Figuras 4.2 a 4.7, confirmam os resultados teóricos. Como fica claro a partir da análise dos resultados de PIB real e variação equivalente para São Paulo e para o País, quanto mais fortes os retornos crescentes apresentados pelo setor industrial paulista, melhor o desempenho estadual (e nacional) em termos de crescimento e bem-estar.

Figura 4.2. Efeitos de Curto Prazo sobre Bem-estar Nacional e Estadual

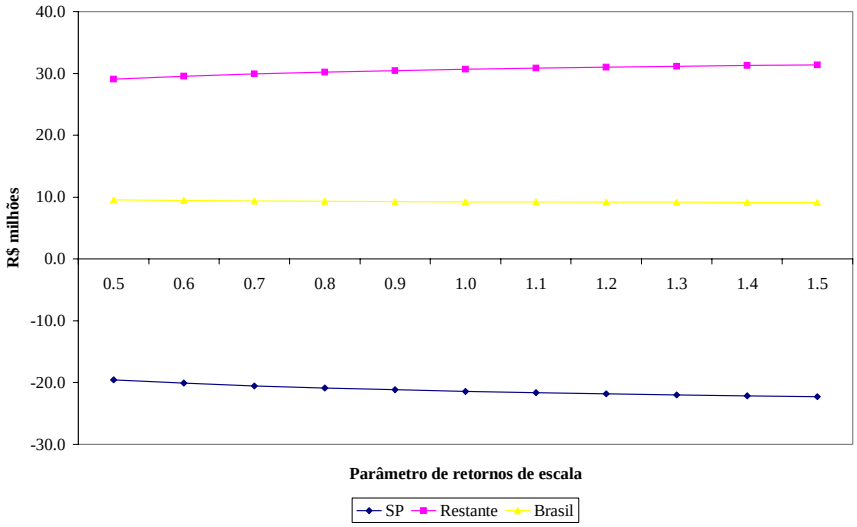


Figura 4.3. Efeitos de Curto Prazo sobre PIB Real Nacional e Estadual

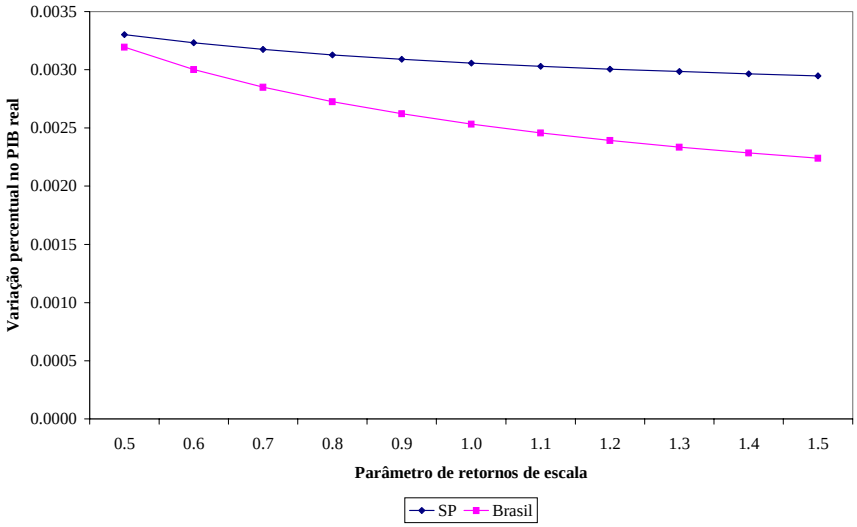


Figura 4.4. Efeitos de Longo Prazo sobre Bem-estar Nacional e Estadual

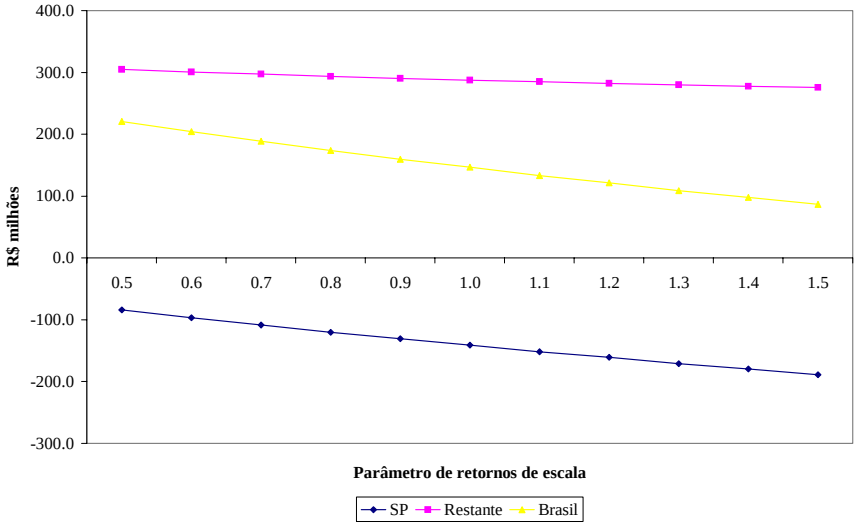


Figura 4.5. Efeitos de Longo Prazo sobre PIB Real Nacional e Estadual

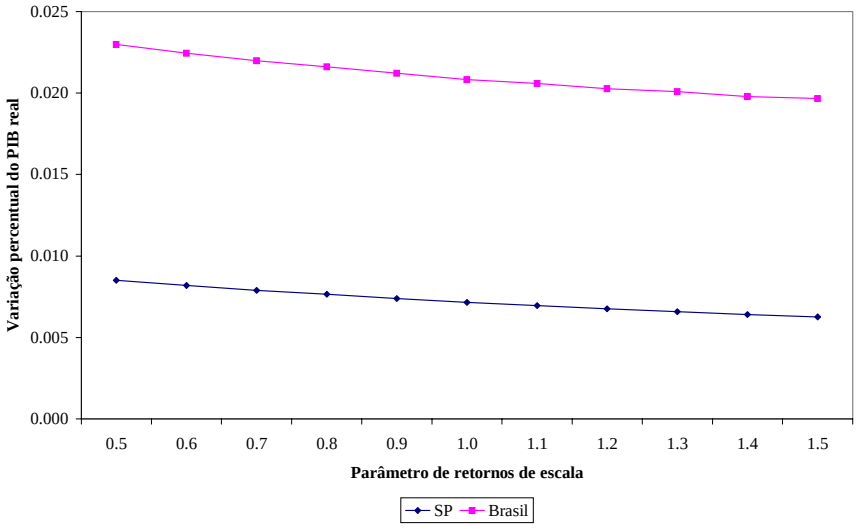


Figura 4.6. Efeitos de Curto Prazo e Longo Prazo sobre Bem-estar Nacional

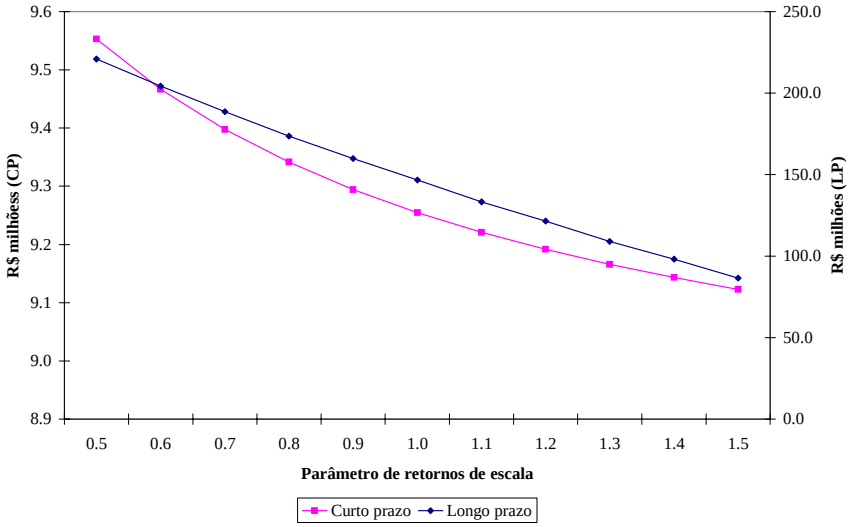
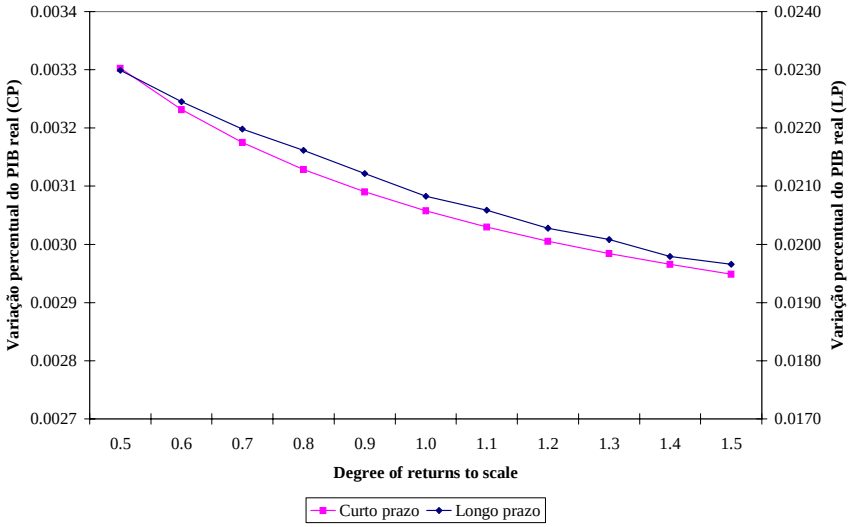


Figura 4.7. Efeitos de Curto Prazo e Longo Prazo sobre PIB Nacional



O segundo objetivo desta seção do trabalho é examinar os efeitos sistêmicos da introdução de retornos não-constantes de escala no modelo B-MARIA-27. A estratégia adotada foi implementar a simulação básica considerando duas versões do modelo: a versão desenvolvida nesta Tese e uma versão alternativa, utilizada como referencial, desconsiderando a existência de retornos não-constantes de escala no setor industrial. Este artifício de modelagem permite-nos isolar os efeitos de escala, associados à introdução de retornos não-constantes no modelo referencial, dos efeitos de redução nos custos de transporte. A diferença entre os resultados das simulações com o modelo com retornos crescentes e o modelo com retornos constantes pode ser atribuída ao efeito escala.

As Tabelas 4.12 e 4.13 apresentam os resultados desta decomposição para as simulações de curto prazo e longo prazo. O efeito transporte é dado pelos resultados do modelo com retornos constantes; o efeito total pelos resultados do modelo com retornos não-constantes; e o efeito escala, como sugerido no parágrafo anterior, pela diferença entre os resultados dos dois modelos. O principal fato a ser notado é que o papel de retornos crescentes parece ser mais relevante em condições de ofertas mais flexíveis, uma vez que sua contribuição para os resultados de longo prazo é bastante acentuada. Em termos agregados, a contribuição do efeito escala para o crescimento do PIB real é quase desprezível no curto prazo (0.9%), enquanto que, no longo prazo, atinge valor não desprezível (-6.6%).[31]

[31] Em relação aos resultados de bem-estar, a contribuição do efeito escala foi de –1.2%, no curto prazo, e 15.0%, no longo prazo.

Tabela 4.12. Efeito Transporte e Efeito Escala da Redução Geral dos Custos de Transporte Interestaduais (em variação percentual do PIB real)

	Curto prazo			*Longo prazo*		
	Efeito transporte	*Efeito escala*	*Efeito total*	*Efeito transporte*	*Efeito escala*	*Efeito total*
Acre	0.00587	0.00000	0.00587	-0.19668	0.00621	-0.19047
Amapá	0.01016	-0.00006	0.01011	-0.02011	-0.00619	-0.02629
Amazonas	0.00388	0.00000	0.00388	0.00239	-0.00083	0.00156
Pará	0.00374	0.00000	0.00374	-0.02647	-0.00065	-0.02712
Rondônia	0.00333	0.00004	0.00337	0.03389	0.00109	0.03497
Roraima	0.01100	0.00000	0.01100	0.26440	-0.00551	0.25888
Tocantins	0.01018	0.00000	0.01019	0.04628	0.00103	0.04731
Alagoas	0.00617	0.00000	0.00617	0.16726	-0.00703	0.16023
Bahia	0.00434	0.00000	0.00434	-0.00051	0.00008	-0.00043
Ceará	0.00522	0.00000	0.00522	0.05096	0.00103	0.05198
Maranhão	0.00832	-0.00012	0.00819	0.03522	-0.00224	0.03297
Paraíba	0.00487	0.00000	0.00487	-0.14351	0.00509	-0.13841
Pernambuco	0.00547	0.00000	0.00547	-0.03818	0.00250	-0.03567
Piauí	0.00779	0.00008	0.00787	0.18593	0.02206	0.20798
Rio Grande do Norte	0.00447	0.00000	0.00447	0.04005	0.00054	0.04059
Sergipe	0.00256	-0.00005	0.00251	0.02467	0.00490	0.02956
Espírito Santo	0.00297	-0.00001	0.00296	-0.00153	-0.00029	-0.00182
Minas Gerais	0.00535	0.00010	0.00545	-0.03977	0.00148	-0.03830
Rio de Janeiro	0.00190	0.00000	0.00189	0.01188	-0.00058	0.01130
São Paulo	0.00254	0.00004	0.00258	0.02085	-0.00233	0.01852
Paraná	0.00195	0.00003	0.00198	0.00991	0.00166	0.01156
Santa Catarina	0.00227	0.00003	0.00230	0.01468	-0.00275	0.01193
Rio Grande do Sul	0.00313	0.00003	0.00316	-0.01914	0.00081	-0.01833
Distrito Federal	0.00149	0.00001	0.00150	0.00672	-0.00024	0.00649
Goiás	0.00297	0.00000	0.00297	0.02253	0.00798	0.03051
Mato Grosso	0.00339	0.00013	0.00352	0.03198	0.00672	0.03871
Mato Grosso do Sul	0.00180	0.00000	0.00180	0.00748	-0.00119	0.00628
Brasil	0.00306	0.00003	0.00309	0.00715	-0.00044	0.00671

Tabela 4.13. Contribuição do Efeito Transporte e do Efeito Escala para o Efeito Total da Redução Geral dos Custos de Transporte Interestaduais

	Curto prazo			*Longo prazo*		
	Efeito transporte	*Efeito escala*	*Efeito total*	*Efeito transporte*	*Efeito escala*	*Efeito total*
Acre	100.0%	0.0%	100.0%	103.3%	**-3.3%**	100.0%
Amapá	100.6%	-0.6%	100.0%	76.5%	**23.5%**	100.0%
Amazonas	100.1%	-0.1%	100.0%	153.4%	**-53.4%**	100.0%
Pará	100.0%	0.0%	100.0%	97.6%	**2.4%**	100.0%
Rondônia	98.9%	1.1%	100.0%	96.9%	**3.1%**	100.0%
Roraima	100.0%	0.0%	100.0%	102.1%	**-2.1%**	100.0%
Tocantins	100.0%	0.0%	100.0%	97.8%	**2.2%**	100.0%
Alagoas	100.0%	0.0%	100.0%	104.4%	**-4.4%**	100.0%
Bahia	100.0%	0.0%	100.0%	119.5%	**-19.5%**	100.0%
Ceará	100.0%	0.0%	100.0%	98.0%	**2.0%**	100.0%
Maranhão	101.5%	-1.5%	100.0%	106.8%	**-6.8%**	100.0%
Paraíba	100.0%	0.0%	100.0%	103.7%	**-3.7%**	100.0%
Pernambuco	100.0%	0.0%	100.0%	107.0%	**-7.0%**	100.0%
Piauí	98.9%	1.1%	100.0%	89.4%	**10.6%**	100.0%
Rio Grande do Norte	100.0%	0.0%	100.0%	98.7%	**1.3%**	100.0%
Sergipe	102.2%	-2.2%	100.0%	83.4%	**16.6%**	100.0%
Espírito Santo	100.2%	-0.2%	100.0%	83.9%	**16.1%**	100.0%
Minas Gerais	98.1%	1.9%	100.0%	103.9%	**-3.9%**	100.0%
Rio de Janeiro	100.2%	-0.2%	100.0%	105.1%	**-5.1%**	100.0%
São Paulo	98.5%	1.5%	100.0%	112.6%	**-12.6%**	100.0%
Paraná	98.6%	1.4%	100.0%	85.7%	**14.3%**	100.0%
Santa Catarina	98.6%	1.4%	100.0%	123.0%	**-23.0%**	100.0%
Rio Grande do Sul	99.2%	0.8%	100.0%	104.4%	**-4.4%**	100.0%
Distrito Federal	99.3%	0.7%	100.0%	103.6%	**-3.6%**	100.0%
Goiás	100.0%	0.0%	100.0%	73.8%	**26.2%**	100.0%
Mato Grosso	96.3%	3.7%	100.0%	82.6%	**17.4%**	100.0%
Mato Grosso do Sul	100.1%	-0.1%	100.0%	119.0%	**-19.0%**	100.0%
Brasil	99.1%	**0.9%**	100.0%	106.6%	**-6.6%**	100.0%

4.2.4. Ligações de transporte analiticamente relevantes

Argumentamos, anteriormente, que a incerteza em relação às magnitudes dos choques e dos parâmetros de modelos IEGC demanda uma avaliação formal da robustez de seus resultados. Além disso, sugerimos que é necessário também um melhor entendimento dos mecanismos de funcionamento de modelos IEGC através da sistematização das informações sobre parâmetros, choques e fluxos do banco de dados que seriam analiticamente mais importantes para a geração dos resultados de um modelo. Para lidar com este último ponto de maneira sistemática, introduziremos técnicas de decomposição dos resultados da simulação básica de longo prazo, considerando a contribuição específica de cada choque. Em outras palavras, consideraremos explicitamente o papel da redução de custo de transporte em cada ligação intra e interestadual – 27x27 no total – sobre os resultados do modelo.[32]

A técnica de decomposição adotada é baseada na teoria de subtotais incorporada ao software GEMPACK e apresentada detalhadamente em Harrison *et al*. (1999).[33] Em simulações com choques em várias variáveis exógenas, os resultados mostram o efeito conjunto de todos os choques sobre as variáveis endógenas. Técnicas de decomposição permitem-nos isolar as contribuições específicas dos diferentes choques ou grupo de choques para os resultados totais.

[32] A especificação do modelo B-MARIA-27 permite-nos contemplar a dimensão bi-direcional de uma ligação de transporte entre duas regiões.
[33] Ver anexo.

Consideraremos, em nossa análise, a importância relativa de cada elo de transporte para diferentes dimensões de política regional, considerando impactos sobre bem-estar e crescimento. Mudanças econômicas em uma determinada localidade resultam em potenciais efeitos sobre outras regiões em consonância com os padrões de interação espacial existentes. Esta constatação é de grande importância para a avaliação dos efeitos de políticas de transporte, espacialmente bem identificadas, sobre as regiões de uma nação.

Richardson (1973) aponta duas formas básicas de classificação do padrão de interação entre duas regiões: a primeira delas é a *complementaridade.* Nesta abordagem, o crescimento econômico agregado é visto como o somatório dos crescimentos regionais e as regiões não são consideradas rivais umas das outras. O desenvolvimento é visto como uma característica inerente a uma região, de modo que as políticas de bem-estar devem se concentrar na maximização do crescimento de uma determinada localidade ou região, já que implicaria também na maximização do crescimento nacional como um todo. A segunda forma de interação entre as regiões é a *competição*: nesta abordagem, as regiões disputam um determinado nível de crescimento nacional pré-determinado, em uma espécie de jogo de soma zero, no qual o crescimento de uma região só se dá a partir da retração de pelo menos uma outra. A recomendação de política de bem-estar, neste caso, é a maximização do crescimento nacional com uma regra de distribuição ótima dos frutos deste desenvolvimento entre as regiões.

Como observado por Nazara *et al*. (2000), a classificação acima descrita contém duas noções de interação inter-regional: relações verticais (nação-região) e horizontais (região-região). Assume-se que as primeiras possuem um perfil complementar, ao passo que as

segundas podem adquirir um caráter de complementaridade ou competição, conforme os efeitos do crescimento de uma região sobre outra. É claro que as definições acima não esgotam todas as possibilidades de interação entre as regiões, não sendo a competição necessariamente ruim, mas representam um bom ponto de partida para a análise dos efeitos de políticas de desenvolvimento regional.

Os objetivos de uma política de transporte podem variar, sendo os mais gerais associados ao aumento da eficiência sistêmica ou de uma região específica, e ao aumento do bem-estar nacional ou regional. Como os padrões de interação entre os estados brasileiros apresentam as mais diversas formas de complementaridade e competição (Perobelli, 2004), intervenções na infra-estrutura espacial engendram efeitos regionais diferenciados, para cada tipo de objetivo de política contemplado. Para lidar com esta questão, analisaremos, a seguir, os impactos da simulação básica de longo prazo sobre bem-estar e crescimento, considerando efeitos nacionais e efeitos macro-regionais específicos, uma vez que o meio mais eficaz para se atingir um objetivo de política varia de acordo com o próprio objetivo.[34]

As Tabelas 4.14 a 4.19 apresentam os resultados da redução de custos de transporte entre pares de origem e destino para diferentes objetivos de políticas, ilustrando a flexibilidade analítica do instrumental desenvolvido nesta Tese. Consideramos, explicitamente, ligações de transporte entre estados de uma mesma macro-região (relações intra-regionais) e entre estados de macro-regiões distintas (relações inter-regionais). Consideramos, também, as estimativas de suas contribuições para cada resultado específico de política. Em cada tabela, encontramos seis conjuntos de informações, que representam, cada um, os efeitos da

[34] Ver Tinbergen (1966), para discussão a respeito.

redução dos custos de transporte sobre as variáveis em análise referentes a cada uma das macro-regiões brasileiras e ao Brasil como um todo. Perceba que os resultados apresentados constituem a decomposição do resultado total geral para o Brasil.

Assim, por exemplo, pela inspeção da Tabela 4.14, podemos inferir que uma política de redução em 1% dos custos de transporte de cargas dentro da macro-região Norte (fluxos originados em estados do Norte e destinado para estados do Norte), aumenta, no curto prazo, o bem-estar dos residentes da região (R$ 2.92 milhões de 1996), reduzindo o bem-estar dos residentes das demais regiões (Nordeste, -0.48; Sudeste, -1.42; Sul, -0.33; e Centro-oeste, -0.23), sendo seu efeito líquido sobre os residentes nacionais equivalente a R$ 0.46 milhões de 1996). Esta mesma política de aumento da eficiência de transporte na região Norte, sob o ponto de vista dos efeitos sobre o PIB real no curto prazo (Tabela 4.16), gera crescimento apenas sobre a própria região (0.0010%), sendo irrelevantes os resultados sobre as demais macro-regiões.

A inspeção das Tabelas 4.14 a 4.19 revela algumas características importantes das relações entre custos de transporte e acessibilidade, por um lado, e eficiência e eqüidade regional, por outro, no contexto do sistema inter-regional brasileiro.

De maneira geral, estes resultados desvendam algumas peculiaridades do sistema inter-regional brasileiro no âmbito destas simulações: a) ganhos de bem-estar regional estão relacionados a melhor acesso a outros mercados regionais, sendo que, em termos relativos, as regiões Norte e Nordeste se beneficiam mais do melhor acesso às regiões mais desenvolvidas; b) ganhos de eficiência regional estão fortemente associados a acesso à

região Sudeste; c) ganhos de bem-estar nacional são amplificados, no curto prazo e longo prazo, pelo aumento da acessibilidade da região Nordeste aos mercados do Sudeste; d) em termos de eficiência sistêmica, ganhos maiores aparecem na redução dos custos de transação entre estados do Sudeste e do Sul, que apresentam a possibilidade de exploração de retornos crescentes de escala.

Tabela 4.14. Efeitos de Curto Prazo sobre Bem-estar Regional e Nacional: Decomposição da Variação Equivalente (EV) Baseada em Reduções de Custos de Transporte entre Pares de Origem e Destino Macro-regionais (-1%)

Norte

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	2.92	-0.03	-0.12	-0.01	0.00	*2.75*
NE	0.72	-0.40	-0.16	-0.02	-0.01	*0.13*
SE	6.50	-0.61	-1.65	-0.29	-0.26	*3.68*
S	1.55	-0.16	-0.29	-0.36	-0.07	*0.66*
CO	0.37	-0.02	-0.11	-0.01	-0.10	*0.14*
Total	*12.06*	*-1.21*	*-2.34*	*-0.70*	*-0.45*	*7.36*

Sul

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	-0.33	-0.08	-0.25	0.27	0.00	*-0.39*
NE	-0.08	-1.20	-0.35	0.49	-0.03	*-1.17*
SE	-0.72	-1.85	-3.98	5.93	-0.64	*-1.26*
S	-0.15	-0.49	-0.70	6.35	-0.12	*4.88*
CO	-0.04	-0.05	-0.28	0.16	-0.23	*-0.43*
Total	*-1.32*	*-3.66*	*-5.58*	*13.21*	*-1.02*	*1.63*

Nordeste

Origin \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	-0.48	0.77	-0.59	-0.06	-0.02	*-0.37*
NE	-0.12	13.55	-0.75	-0.10	-0.06	*12.52*
SE	-0.99	20.78	-7.53	-1.22	-1.18	*9.86*
S	-0.20	5.55	-1.35	-1.38	-0.33	*2.28*
CO	-0.05	0.53	-0.51	-0.03	-0.44	*-0.50*
Total	*-1.84*	*41.18*	*-10.74*	*-2.79*	*-2.02*	*23.79*

Centro-oeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	-0.23	-0.05	-0.26	-0.03	0.04	*-0.54*
NE	-0.06	-0.83	-0.32	-0.05	0.10	*-1.16*
SE	-0.49	-1.28	-3.21	-0.60	2.13	*-3.45*
S	-0.10	-0.34	-0.56	-0.48	0.66	*-0.83*
CO	-0.02	-0.03	-0.20	-0.02	0.85	*0.58*
Total	*-0.90*	*-2.54*	*-4.57*	*-1.18*	*3.79*	*-5.40*

Sudeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	-1.42	-0.29	0.44	-0.16	-0.04	*-1.46*
NE	-0.34	-4.44	0.66	-0.28	-0.14	*-4.53*
SE	-2.91	-6.80	10.37	-3.39	-2.88	*-5.62*
S	-0.57	-1.82	1.40	-3.99	-0.80	*-5.78*
CO	-0.13	-0.17	0.49	-0.09	-1.09	*-1.01*
Total	*-5.37*	*-13.52*	*13.35*	*-7.91*	*-4.95*	*-18.40*

Brasil

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.46	0.32	-0.79	0.02	-0.02	*-0.01*
NE	0.13	6.68	-0.93	0.03	-0.13	*5.78*
SE	1.39	10.24	-6.01	0.42	-2.83	*3.21*
S	0.53	2.73	-1.52	0.14	-0.67	*1.21*
CO	0.13	0.26	-0.62	0.01	-1.00	*-1.22*
Total	*2.63*	*20.24*	*-9.87*	*0.63*	*-4.65*	*8.97*

Tabela 4.15. Efeitos de Curto Prazo sobre Bem-estar Regional e Nacional: Decomposição da Variação Equivalente Relativa (REV) Baseada em Reduções de Custos de Transporte entre Pares de Origem e Destino Macro-regionais (-1%)

Norte

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.009%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	*0.008%*
NE	0.002%	-0.001%	0.000%	0.000%	0.000%	*0.000%*
SE	0.020%	-0.002%	-0.005%	-0.001%	-0.001%	*0.011%*
S	0.005%	-0.001%	-0.001%	-0.001%	0.000%	*0.002%*
CO	0.001%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	*0.000%*
Total	*0.037%*	*-0.004%*	*-0.007%*	*-0.002%*	*-0.001%*	*0.022%*

Sul

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	*0.000%*
NE	0.000%	-0.001%	0.000%	0.000%	0.000%	*-0.001%*
SE	-0.001%	-0.002%	-0.003%	0.005%	-0.001%	*-0.001%*
S	0.000%	0.000%	-0.001%	0.005%	0.000%	*0.004%*
CO	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	*0.000%*
Total	*-0.001%*	*-0.003%*	*-0.005%*	*0.011%*	*-0.001%*	*0.001%*

Nordeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	-0.001%	0.001%	-0.001%	0.000%	0.000%	*0.000%*
NE	0.000%	0.017%	-0.001%	0.000%	0.000%	*0.016%*
SE	-0.001%	0.026%	-0.009%	-0.002%	-0.001%	*0.012%*
S	0.000%	0.007%	-0.002%	-0.002%	0.000%	*0.003%*
CO	0.000%	0.001%	-0.001%	0.000%	-0.001%	*-0.001%*
Total	*-0.002%*	*0.052%*	*-0.013%*	*-0.004%*	*-0.003%*	*0.030%*

Centro-oeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	*-0.001%*
NE	0.000%	-0.002%	-0.001%	0.000%	0.000%	*-0.002%*
SE	-0.001%	-0.002%	-0.006%	-0.001%	0.004%	*-0.006%*
S	0.000%	-0.001%	-0.001%	-0.001%	0.001%	*-0.002%*
CO	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.002%	*0.001%*
Total	*-0.002%*	*-0.005%*	*-0.008%*	*-0.002%*	*0.007%*	*-0.010%*

Sudeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	*0.000%*
NE	0.000%	-0.001%	0.000%	0.000%	0.000%	*-0.001%*
SE	-0.001%	-0.002%	0.002%	-0.001%	-0.001%	*-0.001%*
S	0.000%	0.000%	0.000%	-0.001%	0.000%	*-0.001%*
CO	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	*0.000%*
Total	*-0.001%*	*-0.003%*	*0.003%*	*-0.002%*	*-0.001%*	*-0.004%*

Brasil

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	*0.000%*
NE	0.000%	0.001%	0.000%	0.000%	0.000%	*0.001%*
SE	0.000%	0.001%	-0.001%	0.000%	0.000%	*0.000%*
S	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	*0.000%*
CO	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	*0.000%*
Total	*0.000%*	*0.003%*	*-0.001%*	*0.000%*	*-0.001%*	*0.001%*

Tabela 4.16. Efeitos de Curto Prazo sobre PIB Regional e Nacional: Decomposição do PIB Real Baseada em Reduções de Custos de Transporte entre Pares de Origem e Destino Macro-regionais (-1%)

Norte

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	*0.0010*
NE	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	*0.0003*
SE	0.0021	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	*0.0023*
S	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	*0.0005*
CO	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	*0.0001*
Total	*0.0039*	*0.0001*	*0.0001*	*0.0000*	*0.0000*	*0.0042*

Sul

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	*0.0001*
NE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	*0.0002*
SE	0.0000	0.0001	0.0003	0.0009	0.0000	*0.0013*
S	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0000	*0.0010*
CO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	*0.0001*
Total	*0.0001*	*0.0001*	*0.0004*	*0.0019*	*0.0001*	*0.0026*

Nordeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	*0.0001*
NE	0.0000	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000	*0.0015*
SE	0.0001	0.0021	0.0003	0.0000	0.0001	*0.0026*
S	0.0000	0.0006	0.0001	0.0001	0.0000	*0.0007*
CO	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	*0.0001*
Total	*0.0001*	*0.0043*	*0.0004*	*0.0001*	*0.0001*	*0.0050*

Centro-oeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	*0.0000*
NE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	*0.0000*
SE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	*0.0013*
S	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004	*0.0005*
CO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	*0.0005*
Total	*0.0000*	*0.0000*	*0.0000*	*0.0000*	*0.0023*	*0.0023*

Sudeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	*0.0002*
NE	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	*0.0002*
SE	0.0000	0.0001	0.0018	0.0000	0.0000	*0.0019*
S	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	*0.0004*
CO	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	*0.0001*
Total	*0.0001*	*0.0002*	*0.0025*	*0.0001*	*0.0001*	*0.0029*

Brasil

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	*0.0002*
NE	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	*0.0004*
SE	0.0001	0.0003	0.0012	0.0002	0.0001	*0.0019*
S	0.0000	0.0001	0.0002	0.0002	0.0000	*0.0005*
CO	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	*0.0001*
Total	*0.0003*	*0.0006*	*0.0016*	*0.0004*	*0.0002*	*0.0031*

Tabela 4.17. Efeitos de Longo Prazo sobre Bem-estar Regional e Nacional: Decomposição da Variação Equivalente (EV) Baseada em Reduções de Custos de Transporte entre Pares de Origem e Destino Macro-regionais (-1%)

Norte

		Destino					
		N	**NE**	**SE**	**S**	**CO**	**Total**
Origem	**N**	12.89	-0.20	0.43	-0.24	0.13	*13.02*
	NE	4.40	-1.31	0.14	-0.43	0.15	*2.96*
	SE	30.42	-1.78	-3.92	-5.22	3.52	*23.02*
	S	8.05	-1.08	-0.44	-5.09	1.67	*3.11*
	CO	1.62	-0.13	-0.34	-0.14	1.00	*2.00*
	Total	*57.38*	*-4.49*	*-4.13*	*-11.13*	*6.48*	*44.11*

Sul

		Destino					
		N	**NE**	**SE**	**S**	**CO**	**Total**
Origem	**N**	-0.12	0.21	-1.67	1.55	-0.09	*-0.13*
	NE	-1.02	6.98	-2.17	2.80	-0.24	*6.35*
	SE	-4.02	9.81	-16.60	33.72	-6.37	*16.55*
	S	-2.27	2.22	-4.19	31.31	-2.28	*24.79*
	CO	-0.57	0.20	-1.95	0.92	-0.79	*-2.19*
	Total	*-8.00*	*19.42*	*-26.58*	*70.30*	*-9.76*	*45.38*

Nordeste

		Destino					
		N	**NE**	**SE**	**S**	**CO**	**Total**
Origin	**N**	-1.51	1.44	0.53	-0.17	-0.27	*0.02*
	NE	0.24	20.06	1.00	-0.30	0.01	*21.01*
	SE	1.43	29.56	10.70	-3.69	-0.05	*37.95*
	S	1.37	10.31	2.45	-8.96	-1.88	*3.29*
	CO	0.27	0.99	1.27	-0.09	-0.69	*1.75*
	Total	*1.80*	*62.35*	*15.96*	*-13.21*	*-2.88*	*64.02*

Centro-oeste

		Destino					
		N	**NE**	**SE**	**S**	**CO**	**Total**
Origem	**N**	1.11	-0.04	-0.01	0.01	-0.74	*0.33*
	NE	0.48	-1.44	0.07	0.02	0.24	*-0.63*
	SE	3.44	-2.15	0.62	0.29	4.95	*7.15*
	S	1.20	-0.44	0.27	0.50	-4.14	*-2.61*
	CO	0.25	-0.03	0.19	0.01	0.29	*0.71*
	Total	*6.47*	*-4.10*	*1.14*	*0.83*	*0.59*	*4.94*

Sudeste

		Destino					
		N	**NE**	**SE**	**S**	**CO**	**Total**
Origem	**N**	-20.99	-0.33	10.31	-1.06	3.33	*-8.73*
	NE	-8.85	13.21	8.15	-1.91	0.92	*11.52*
	SE	-60.35	22.51	34.45	-22.86	19.76	*-6.49*
	S	-16.76	1.26	5.59	-10.90	26.56	*5.75*
	CO	-3.09	-0.08	-1.15	-0.64	12.98	*8.02*
	Total	*-110.04*	*36.58*	*57.35*	*-37.37*	*63.55*	*10.07*

Brasil

		Destino					
		N	**NE**	**SE**	**S**	**CO**	**Total**
Origem	**N**	-8.62	1.08	9.60	0.10	2.35	*4.51*
	NE	-4.75	37.50	7.20	0.18	1.09	*41.21*
	SE	-29.08	57.96	25.25	2.24	21.80	*78.18*
	S	-8.42	12.28	3.68	6.86	19.94	*34.33*
	CO	-1.51	0.94	-1.99	0.05	12.80	*10.28*
	Total	*-52.39*	*109.76*	*43.74*	*9.42*	*57.98*	*168.51*

Tabela 4.18. Efeitos de Longo Prazo sobre Bem-estar Regional e Nacional: Decomposição da Variação Equivalente Relativa (REV) Baseada em Reduções de Custos de Transporte entre Pares de Origem e Destino Macro-regionais (-1%)

Norte

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.039%	-0.001%	0.001%	-0.001%	0.000%	*0.040%*
NE	0.013%	-0.004%	0.000%	-0.001%	0.000%	*0.009%*
SE	0.093%	-0.005%	-0.012%	-0.016%	0.011%	*0.070%*
S	0.025%	-0.003%	-0.001%	-0.016%	0.005%	*0.009%*
CO	0.005%	0.000%	-0.001%	0.000%	0.003%	*0.006%*
Total	*0.175%*	*-0.014%*	*-0.013%*	*-0.034%*	*0.020%*	*0.135%*

Sul

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.000%	0.000%	-0.001%	0.001%	0.000%	*0.000%*
NE	-0.001%	0.006%	-0.002%	0.002%	0.000%	*0.005%*
SE	-0.003%	0.008%	-0.014%	0.029%	-0.005%	*0.014%*
S	-0.002%	0.002%	-0.004%	0.027%	-0.002%	*0.021%*
CO	0.000%	0.000%	-0.002%	0.001%	-0.001%	*-0.002%*
Total	*-0.007%*	*0.017%*	*-0.023%*	*0.060%*	*-0.008%*	*0.039%*

Nordeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	-0.002%	0.002%	0.001%	0.000%	0.000%	*0.000%*
NE	0.000%	0.025%	0.001%	0.000%	0.000%	*0.026%*
SE	0.002%	0.037%	0.013%	-0.005%	0.000%	*0.048%*
S	0.002%	0.013%	0.003%	-0.011%	-0.002%	*0.004%*
CO	0.000%	0.001%	0.002%	0.000%	-0.001%	*0.002%*
Total	*0.002%*	*0.078%*	*0.020%*	*-0.017%*	*-0.004%*	*0.080%*

Centro-oeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.002%	0.000%	0.000%	0.000%	-0.001%	*0.001%*
NE	0.001%	-0.003%	0.000%	0.000%	0.000%	*-0.001%*
SE	0.006%	-0.004%	0.001%	0.001%	0.009%	*0.013%*
S	0.002%	-0.001%	0.000%	0.001%	-0.008%	*-0.005%*
CO	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.001%	*0.001%*
Total	*0.012%*	*-0.007%*	*0.002%*	*0.002%*	*0.001%*	*0.009%*

Sudeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	-0.005%	0.000%	0.002%	0.000%	0.001%	*-0.002%*
NE	-0.002%	0.003%	0.002%	0.000%	0.000%	*0.003%*
SE	-0.014%	0.005%	0.008%	-0.005%	0.005%	*-0.002%*
S	-0.004%	0.000%	0.001%	-0.003%	0.006%	*0.001%*
CO	-0.001%	0.000%	0.000%	0.000%	0.003%	*0.002%*
Total	*-0.026%*	*0.009%*	*0.014%*	*-0.009%*	*0.015%*	*0.002%*

Brasil

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	-0.001%	0.000%	0.001%	0.000%	0.000%	*0.001%*
NE	-0.001%	0.005%	0.001%	0.000%	0.000%	*0.006%*
SE	-0.004%	0.008%	0.004%	0.000%	0.003%	*0.011%*
S	-0.001%	0.002%	0.001%	0.001%	0.003%	*0.005%*
CO	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.002%	*0.001%*
Total	*-0.007%*	*0.016%*	*0.006%*	*0.001%*	*0.008%*	*0.024%*

Tabela 4.19. Efeitos de Longo Prazo sobre PIB Regional e Nacional: Decomposição do PIB Real Baseada em Reduções de Custos de Transporte entre Pares de Origem e Destino Macro-regionais (-1%)

Norte

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	-0.0051	0.0001	-0.0001	0.0001	0.0000	*-0.0048*
NE	-0.0015	0.0007	0.0001	0.0002	0.0000	*-0.0004*
SE	-0.0092	0.0012	0.0036	0.0027	-0.0006	*-0.0024*
S	-0.0011	0.0007	0.0005	0.0026	0.0001	*0.0028*
CO	-0.0002	0.0001	0.0003	0.0001	-0.0002	*0.0000*
Total	*-0.0171*	*0.0028*	*0.0043*	*0.0058*	*-0.0007*	*-0.0049*

Sul

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	-0.0001	0.0000	0.0006	-0.0002	0.0001	*0.0002*
NE	0.0001	-0.0015	0.0007	-0.0004	0.0000	*-0.0011*
SE	0.0002	-0.0024	0.0054	-0.0053	0.0014	*-0.0006*
S	0.0002	-0.0005	0.0012	-0.0030	0.0009	*-0.0012*
CO	0.0001	0.0000	0.0005	-0.0001	0.0003	*0.0007*
Total	*0.0004*	*-0.0045*	*0.0085*	*-0.0091*	*0.0027*	*-0.0020*

Nordeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	*0.0005*
NE	-0.0001	0.0044	-0.0002	0.0000	0.0000	*0.0041*
SE	-0.0009	0.0073	-0.0038	0.0005	-0.0001	*0.0029*
S	-0.0005	0.0011	-0.0007	0.0022	0.0005	*0.0026*
CO	-0.0001	0.0001	-0.0004	0.0000	0.0001	*-0.0003*
Total	*-0.0014*	*0.0130*	*-0.0052*	*0.0028*	*0.0005*	*0.0098*

Centro-oeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	-0.0019	0.0000	0.0006	0.0000	0.0008	*-0.0006*
NE	-0.0007	0.0009	0.0005	-0.0001	0.0005	*0.0012*
SE	-0.0052	0.0010	0.0026	-0.0007	0.0099	*0.0076*
S	-0.0015	0.0001	0.0006	-0.0003	0.0070	*0.0058*
CO	-0.0003	0.0000	0.0001	0.0000	0.0052	*0.0049*
Total	*-0.0097*	*0.0020*	*0.0043*	*-0.0011*	*0.0234*	*0.0189*

Sudeste

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.0010	0.0000	0.0000	0.0001	-0.0002	*0.0010*
NE	0.0003	-0.0005	0.0002	0.0002	-0.0001	*0.0001*
SE	0.0024	-0.0010	0.0038	0.0022	-0.0016	*0.0059*
S	0.0005	0.0001	0.0007	0.0017	-0.0014	*0.0015*
CO	0.0001	0.0000	0.0003	0.0001	-0.0007	*-0.0002*
Total	*0.0044*	*-0.0014*	*0.0050*	*0.0042*	*-0.0039*	*0.0083*

Brasil

Origem \ Destino	N	NE	SE	S	CO	Total
N	0.0002	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	*0.0004*
NE	0.0001	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	*0.0004*
SE	0.0006	-0.0001	0.0031	0.0006	-0.0001	*0.0041*
S	0.0002	0.0001	0.0006	0.0008	-0.0002	*0.0015*
CO	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	-0.0001	*0.0003*
Total	*0.0011*	*0.0001*	*0.0044*	*0.0015*	*-0.0004*	*0.0067*

Apesar de bastante informativos, estes resultados com foco macro-regional ainda podem ser mais bem explorados para fins de entendimento das interações espaciais no Brasil. Para se obter uma perspectiva ainda mais detalhada das ligações de transporte analiticamente relevantes para um dado objetivo de política (crescimento/bem-estar regional/nacional), os resultados foram decompostos em ligações entre estados. As ligações-chave para diferentes objetivos de política são destacadas nas Figuras 4.7 a 4.18.

Em termos de bem-estar regional, o padrão que emerge em relação às principais ligações de transporte incorpora três elementos principais: a) dentro de cada região, a redução dos custos de transação intraestaduais, referentes a economias que, de alguma forma, exercem um papel de polarização no contexto regional – Amazonas e Pará, no Norte; Bahia e Pernambuco, no Nordeste; Rio de Janeiro e São Paulo, no Sudeste; Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, no Sul; e Distrito Federal, no Centro-oeste –, geram efeitos relevantes sobre o bem-estar regional; b) o efeito de melhor acessibilidade das principais economias polarizadoras em cada região (Pará, Pernambuco, São Paulo, Rio Grande do Sul, Distrito Federal) aos seus principais mercados estaduais revela-se, também, como elemento relevante para o aumento do bem-estar na região em que se localizam; e c) a melhoria generalizada de acesso ao mercado de São Paulo possui implicações positivas para o bem-estar de todas as macro-regiões, devido ao papel de polarização sistêmica exercido pelo estado. No que tange o bem-estar nacional, as ligações de transporte que se destacam estão preponderantemente associadas aos fluxos comerciais do estado de São Paulo (importações e exportações), bem como à redução de custos de transporte intraestaduais de nove estados.

O padrão aparente das ligações de transporte analiticamente relevantes para o crescimento macro-regional apresenta, como elementos de destaque, o acesso aos mercados do Sudeste e do Sul, bem como o aumento da eficiência interna das economias estaduais, de maneira generalizada.

Figura 4.7. Ligações de Transporte Interestaduais Analiticamente mais Importantes para o Aumento no Longo Prazo do Bem-estar da Região Norte

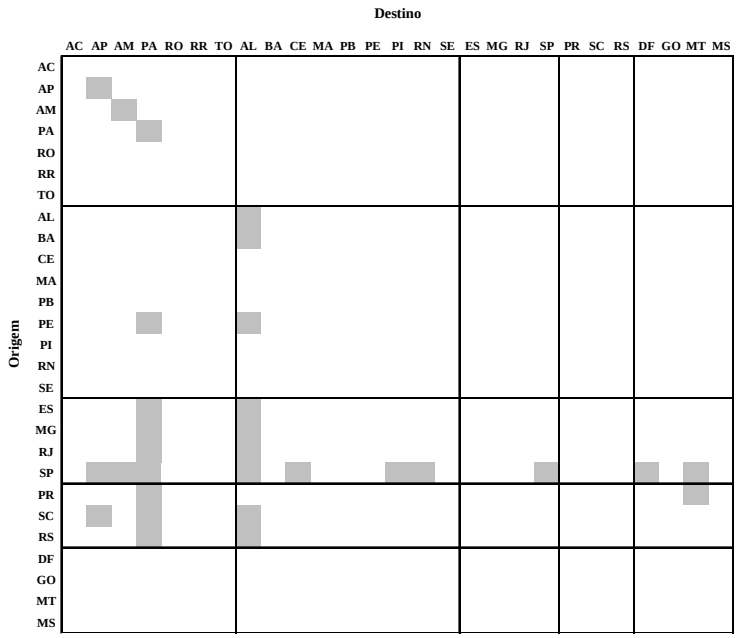


Figura 4.8. Ligações de Transporte Interestaduais Analiticamente mais Importantes para o Aumento no Longo Prazo do Bem-estar da Região Nordeste

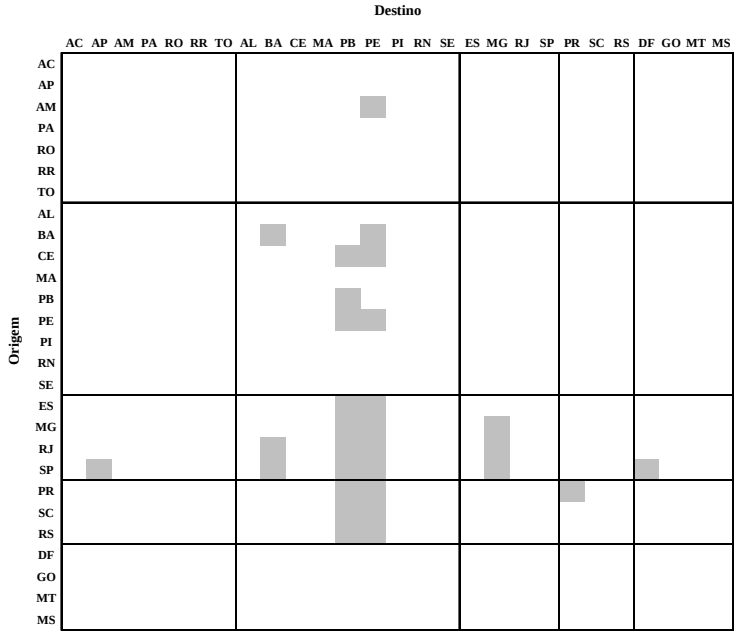


Figura 4.9. Ligações de Transporte Interestaduais Analiticamente mais Importantes para o Aumento no Longo Prazo do Bem-estar da Região Sudeste

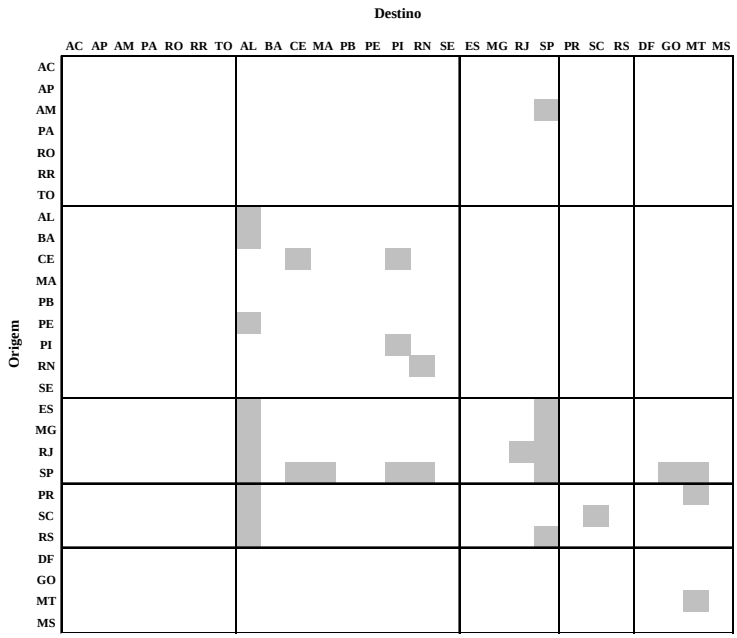


Figura 4.10. Ligações de Transporte Interestaduais Analiticamente mais Importantes para o Aumento no Longo Prazo do Bem-estar da Região Sul

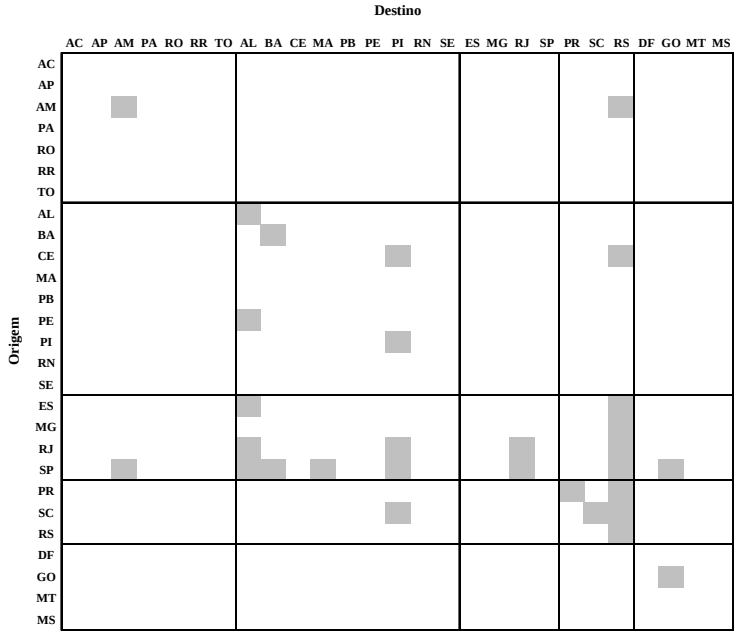


Figura 4.11. Ligações de Transporte Interestaduais Analiticamente mais Importantes para o Aumento no Longo Prazo do Bem-estar da Região Centro-oeste

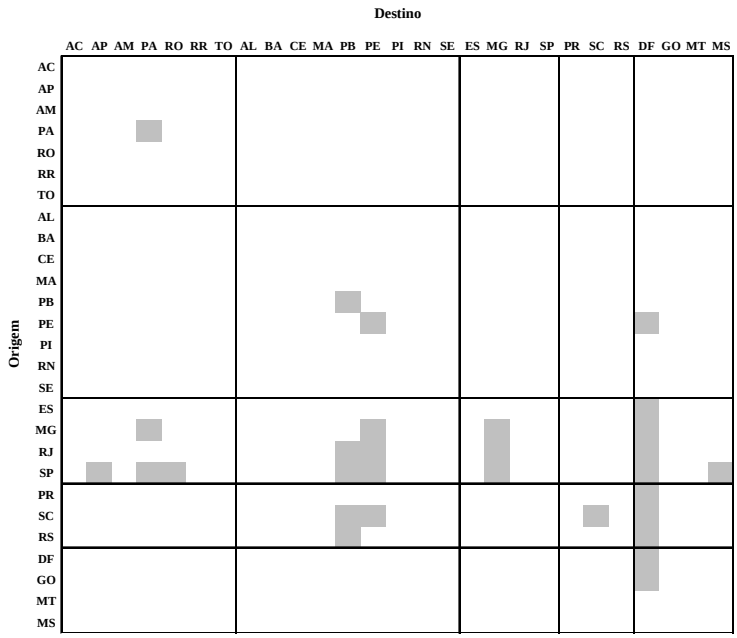


Figura 4.12. Ligações de Transporte Interestaduais Analiticamente mais Importantes para o Aumento no Longo Prazo do Bem-estar Nacional

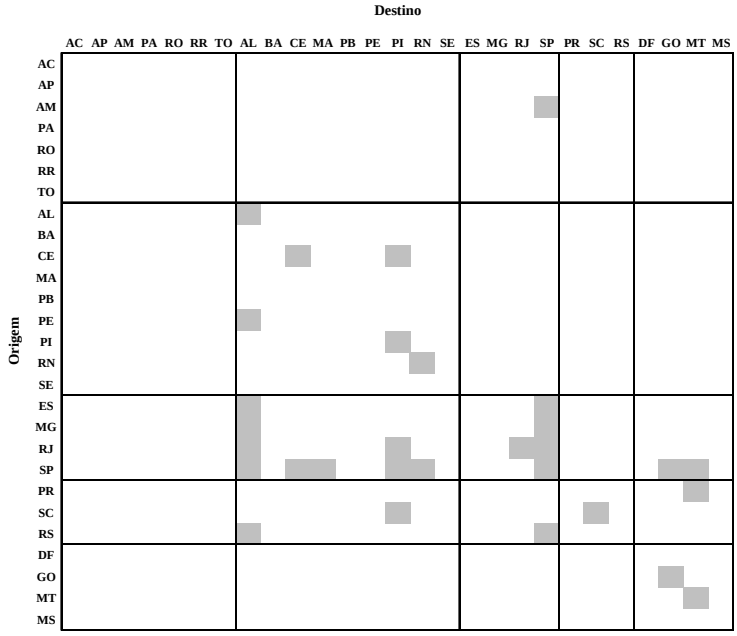


Figura 4.13. Ligações de Transporte Interestaduais Analiticamente mais Importantes para o Crescimento no Longo Prazo do PIB da Região Norte

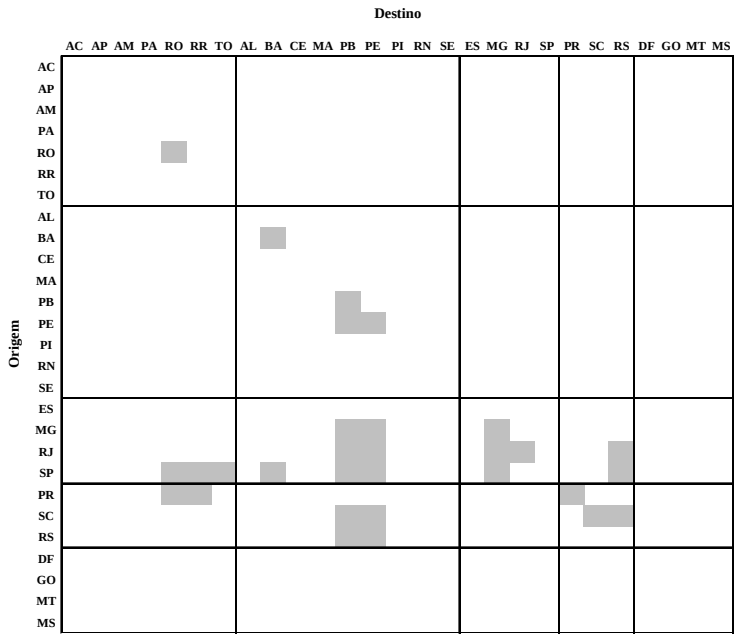


Figura 4.14. Ligações de Transporte Interestaduais Analiticamente mais Importantes para o Crescimento no Longo Prazo do PIB da Região Nordeste

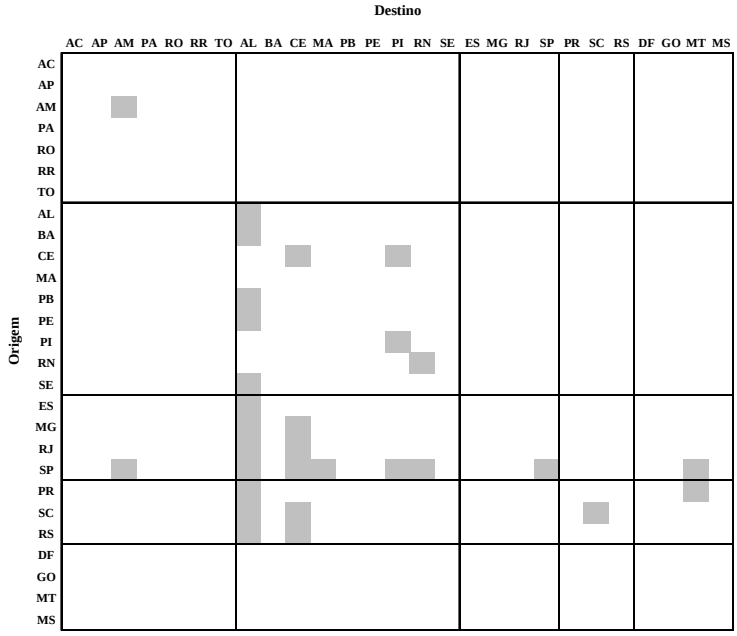


Figura 4.15. Ligações de Transporte Interestaduais Analiticamente mais Importantes para o Crescimento no Longo Prazo do PIB da Região Sudeste

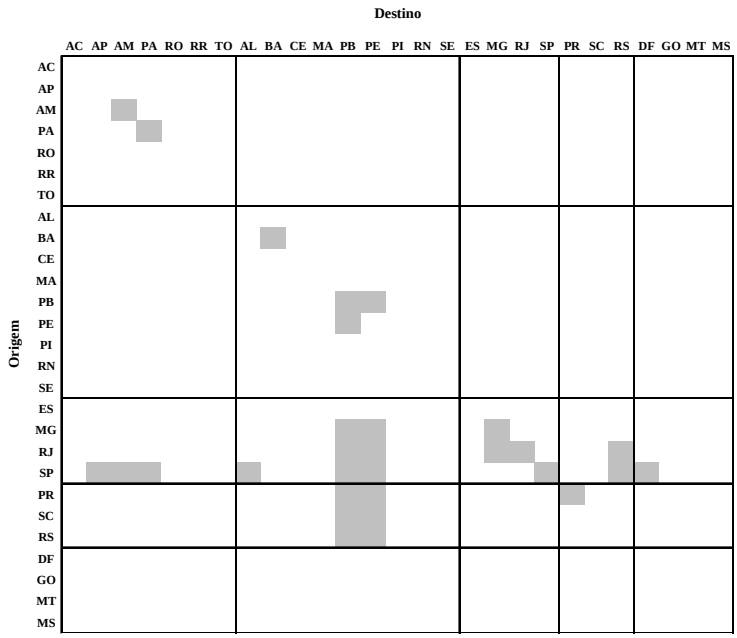


Figura 4.16. Ligações de Transporte Interestaduais Analiticamente mais Importantes para o Crescimento no Longo Prazo do PIB da Região Sul

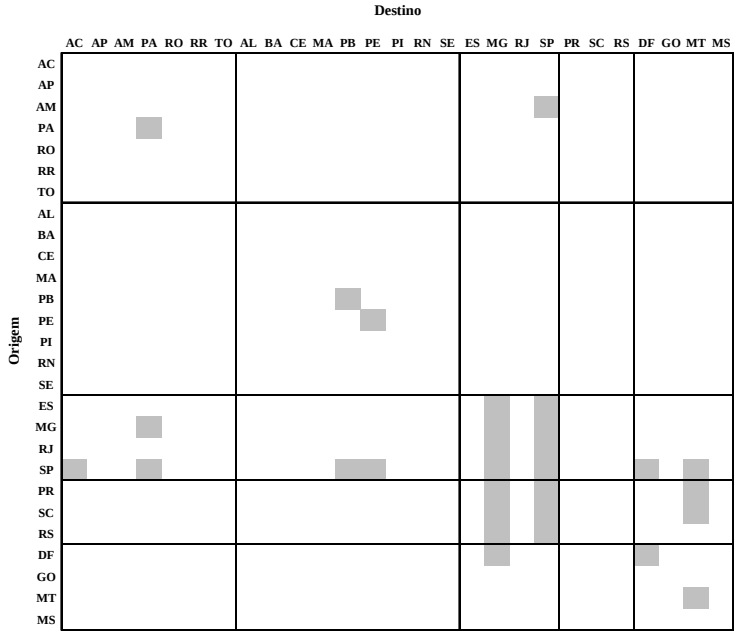


Figura 4.17. Ligações de Transporte Interestaduais Analiticamente mais Importantes para o Crescimento no Longo Prazo do PIB da Região Centro-oeste

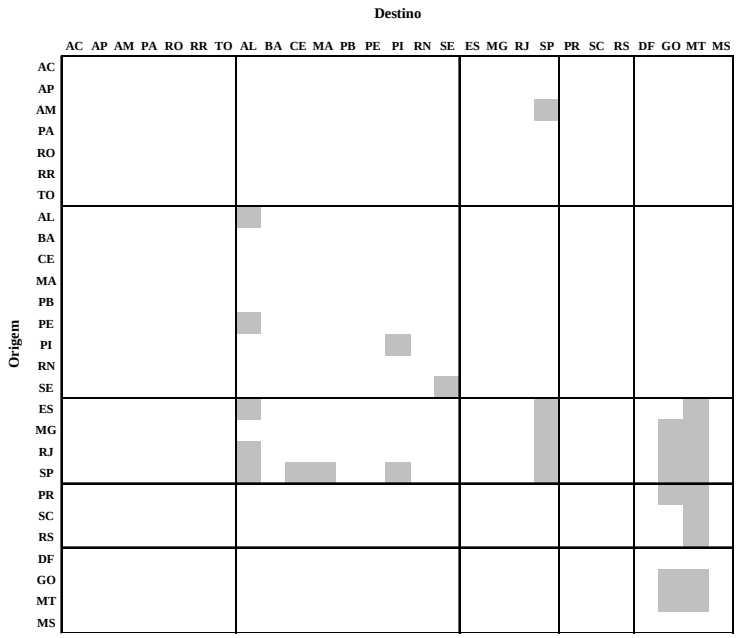
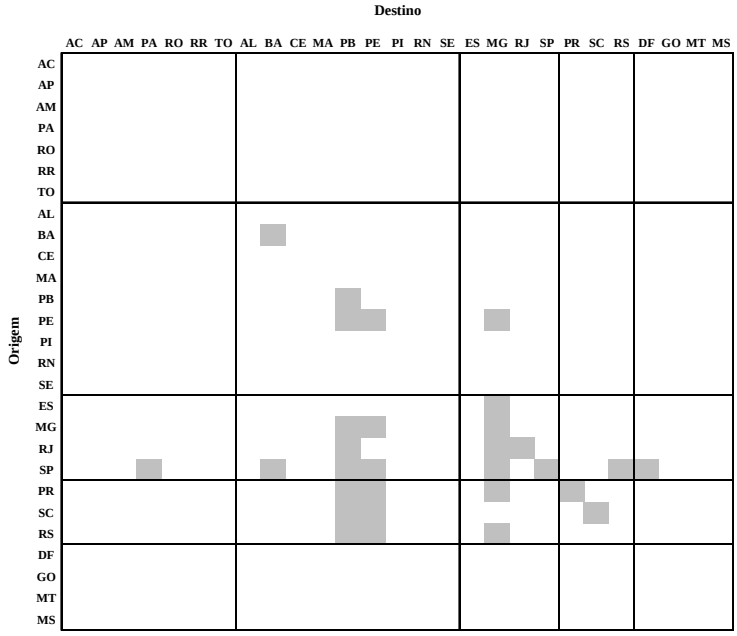
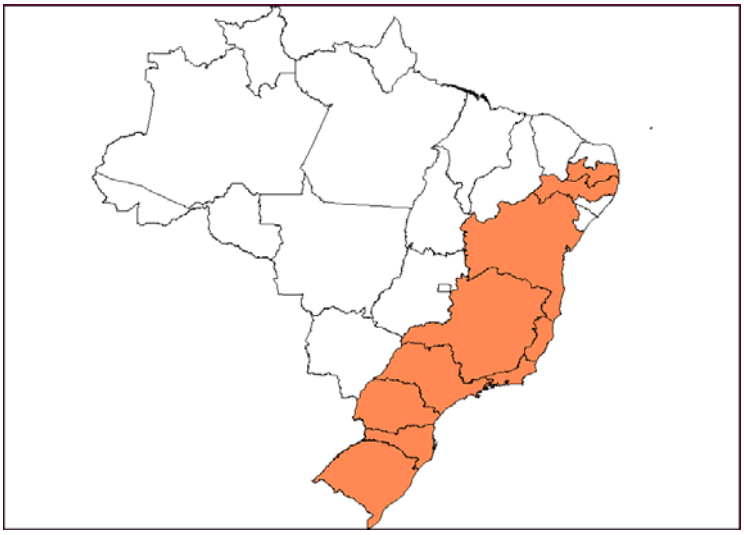


Figura 4.18. Ligações de Transporte Interestaduais Analiticamente mais Importantes para o Crescimento no Longo Prazo do PIB Nacional



A análise precedente ainda pode ser rebatida em uma dimensão espacial mais apropriada para fins de políticas de transporte, uma vez que cada elo de ligação entre dois estados pode ser traduzido em ligações de transporte georreferenciadas. Consideremos o caso do aumento da eficiência sistêmica como objetivo de política (Figura 4.18). Se considerarmos as trinta ligações mais relevantes para o aumento do PIB real no longo prazo, vinte oito delas encontram-se espacialmente concentradas em uma porção oriental do País que inclui os seguintes estados: Paraíba, Pernambuco, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Mapa 4.4).

Mapa 4.4. Estados Relacionados às Ligações de Transporte Analiticamente mais Relevantes para o Aumento da Competitividade Sistêmica do Brasil



Considerando-se apenas os eixos de transporte estruturais (corredores de transporte) da malha rodoviária existente, as rodovias federais longitudinais[35] são candidatas a ligações físicas de transporte relevantes para a competitividade sistêmica no Brasil. Os estados

[35] As rodovias federais são classificadas em radiais, longitudinais, transversais, diagonais e de ligação.

mencionados encontram-se na “área de influência direta” de duas delas: a BR-101, que se estende do Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, seguindo o contorno do litoral brasileiro, e a BR-116, cujo traçado começa no Ceará, chegando até o Rio Grande do Sul (Mapas 4.5). Um estudo mais detalhado destas rodovias seria o próximo passo para se buscar possibilidades de políticas de transporte com o objetivo de crescimento nacional no contexto da estrutura espacial existente no Brasil.

Mapas 4.5. Rodovias Federais Selecionadas

Rodovia BR-101

Rodovia BR-116

Fonte: Ministério dos Transportes (www.transportes.gov.br)

4.3. Epílogo: Reaching the Planner

Concluímos o segundo capítulo desta Tese mencionando a necessidade de colocar modelos IEGC à prova, utilizando-os dentro do processo de planejamento e de avaliação de políticas públicas. Nesta seção, ilustraremos a capacitação analítica do instrumental desenvolvido para a avaliação de projetos de transporte específicos. O estudo de caso escolhido refere-se ao projeto de duplicação da rodovia federal BR-381/MG/SP – Fernão Dias – no trecho entre Belo Horizonte e São Paulo. A análise subseqüente sugere uma estratégia de utilização do instrumental desenvolvido nesta Tese para a avaliação deste projeto em um contexto sistêmico, em sua etapa de operação. Os impactos da etapa de implantação do projeto não serão contemplados neste exercício ilustrativo. O objetivo é explorar as características do modelo integrado na fase de simulação e não fazer uma avaliação sistemática do projeto, pois fugiria do escopo deste trabalho. Avaliaremos os impactos sobre o crescimento econômico associado a ganhos de produtividade regional e nacional, além de considerações sobre bem-estar.

As características do projeto, atualmente em fase de conclusão, estão detalhadas em documento do Ministério dos Transportes (1993). As linhas mestras que justificaram a escolha da duplicação da Rodovia BR-381 fundamentaram-se na posição estratégica do eixo viário em que se insere no cenário nacional, constituindo-se no grande corredor de transporte das regiões mais dinâmicas do País.

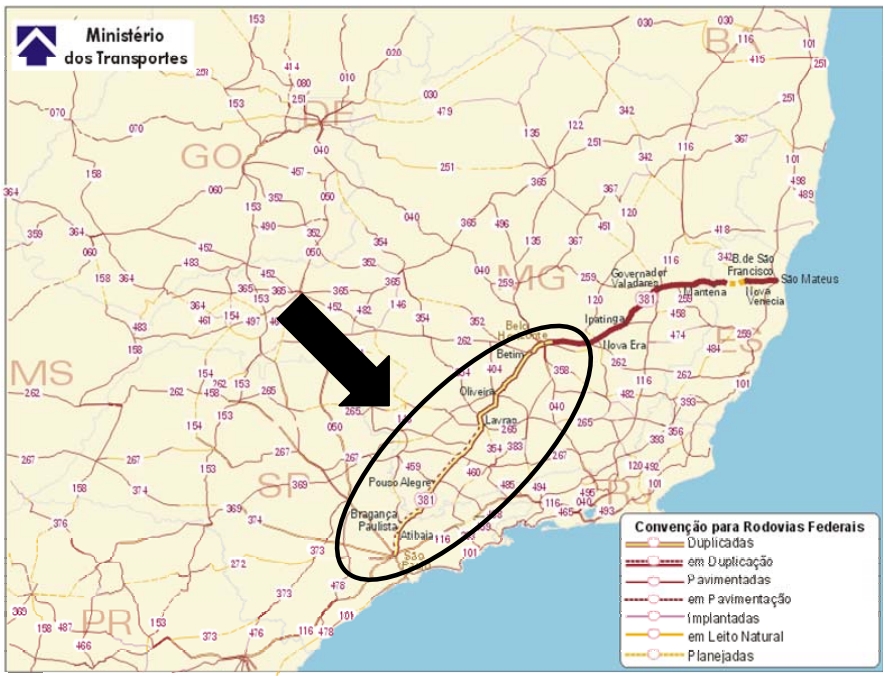
Com uma extensão de 563 km, entre Belo Horizonte e São Paulo, o projeto consistia na duplicação da via existente, distribuindo-se em: projeto de restauração da pista existente,

projeto de implantação, e pavimentação da pista adicional ou de segmentos novos em pista dupla. O programa de execução da obra previa, inicialmente, duas fases, definidas a partir da utilização de um critério de seleção dos trechos que demonstrou que os maiores obstáculos para a operação do tráfego encontravam-se próximos às áreas urbanas de Belo Horizonte e São Paulo. Assim, considerou-se, na 1ª fase do projeto, a duplicação de 217 km da pista, iniciados em Belo Horizonte e chegando a Lavras, e dos 53 km iniciais a partir da capital paulista. A 2ª fase consideraria os 293 km restantes. Os custos totais da 1ª e 2ª fase do programa foram calculados em US$ 534 milhões e US$ 446 milhões, respectivamente.[36]

Considerando a situação das obras em 1996/1997, a 1ª fase do projeto encontrava-se praticamente concluída (Mapa 4.6), cujos benefícios já estariam contemplados na calibragem inicial do modelo IEGC. Sendo assim, utilizaremos os parâmetros definidos para a 2ª fase da obra de duplicação da BR-381 para efetuarmos nosso exercício de simulação.

[36] Valores de dezembro de 1992 (R$ 574.22 milhões de 1996 e R$ 479.59 milhões de 1996, respectivamente).

Mapa 4.6. Rodovia BR-381: Trecho Duplicado



Fonte: Ministério dos Transportes (www.transportes.gov.br)

4.3.1. Simulação com o modelo de transporte

O cálculo da matriz de tempos mínimos de viagem entre as capitais brasileiras, considerando as obras de duplicação da Fernão Dias, é feito através de simulações em que se atribui velocidade máxima, em toda a extensão da rodovia a ser duplicada, igual à velocidade máxima de uma rodovia de pista duplicada, a saber, 110 km/h. Simula-se, então, o tempo de viagem gasto partindo-se de cada capital estadual com destino às demais capitais, o que é exposto em uma matriz quadrada de ordem $n = 27$.

No processo de calibragem do modelo, obtivéramos uma matriz de referência para os tempos mínimos de viagem, em horas, de uma capital para outra, segundo as condições

existentes na rede rodoviária no país caracterizadas no banco de dados georreferenciados. Apenas em seguida foram estimados os novos tempos para as alterações, em cada trecho, e comparados com os tempos base. Sendo assim, ao considerarmos a rodovia Fernão Dias inteiramente duplicada, com velocidade máxima de 110 km/h, o tempo de viagem da capital paulista para a capital mineira se reduz de algo em torno de sete para algo em torno de cinco horas. Mas não é só o tempo de viagem entre Belo Horizonte e São Paulo que se altera. Melhor acessibilidade também é percebida nas ligações entre estados do Nordeste e do Sul, por exemplo, cujos fluxos de comércio utilizam o trecho rodoviário em análise. Este ganho de tempo deve ser traduzido, então, em uma redução do custo de transporte interestadual. Assim, ao calcularmos os efeitos das diversas alterações sobre o tempo de viagem entre as capitais, traduzidos em reduções de custo de transporte, podemos alimentar o modelo IEGC e avaliar os impactos econômicos espaciais.

4.3.2. Simulação com o modelo IEGC

Como mencionado no capítulo anterior, antes da operacionalização das simulações deste trabalho, uma simulação inicial foi feita para calibrar a matriz de distâncias mínimas de acordo com as diferenças qualitativas dos trechos rodoviários. Este procedimento foi feito comparando uma matriz de tempo gerada com parâmetros uniformes de velocidade máxima por trecho à matriz de tempo com os parâmetros calibrados de velocidade máxima no modelo de transporte. A idéia por trás deste procedimento foi a de conceber uma interface entre as distâncias temporais e as distâncias euclidianas, que entram na função de custo utilizada como ligação entre os modelos.

Após uma intervenção física na malha rodoviária (e.g. duplicação da BR-381), gera-se uma nova matriz de distâncias euclidianas a partir das relações entre alterações de tempos mínimos e a matriz de distância calibrada. Com esta matriz, podemos calcular os novos custos de transporte por trecho e compará-los aos custos de referência, gerando uma matriz de choques (Tabela 4.20).[37] Este procedimento é válido somente para o cálculo de mudanças de custo de transporte inter-regional. Alterações de custo de transporte intra-regional devem ser definidas de maneira alternativa. No caso da simulação dos impactos da duplicação da Fernão Dias, não introduzimos nenhum procedimento adicional para a definição dos choques de redução de custo intra-estadual, referentes aos fluxos dentro de Minas Gerais e de São Paulo. Destarte, os resultados das simulações referem-se apenas aos efeitos de redução dos custos de transporte associados a fluxos de comércio interestaduais.

Tabela 4.20. Matriz de Choques dos Componentes da Variável *amarg_i(s,q,r)
(em variação percentual)**

		Destino												
		AL	BA	CE	PB	PE	RN	SE	MG	SP	PR	SC	RS	MS
Origem	AL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.807	-0.713	-0.627	-0.558	0.000
	BA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-1.049	-0.842	-0.770	-0.670	0.000
	CE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.666	-0.588	-0.525	-0.476	0.000
	PB	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.706	-0.635	-0.564	-0.507	0.000
	PE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.757	-0.657	-0.600	-0.538	0.000
	RN	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.670	-0.606	-0.541	-0.488	0.000
	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.901	-0.760	-0.702	-0.619	0.000
	MG	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-18.233	-10.688	-8.154	-6.242	-0.227
	SP	-0.807	-1.049	-0.666	-0.706	-0.757	-0.670	-0.901	-18.233	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	PR	-0.713	-0.842	-0.588	-0.635	-0.657	-0.606	-0.760	-10.688	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SC	-0.627	-0.770	-0.525	-0.564	-0.600	-0.541	-0.702	-8.154	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	RS	-0.558	-0.670	-0.476	-0.507	-0.538	-0.488	-0.619	-6.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	MS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.227	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

* Observação: *r* = serviços de transporte

[37] A função de custo utilizada é a mesma função de tarifa de transporte rodoviário de carga utilizada no processo de calibragem do modelo.

4.3.3. Resultados

O modelo B-MARIA-27 foi utilizado para estimar os impactos de curto prazo e longo prazo da 2ª fase da obra de duplicação da BR-318, durante seu período de operação. Os principais resultados são discutidos a seguir.

4.3.3.1. Produtividade marginal dos investimentos

Existem vários critérios parciais que podem ser utilizados para analisar e avaliar alternativas de projetos de investimentos. De acordo com o **enfoque da produtividade marginal dos investimentos**, procura-se maximizar o produto nacional ou regional, a produtividade marginal dos investimentos (ou de outros recursos escassos) em diferentes aplicações ou projetos; este enfoque para a seleção de projetos não é usualmente utilizado, entre outros motivos, por causa das dificuldades de se quantificar o produto marginal atribuível a um dado fator de produção em determinada utilização (Haddad, 2000). A utilização do modelo B-MARIA-27 apresenta-se como alternativa metodológica para preencher esta lacuna.[38]

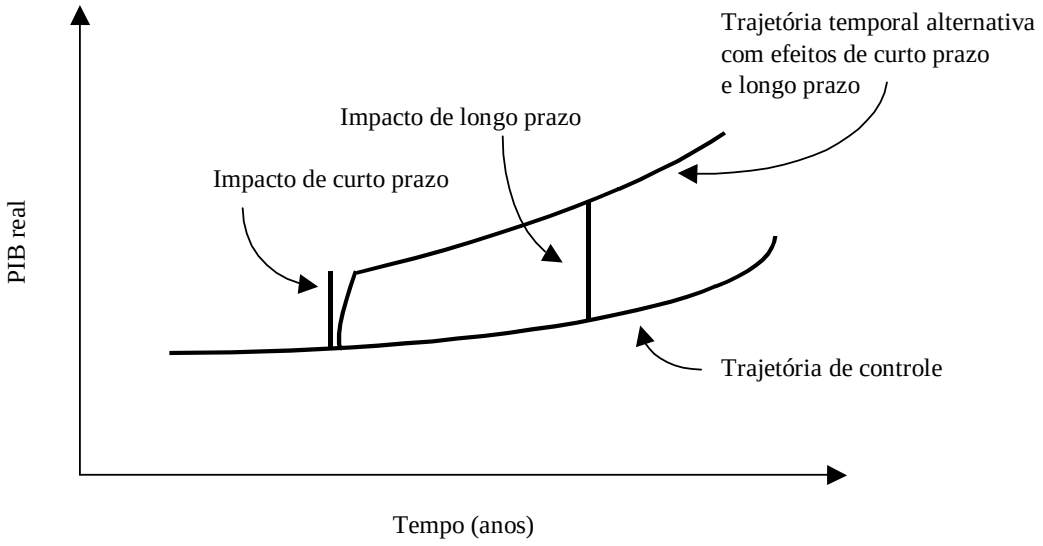
Em termos agregados, os investimentos em questão, em sua fase de operação, possuem um impacto potencial sobre o crescimento nacional: variação de 0.0046% do PIB real nacional (equivalente a R$ 38.4 milhões) no curto prazo, e 0.0261% (R$ 215.9 milhões), no longo prazo. Uma interpretação "temporal" alternativa dos resultados de simulações de estática comparativa baseia-se nas características intrínsecas dos experimentos. Como discutido no

[38] Ilustraremos com o caso do produto nacional.

segundo capítulo, o que se faz, essencialmente, em uma simulação com um modelo EGC é partir de um equilíbrio inicial do fluxo de renda da economia (*benchmark*), representado numericamente pela MCS, e, após uma perturbação exógena, chegar a outro equilíbrio – uma versão atualizada da MCS original. Os resultados da simulação referem-se a comparações entre os dois equilíbrios. Como, em nosso modelo, os fluxos são anuais, podemos interpretar a diferença resultante do ajuste aos choques como uma variação no fluxo de renda da economia em um ano típico de operação da rodovia duplicada, representando um desvio de uma trajetória de controle subjacente, no caso apenas hipotética ou irrealista (Figura 4.19). A questão que se coloca, contudo, refere-se aos mecanismos de ajustamento relevantes para tal interpretação. Em nossas simulações, adotamos dois fechamentos que espelham mecanismos de ajustamento da economia relacionados a diferentes hipóteses de adaptação dos mercados de fatores. Sendo assim, podemos considerar o fechamento de curto prazo, mais restritivo, como uma possibilidade de resposta da economia nos primeiros anos de operação do projeto, e o fechamento de longo prazo, mais flexível, como um resultado mais provável em anos futuros.[39]

[39] Peter *et al*. (1996) reportam estudos econométricos que reforçam tal sugestão.

Figura 4.19. Interpretação Alternativa dos Resultados de Simulações de Estática Comparativa: Trajetória de Controle Hipotética



Podemos utilizar os resultados de estática comparativa para projetar o fluxo marginal de riquezas na economia. Para tanto, necessitamos de informações adicionais sobra a vida útil do projeto. De acordo com o documento do Ministério dos Transportes (1993), o pavimento foi dimensionado para o período de 20 anos. Utilizando este parâmetro, calculamos o valor presente (VP) de um fluxo marginal do PIB, contínuo e constante ao longo do período (Figura 4.20), sob taxas de desconto de 3%, 5% e 8%.[40] Os valores utilizados referem-se aos efeitos das simulações de curto prazo e longo prazo, em R$ milhões de 1996. As estimativas são reportadas nas Tabela 4.21 e 4.22, que incluem o VP dos fluxos marginais do PIB e, também, um indicador da produtividade marginal dos investimentos (PMI), calculado como a razão entre o VP dos fluxos marginais do PIB e o valor do investimento.

[40] Uma possibilidade de geração de resultados temporais com o modelo B-MARIA-27 seria a operacionalização de um fechamento de projeção.

Figura 4.20. Trajetórias Temporais Alternativas do PIB Nacional

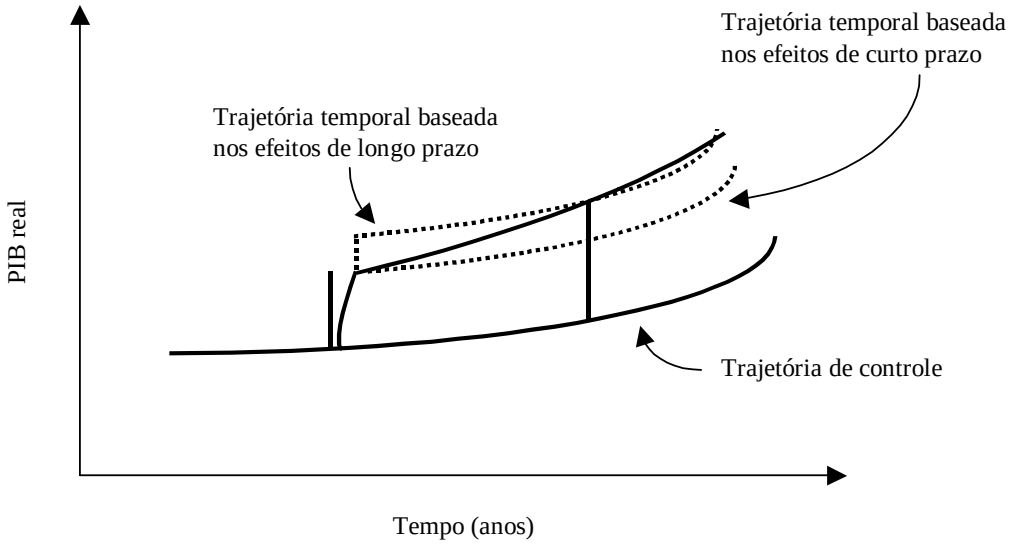


Tabela 4.21. Critérios Parciais para Avaliação do Projeto da Duplicação da BR-381: VP dos Fluxos Marginais do PIB na Fase de Operação (em R$ milhões de 1996)

	Curto prazo	*Longo prazo*
VP (3%)	609.09	3,428.62
VP (5%)	516.43	2,907.06
VP (8%)	415.00	2,336.09

Observação: Valor do investimento = R$ 479.59 milhões

Tabela 4.22. Critérios Parciais para Avaliação do Projeto da Duplicação da BR-381: Produtividade Marginal dos Investimentos na Fase de Operação[41]

	Curto prazo	*Longo prazo*
PMI (3%)	1.27	7.15
PMI (5%)	1.08	6.06
PMI (8%)	0.87	4.87

Observação: Valor do investimento = R$ 479.5 milhões

[41] O inverso desta relação refere-se à relação incremental capital-produto, que nos informa sobre o nível de investimento necessário para gerar uma unidade adicional do produto.

Os resultados demonstram que a produtividade marginal do projeto é magnificada no longo prazo. À medida que o projeto amadurece, os ganhos de produtividade tornam-se maiores, pois há uma complementaridade entre os investimentos em transporte e a atração de investimentos privados, relação captada no modelo através do ajustamento do estoque de capital da economia, no longo prazo. Os indicadores aqui definidos tornam-se bastante úteis em um contexto de avaliação de projetos alternativos: neste caso, a escolha deveria recair naquele com maior PMI. Vale notar que outros indicadores parciais para avaliação de projetos podem ser derivados a partir dos resultados do modelo.

4.3.3.2. Impactos espaciais

Os Mapas 4.7 a 4.10 apresentam os impactos estaduais, de curto prazo e longo prazo, sobre eficiência e bem-estar. Na leitura dos mapas, cores quentes (laranja e vermelho) representam valores acima da média, com a gradação das cores variando de acordo com o número de desvios-padrão acima da média apresentado pelos resultados estaduais, enquanto cores frias (tonalidades de azul) representam os valores abaixo da média, também com a gradação relacionada a número de desvios-padrão. Cores mais fortes representam *outliers*.

Os resultados para o curto prazo (Mapas 4.7 e 4.8) representam uma situação contra-factual caracterizada por mecanismos menos flexíveis de transmissão inter-regional, uma vez que a possibilidade de mobilidade de fatores entre regiões é excluída. Neste caso, os coeficientes

estruturais do modelo são os grandes responsáveis pelos ajustamentos da economia.[42] A grande maioria dos instrumentais analíticos utilizados para análise inter-regional de projetos de infra-estrutura espacial é calcada em especificações que sobre-valorizam o papel dos coeficientes estruturais das economias em análise (e.g. modelos de insumo-produto). Em geral, este tipo de abordagem pode ser considerado apropriado para análises de impacto de curto prazo, uma vez que efeitos de re-localização são menos relevantes. Entretanto, mesmo no curto prazo, especificações comportamentais são necessárias para captarmos efeitos-substituição relevantes.

Dentro da discussão levantada na introdução desta Tese (capítulo 1), a respeito da possibilidade de existência de formas intermediárias de espaço, custos de transporte elevados fariam com que os mercados de referência para economias regionais não abrangessem necessariamente a totalidade do espaço econômico nacional. No caso de Minas Gerais, parece haver uma interdependência competitiva mais forte com as economias orientais da região Nordeste, principalmente as mais industrializadas. Os resultados para o PIB real, em variação percentual, evidenciam esta característica, uma vez que o crescimento econômico de Minas Gerais se dá às expensas do crescimento daquelas economias, mesmo com um desempenho positivo das economias ocidentais do Nordeste e de Tocantins e Mato Grosso. No curto prazo, a economia mineira polariza os efeitos associados aos fluxos de insumos produtivos, ampliando sua área de mercado em detrimento não apenas das economias do Nordeste Oriental, mas também dos estados do

[42] Ver Haddad *et al*. (2002) para uma discussão detalhada no contexto dos modelos MONASH-MRF e B-MARIA.

Sul do País. Os resultados para o PIB real, em valores monetários, caracterizam a concentração nos estados que recebem os investimentos.

Em termos de bem-estar, no curto prazo, os resultados para a variação equivalente relativa revelam um impacto concentrado espacialmente, polarizado por Minas Gerais e São Paulo, apesar de São Paulo apresentar perdas de bem-estar. Neste sentido, a perda de bem-estar dos residentes paulistas é relativamente menor que nos demais estados da Federação, o que lhe proporciona um desempenho, mesmo assim, superior à média nacional.

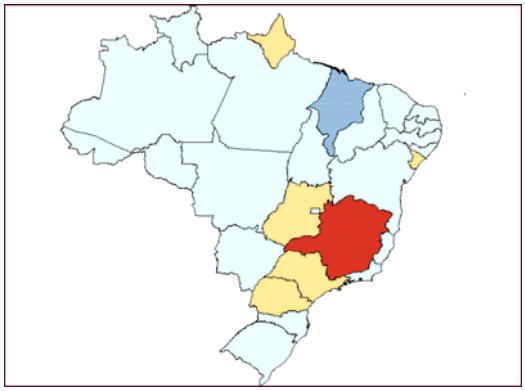
No longo prazo (Mapas 4.9 e 4.10), os parâmetros comportamentais passam a ter um papel mais importante no funcionamento do modelo. Efeitos de re-localização de capital e mão-de-obra operam no sentido de definir uma nova geografia de ganhadores e perdedores. O estado de São Paulo desponta-se como principal economia de atração da atividade econômica, concorrendo diretamente com Minas Gerais e seus concorrentes espaciais no Nordeste. O resultado é a re-localização de atividades em direção a São Paulo, que acaba beneficiando as economias integradas ao mercado paulista de consumo de bens finais, principalmente Amazonas, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Mapas 4.7. Resultados Estaduais: PIB Real, Curto Prazo

Variação percentual | *R$ milhões*

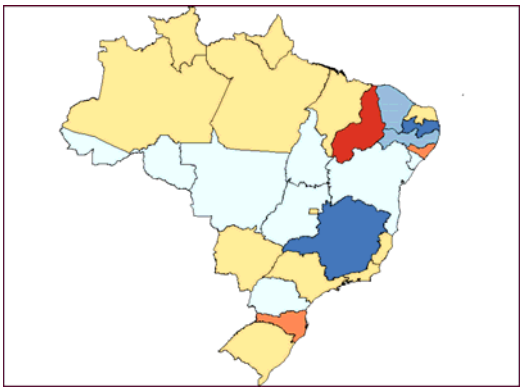
Mapas 4.8. Resultados Estaduais: Bem-estar, Curto Prazo

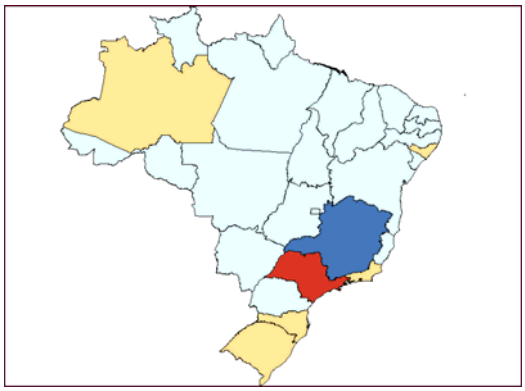
Variação equivalente | *Variação equivalente relativa*



Mapas 4.9. Resultados Estaduais: PIB Real, Longo Prazo

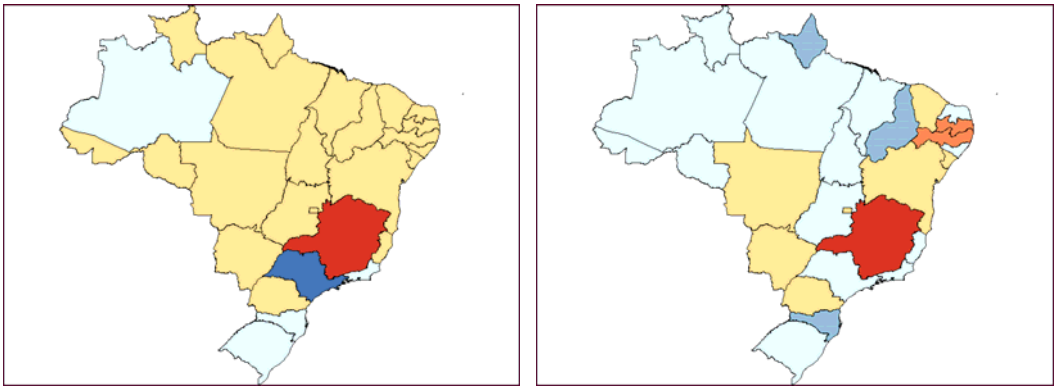
Variação percentual | *R$ milhões*





Mapas 4.10. Resultados Estaduais: Bem-estar, Longo Prazo

Variação equivalente *Variação equivalente relativa*

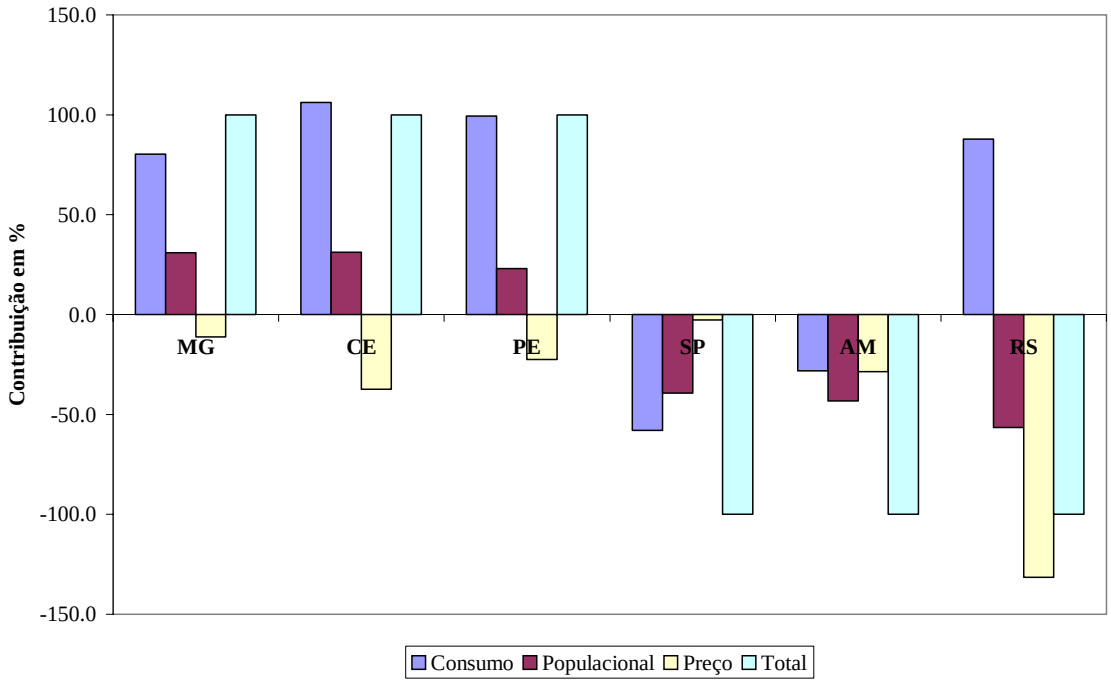


Não obstante, parece haver um efeito compensatório – via migração – que gera ganhos de bem-estar para as economias menos favorecidas em relação ao crescimento do PIB real. De acordo com a especificação do modelo, o efeito de bem-estar pode ser decomposto em três componentes: a) componente preço (preços maiores reduzem a utilidade); b) componente populacional (crescimento demográfico implica em menor utilidade per capita); e c) componente de consumo acima de subsistência. No longo prazo, o componente preço afeta negativamente todas as economias, uma vez que, na simulação, o efeito atividade mais forte aquece a demanda, elevando preços mais que proporcionalmente para superar as reduções provocadas pela queda dos custos de transporte. O principal mecanismo que define os efeitos líquidos passa a ser os movimentos demográficos, que implicam em fluxos migratórios líquidos positivos e negativos que afetam negativamente e positivamente os demais componentes.[43] Outro mecanismo relevante refere-se à formação da renda disponível das famílias, com implicações diretas sobre o componente consumo. A Figura

[43] Na especificação do modelo, o consumo de subsistência cresce com a população residente.

4.21 apresenta, para estados selecionados, a decomposição da variação equivalente, no longo prazo, considerando a contribuição dos componentes mencionados.

Figura 4.21. Decomposição dos Resultados de Bem-estar (EV): Estados Selecionados (em % do total)



5. Conclusão

O objetivo desta Tese foi buscar soluções metodológicas inovadoras para lidar com retornos crescentes de escala e custos de transporte, principais pilares da NGE, em modelos espaciais de equilíbrio geral, aplicados para economias reais. A metodologia proposta integrou um modelo IEGC a um modelo de transporte georreferenciado, alcançando satisfatoriamente nosso objetivo. O sistema integrado de modelagem foi utilizado para ilustrar as potencialidades do método, através de aplicações que permitiram dialogar com teóricos da NGE e formuladores de política envolvidos no processo de planejamento regional.

A discussão acerca do estado-da-arte no desenvolvimento de modelos IEGC situou o modelo B-MARIA-27 em um contexto de pesquisa mais amplo, permitindo-se enfatizar os avanços metodológicos presentes em sua especificação. Dentre os principais avanços alcançados, cabe destacar a incorporação de retornos não-constantes nas funções de produção regionais e a modelagem explícita de custo de transporte.

No primeiro caso, uma abordagem paramétrica foi considerada, visando a introduzir parâmetros de economias de escala no grupo de equações relativas a demandas e preços de fatores primários, dentro de uma estrutura de produção aninhada. Estimativas econométricas foram ajustadas para as formas funcionais do modelo, permitindo analisar, de forma sistemática, as implicações da introdução de retornos não-constantes para o funcionamento do modelo. Os principais resultados sugerem que, no sistema inter-regional

brasileiro, caracterizado por uma relação centro-periferia, em que São Paulo se destaca como região central, caracterizada pela presença de economias de aglomeração no nível regional, a economia paulista (central) pode se beneficiar de melhorias no sistema de transporte explorando economias de escala, o que confirmou as expectativas teóricas. Além disso, outro resultado interessante revela que o papel de retornos crescentes parece ser mais relevante em condições de ofertas mais flexíveis, uma vez que sua contribuição para os resultados de longo prazo mostrou-se mais acentuada.

No caso da modelagem de custos de transporte, a estratégia adotada considerou os apelos teóricos mais sólidos e consistentes da inclusão de um setor de transporte regional no modelo IEGC, e um conjunto de informações mais detalhadas sobre a infra-estrutura de transporte do sistema inter-regional, explicitadas através de um modelo de transporte integrado ao modelo IEGC. A integração dos modelos representa uma abordagem unificada que nos permitiu analisar o papel da infra-estrutura de transporte na alocação espacial dos recursos. A modelagem explícita de custos de transporte, em um modelo IEGC integrado a um modelo de transporte georreferenciado, permitiu-nos também avaliar, sob uma perspectiva macro-espacial, os efeitos econômicos de projetos ou programas de transporte específicos. Esta possibilidade analítica proporcionou um instrumental extremamente poderoso para auxiliar o processo de definição de projetos prioritários, com ênfase na focalização espacial, que objetivem otimizar o valor dos benefícios do desenvolvimento econômico regional.

Outros avanços metodológicos, de menor alcance teórico, referem-se às considerações acerca das propriedades da função utilidade para definir uma medida de bem-estar, à

ligação potencial do modelo B-MARIA-27 com o setor financeiro através do mercado de crédito, e à interpretação alternativa dos resultados de simulações de estática comparativa.

No processo de implementação do modelo, merece destaque o cuidado especial dado ao tratamento dos parâmetros-chave. Sempre que possível, estimativas econométricas consistentes com as formas funcionais do modelo foram efetuadas, proporcionando as estimativas pontuais necessárias para calibragem, bem como desvios-padrão para uso posterior em exercícios de análise de sensibilidade sistemática.

As aplicações ilustrativas do modelo B-MARIA-27 exploraram suas potencialidades analíticas para lidar com questões relacionadas ao sistema de transporte e suas relações com o espaço econômico. Inicialmente, as propriedades do modelo foram exploradas em um conjunto de simulações consistindo na redução generalizada dos custos de transporte entre e dentro das regiões brasileiras, considerando dois ambientes econômicos (fechamentos), refletindo o curto prazo e o longo prazo. A idéia foi avaliar os ganhos potenciais de eficiência sistêmica associados a ganhos de qualidade da infra-estrutura de apoio às atividades econômicas, notadamente da infra-estrutura de transporte.

Os principais resultados apontam para uma “armadilha espacial” polarizada pelo centro de gravidade da economia do País. Em outras palavras, a posição central do estado de São Paulo e de seu entorno ainda exerce forte influência sobre os processos espaciais da economia brasileira. No curto prazo, esta influência faz-se notar através do papel da economia paulista como ponto focal de convergência de acessibilidade que otimiza bem-estar e eficiência das economias periféricas. Ganhos de bem-estar regional, assim como

ganhos de eficiência regional, estão fortemente associados à melhor acessibilidade aos mercados do Sudeste, principalmente São Paulo; além disso, em termos de eficiência sistêmica, a redução dos custos de transação entre estados do Sudeste e do Sul, que apresentam a possibilidade de exploração de retornos crescentes de escala, mostrou-se como principal mecanismo para alavancar o crescimento nacional. No longo prazo, efeitos de re-localização, associados à ampliação de mercados de regiões dinâmicas, parecem reforçar a concentração das atividades econômicas.

Deve-se ressaltar que os resultados alcançados neste trabalho apresentam as limitações estruturais inerentes a modelos EGC de maneira mais ampla, que merecem ser explicitadas novamente. Como discutido no capítulo 2, estes modelos conseguem capturar apenas os efeitos associados à chamada "questão do efeito estático" de uma mudança de política; ou seja, **dada a estrutura da economia em questão**, análises de impacto podem ser feitas em um arcabouço de estática comparativa. Mudanças estruturais devem ser entendidas apenas como re-alocação de recursos no espaço econômico. A "questão da trajetória temporal dinâmica", que envolve temas tais como tecnologia, aprendizado, externalidades e economia política, faz parte do núcleo conceitual de mudanças estruturais, mas não é incorporada em nossos resultados. Até que ponto esta "armadilha espacial" da economia brasileira, revelada em nosso estudo (e em outros estudos revisados nesta Tese), refere-se a uma "armadilha estrutural" dos métodos empregados permanece uma questão a ser perseguida.

A agenda de pesquisa que se coloca é ainda mais ampla. As potencialidades analíticas do método, demonstradas ao longo do trabalho, abrem espaço para aplicações específicas e

genéricas. Análises de impacto de intervenções espaciais específicas (e.g. duplicação de trechos de rodovia, implantação de pedágios, pavimentação, etc.), como a ilustrada no caso do estudo da duplicação da BR-381, colocam-se como principal tipo de aplicação potencial do modelo. Além disso, outras aplicações específicas podem ser vislumbradas para se considerar, por exemplo, o valor de existência de uma rodovia, ou mesmo o efeito de eventos inesperados (e.g. terremotos, enchentes, etc.) que gerem destruição/bloqueio de trechos rodoviários específicos.

Para o enriquecimento da análise, duas extensões devem ser consideradas: o tratamento da informação espacial e a introdução da multimodalidade. No primeiro caso, uma regionalização mais fina permitirá que se considerem explicitamente efeitos intra-estaduais e de regiões de fronteira, de maneira apropriada. No segundo caso, uma vez que haja informações sobre o transporte multimodal, o modelo B-MARIA-27 está plenamente capacitado para simular experimentos de políticas de transporte em um ambiente de multimodalidade.

As aplicações genéricas do modelo IEGC também apresentam um grande potencial. O modelo B-MARIA-27 é um modelo bastante flexível, sendo sua utilização recomendada para avaliação de impactos regionais de políticas econômicas que, de alguma forma, alterem os preços relativos do sistema. A experiência com o modelo original, B-MARIA, mostra-se bastante estimulante para sua utilização futura em aplicações diversas. A disseminação completa do modelo, em CD anexo, tratado aqui como um bem público para a comunidade acadêmica e de usuários de modelos IEGC, potencializa sua utilização e seu desenvolvimento futuro e aprimoramento.

Em resumo, esta Tese apresentou uma exploração da economia brasileira utilizando um modelo IEGC, em que se propôs libertar-se das amarras do paradigma de modelagem de competição perfeita. O processo encontra-se em andamento e o caminho é bastante custoso: tentativas de lidar explicitamente com retornos não-constantes de escala, fenômenos de aglomeração e centro-periferia, imperfeições de mercado e custos de transporte apresentam grandes desafios metodológicos, tornando o tratamento unificado destas questões uma árdua incumbência.

Entretanto, os resultados desta Tese são bastante encorajadores, mostrando que as dificuldades que se colocam não são intransponíveis. As contestações do paradigma de equilíbrio competitivo em economias espaciais, levantadas pela NGE, ainda devem ser testadas mais amplamente. O presente trabalho oferece uma abordagem metodológica para reduzir o hiato entre aspectos teóricos e aplicações empíricas. A economia brasileira, que possui características tanto de países desenvolvidos como de países em desenvolvimento, apresenta um desafio adicional: a não-uniformidade da distribuição espacial das atividades e da população, as disparidades de bem-estar entre os estados e a presença de uma economia hegemônica, no estado de São Paulo, que restringem as possibilidades analíticas de modelos IEGC tradicionais.

Os resultados demonstram que é possível lidar com retornos crescentes de escala e custos de transporte em um sistema inter-regional integrado, aplicado para uma economia real, para endereçar questões teóricas associadas aos impactos assimétricos de investimentos de transporte e abordar problemas empíricos relacionados a formas funcionais mais flexíveis,

integração de modelos, incertezas sobre dados e estimativas de parâmetros, de maneira tratável e defensável do ponto de vista teórico. Esta Tese oferece, assim, uma perspectiva bastante promissora, sugerindo que, talvez, tenha chegado o momento de se fazer uma pausa para se considerar de maneira sistemática o estado-da-arte em modelagem EGC para economias multi-regionais (espaciais) e perseguir, então, algumas das linhas de pesquisa incitadas por este trabalho.

Anexo 1. Especificação do Núcleo Central do Modelo B-MARIA-27

As formas funcionais dos principais grupos de equações do núcleo central do modelo IEGC são apresentadas neste anexo, juntamente com a definição dos principias grupos de variáveis, parâmetros e coeficientes.

A convenção utilizada para notação considera letras maiúsculas representando os níveis das variáveis, e letras minúsculas representando 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 no setor *j (1j)*, investidores no setor *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. Insumos são identificados por dois subscritos: o primeiro assume os valores $1, ..., g$, 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 (•) é empregado para indicar a soma em relação a um determinado índice.

Equações

(A1.1) Substituição entre bens de diferentes origens domésticas

$$x_{(i(1b))}^{(u)r} = x_{(i(1\bullet))}^{(u)r} - \sigma_{(i)}^{(u)r}(p_{(i(1b))}^{(u)r} - \sum_{l \in S^*}(V(i,1l,(u),r)/V(i,1\bullet,(u),r)(p_{(i(1l))}^{(u)r}))$$

$i = 1,...,g;\ b = 1,...,q;\ (u) = 3$ e (kj) para $k = 1$ e 2 e $j = 1,...,h; r = 1,...,R$

(A1.2) Substituição entre bens domésticos e importados

$$x_{(is)}^{(u)r} = x_{(i\bullet)}^{(u)r} - \sigma_{(i)}^{(u)r}(p_{(is)}^{(u)r} - \sum_{l=1\bullet,2}(V(i,l,(u),r)/V(i,\bullet,(u),r)(p_{(il)}^{(u)r}))$$

$i = 1,...,g;\ s = 1\bullet$ e 2; $(u) = 3$ e (kj) para $k = 1$ e 2 e $j = 1,...,h; r = 1,...,R$

(A1.3) Substituição entre mão-de-obra, capital e terra agrícola

$$x_{(g+1,s)}^{(1j)r} - a_{(g+1,s)}^{(1j)r} = \alpha_{(g+1,s)}^{(1j)r} x_{(g+1\bullet)}^{(1j)r} - \sigma_{(g+1)}^{(1j)r}\{p_{(g+1,s)}^{(1j)r} + a_{(g+1,s)}^{(1j)r}$$
$$- \sum_{l=1,2,3}(V(g+1,l,(1j),r)/V(g+1,\bullet,(1j),r))(p_{(g+1,l)}^{(1j)r} + a_{(g+1,l)}^{(1j)r})\}$$

$j = 1,...,h;\quad s = 1, 2$ e $3; r = 1,...,R$

(A1.4) Demanda setorial (produção e investimento) por bens compostos e fatores primários

$$x_{(i\bullet)}^{(u)r} = \mu_{(i\bullet)}^{(u)r} z^{(u)r} + a_{(i)}^{(u)r}$$

$u = (kj)$ para $k = 1, 2$ e $j = 1,...,h$
se $u = (1j)$ então $i = 1,...,g+2$
se $u = (2j)$ então $i = 1,...,g;$
$r = 1,...,R$

(A1.5) Demanda das famílias por bens compostos

$$V(i,\bullet,(3),r)(p_{(i\bullet)}^{(3)r} + x_{(i\bullet)}^{(3)r}) =$$
$$\gamma_{(i)}^{r} P_{(i\bullet)}^{(3)r} Q^{r}(p_{(i\bullet)}^{(3)r} + x_{(i\bullet)}^{(3)r}) + \beta_{(i)}^{r}(C^{r} - \sum_{j\in G}\gamma_{(j)}^{r} P_{(i\bullet)}^{(3)r} Q^{r}(p_{(i\bullet)}^{(3)r} + x_{(i\bullet)}^{(3)r}))$$
$$i = 1,\ldots,g;\ r = 1,\ldots,R$$

(A1.6) Composição da produção pelos setores

$$x_{(i1)}^{(0j)r} = z^{(1j)r} + \sigma^{(0j)r}(p_{(i1)}^{(0)r} - \sum_{t\in G}(Y(t,j,r)/Y(\bullet,j,r))p_{(t1)}^{(0)r})$$

$$j = 1,\ldots,h;\ \ \mathrm{i} = 1,\ldots,\mathrm{g};\ r = 1,\ldots,R$$

(A1.7) Impostos indiretos

$$t(\tau,i,s,(u)r) = f_{(\tau)} + f_{(\tau i)} + f_{(\tau i)}^{(u)} + f_{(\tau i)}^{(u)r},\quad i = 1,\ldots,g;\ \ s = 1b,2 \text{ para } b = 1,\ldots,q;\ \tau = 1,\ldots,t$$
$$(u) = (3),(4),(5),(6) \text{ e } (kj) \text{ para } k = 1,2;\ j = 1,\ldots,h$$
$$r = 1,\ldots,R$$

(A1.8) Preços ao consumidor relacionados aos preços básicos, margens (custos de transporte) e impostos

$$V(i,s,(u),r)p_{(is)}^{(u)r} = (B(i,s,(u),r) + \sum_{\tau\in T}T(\tau,i,s,(u),r))(p_{(is)}^{(0)} + t(\tau,i,s,u,r))$$
$$+ \sum_{m\in G}M(m,i,s,(u),r)p_{(m1)}^{(0)r},$$
$$i = 1,\ldots,g;\ (u) = (3),(4),(5),(6)$$
$$\text{e } (kj) \text{ para } k = 1,2 \text{ e } j = 1,\ldots,h;\ s = 1b,2 \text{ para } b = 1,\ldots,q$$
$$r = 1,\ldots,R$$

(A1.9) Demanda externa (exportações) por bens domésticos

$$(x_{(is)}^{(4)r} - fq_{(is)}^{(4)r}) = \eta_{(is)}^{r}(p_{(is)}^{(4)r} - e - fp_{(is)}^{(4)r}) \ , \qquad i = 1,...,g \ ; \ s = 1b, 2 \text{ para } b = 1,..., q; r = 1,..., R$$

(A1.10) Demanda dos governos regionais

$$x_{(is)}^{(5)r} = x_{(\bullet\bullet)}^{(3)r} + f_{(is)}^{(5)r} + f^{(5)r} + f^{(5)} \qquad i = 1,..., g; \ s = 1b, 2 \text{ para } b = 1,..., q; \text{r} = 1,..., \text{R}$$

(A1.11) Demanda do governo federal

$$x_{(is)}^{(6)r} = x_{(\bullet\bullet)}^{(3)\bullet} + f_{(is)}^{(6)r} + f^{(6)r} + f^{(6)} \qquad i = 1,..., g; \ s = 1b, 2 \text{ para } b = 1,..., q; \text{r} = 1,..., \text{R}$$

(A1.12) Demanda por margens

$$x_{(m1)}^{(is)(u)r} = \theta_{(is)}^{(u)r} x_{(is)}^{(u)r} + a_{(m1)}^{(is)(u)r}$$

$m, i = 1,..., g;$
$(u) = (3), (4b)$ para $b = 1,..., r, (5)$ e (kj) para $k = 1, 2;$
$j = 1,..., h; \ s = 1b, 2$ para $b = 1,..., r;$
$r = 1,..., R$

(A1.13) Demanda igual a oferta para bens domésticos

$$\sum_{j \in H} Y(l, j, r) x_{(l1)}^{(0j)r} = \sum_{u \in U} B(l, 1, (u), r) x_{(l1)}^{(u)r} + \sum_{i \in G} \sum_{s \in S} \sum_{u \in U} M(l, i, s, (u), r) x_{(l1)}^{(is)(u)r} \qquad l = 1,..., g; r = 1,..., R$$

(A1.14) Receita igual a custos dos setores

$$\sum_{l \in G} Y(l, j, r)(p_{(l1)}^{(0)r} + a_{(l1)}^{(0)r}) = \sum_{l \in G^*} \sum_{s \in S} V(l, s, (1j), r)(p_{(ls)}^{(1j)r}), \quad j = 1,..., h; r = 1,..., R$$

(A1.15) Preço básico de bens importados

$$p^{(0)}_{(i(2))} = p^{(w)}_{(i(2))} - e + t^{(0)}_{(i(2))}, \qquad i = 1,...,g$$

(A1.16) Custo de construção de unidades de capital para setores

$$V(\bullet,\bullet,(2j),r)(p^{(1j)r}_{(k)} - a^{(1j)r}_{(k)}) = \sum_{i\in G}\sum_{s\in S} V(i,s,(2j),r)(p^{(2j)r}_{(is)} + a^{(2j)r}_{(is)}), \qquad j = 1,...,h; r = 1,...,R$$

(A1.17) Investimento

$$z^{(2j)r} = x^{(1j)r}_{(g+1,2)} + 100 f^{(2j)r}_{(k)}, \qquad j = 1,...,h; r = 1,...,R$$

(A1.18) Estoque de capital em T+1 – estática comparativa

$$x^{(1j)r}_{(g+1,2)}(1) = x^{(1j)r}_{(g+1,2)} \qquad j = 1,...,h; r = 1,...,R$$

(A1.19) Definição da taxa de retorno ao capital

$$r^{r}_{(j)} = Q^{r}_{(j)}(p^{(1j)r}_{(g+1,2)} - p^{(1j)r}_{(k)}), \qquad j = 1,...,h; r = 1,...,R$$

(A1.20) Relação entre crescimento do estoque de capital e taxas de retorno

$$r^{r}_{(j)} - \omega = \varepsilon^{r}_{(j)}(x^{(1j)r}_{(g+1,2)} - x^{(\bullet)r}_{(g+1,2)}) + f^{r}_{(k)}, \qquad j = 1,...,h; r = 1,...,R$$

Outras definições no núcleo central do modelo IEGC incluem: receita tributária, volume de importações, componentes do PIB/PRB, índices de preços regionais/nacionais, equações de salários, definições de preços dos fatores, e agregados de emprego.

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 setor na região r
$fq_{(is)}^{(4)r}$	i = 1, …,g; s = 1b, 2 para b = 1, …,q r = 1,…,R	Termo de deslocamento na quantidade da demanda por exportações regionais
$fp_{(is)}^{(4)r}$	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
$x_{(m1)}^{(is)(u)r}$	m, i = 1,…,g; s = 1b, 2 para b = 1,…,q (u) = (3), (4), (5), (6) e (kj) para k = 1, 2 e j = 1, …,h r = 1,…,R	Demanda pelo bem (m1) para ser usuado como margem para facilitar o fluxo de (is) para (u) na região r

Variável	*Dimensão*	*Descrição*
$a_{(m1)}^{(is)(u)r}$	m, i = 1,…,g; s = 1b, 2 para b = 1,…,q (u) = (3), (4), (5), (6) e (kj) para k = 1, 2 e j = 1, …,h r = 1,…,R	Mudança técnica relacionada à demanda pelo bem (m1) para ser usuado como margem para facilitar o fluxo de (is) para (u) na região r
$x_{(i1)}^{(0j)r}$	i = 1,…,g; j = 1,…,h r = 1,...,R	Produção do bem doméstico i pelo setor j
$p_{(is)}^{(0)r}$	i = 1,…,g; s = 1b, 2 para b = 1,…,q r = 1,...,R	Preço básico do bem i produzido em s na região r
$p_{(i(2))}^{(w)}$	i = 1,…,g	Preço CSE em dólar do bem importado i
$t_{(i(2))}^{(0)}$	i = 1,…,g	Poder da tarsea sobre o bem importado i
$t(\tau,i,s,(u,)r)$	i = 1,…,g; τ = 1,…,t; s = 1b, 2 para b = 1,…,q (u) = (3), (4), (5), (6) e (kj) para k = 1, 2 e j = 1,…,h r = 1,...,R	Poder do imposto τ sobre vendas do bem (is) para o usuário (u) na região r
$f_{(k)}^{(2j)r}$	j = 1,…,h r = 1,...,R	Termo de deslocamento na acumulação de capital do setor j na região r
$f_{(k)}^{r}$	r = 1,...,R	Termo de deslocamento na acumulação de capital na região r
$x_{(g+1,2)}^{(1j)r}(1)$	j = 1,…, h r = 1,...,R	Estoque de capital em T+1, no setor j na região r
$p_{(k)}^{(1j)r}$	j = 1,…, h r = 1,...,R	Custo de construção de uma unidade de capital no setor j na região r
$f_{(\tau)}$	τ = 1,…,t	Termo de deslocamento no imposto indireto τ, em pontos percentuais
$f_{(\tau i)}$	τ = 1,…,t; i = 1, …,g	Termo de deslocamento no imposto indireto τ sobre o bem i, em pontos percentuais
$f_{(\tau i)}^{(u)}$	τ = 1,…,t; (u) = (3), (4), (5), (6) e (kj) para k = 1, 2 e j = 1, …, h	Termo de deslocamento no imposto indireto τ sobre o bem i para o usuário (u), em pontos percentuais
$f_{(\tau i)}^{(u)r}$	τ = 1,…,t; (u) = (3), (4), (5), (6) e (kj) para k = 1, 2 e j = 1, …, h r = 1,…,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, …,g; s = 1b, 2 para b = 1,…,q r = 1,…,R	Termo de deslocamento na demanda dos governos regionais pelo bem (is) na região r

Variável	*Dimensão*	*Descrição*
$f^{(5)r}$	r = 1,…,R	Termo de deslocamento na demanda dos governos regionais na região r
$f^{(5)}$		Termo de deslocamento na demanda dos governos regionais
$f^{(6)r}_{(is)}$	i = 1, …,g; s = 1b, 2 para b = 1,…,q r = 1,…,R	Termo de deslocamento na demanda do governo federal pelo bem (is) na região r
$f^{(6)r}$	r = 1,…,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)
$r^{r}_{(j)}$	j = 1,...,h r = 1,…,R	Taxa de retorno do setor j na região r

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 no setor j na região r
$\alpha_{(g+1,s)}^{(1j)r}$	Parâmetro: retornos de escala aos fatores primários individuais no setor j 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 no setor 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, $\mu_{(i\bullet)}^{(u)r} = 1$
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(τ *,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 pelo setor j na região r
$Q_{(j)}^{r}$	Coeficiente: razão entre retorno bruto e retorno líquido do capital

Símbolo	*Descrição*
G	Conjunto: {1,2, …, g}, g é o número de bens compostos
G*	Conjunto: {1,2, …, g+1}, g+1 é o número de bens compostos e fatores primários
H	Conjunto: {1,2, …, h}, h é o número de setores
U	Conjunto: {(3), (4), (5), (6), (k j) para k = 1, 2 e j = 1, …, h}
U*	Conjunto: {(3), (k j) para k = 1, 2 e j = 1, …, h}
S	Conjunto: {1, 2, …, r+1}, r+1 é o número de regiões (incluindo resto do mundo)
S*	Conjunto: {1, 2, …,r}, r é o número de regiões domésticas
T	Conjunto: {1, …, t}, t é o número de impostos indiretos

Anexo 2. Análise de Sensibilidade Sistemática (cf. Domingues *et al.*, 2004)

Um modelo de equilíbrio geral pode ser generalizado por:

$$F(v,a)=0 \tag{A2.1}$$

onde v representa o vetor de variáveis endógenas e a o vetor de variáveis e parâmetros exógenos. A solução da equação (A2.1) pode ser definida como $v^*(a)$ e, $v^*(a) \equiv H(a)$, como o vetor de resultados de interesse. Modelos econômicos usualmente empregam estimativas de parâmetros comportamentais. Dado que estas estimativas são variáveis aleatórias, o cálculo dos resultados médios para as variáveis endógenas assume a forma:

$$E[H(a)] = \int_{\Omega} H(a)g(a)da \tag{A2.2}$$

Da mesma forma, o cálculo da variância dos resultados pode ser obtido por:

$$E[(H(a) - E[H(a)])^2] = \int_{\Omega} (H(a) - E[H(a)])^2 g(a)da \tag{A2.3}$$

onde $g(a)$ é uma função de densidade multivariada.

Uma simulação em modelos EGC pode ser tratada como um problema de integração numérica, a partir de (A2.2) e (A2.3). A vantagem dessa abordagem é lidar simultaneamente com a solução do modelo e a aleatoriedade das variáveis exógenas. Esta

abordagem tende a ser mais acurada que a tradicional, baseada apenas nos valores médios das variáveis exógenas[44] e, além disso, estimativas do desvio-padrão podem ser facilmente obtidas a partir das médias estimadas.

Métodos numéricos, como Monte Carlo ou quadraturas gaussianas, podem ser empregados para calcular os valores médios em (A2.2). Uma vez que estimativas dos resultados médios são obtidas, estimativas de desvio-padrão são facilmente calculadas. A partir de hipóteses sobre a distribuição das variáveis exógenas, esta abordagem permite a investigação sistemática do impacto da incerteza a respeito dos valores de variáveis exógenas relevantes para uma determinada simulação. A desigualdade de Chebyshev também pode ser utilizada na construção de intervalos de confiança para os resultados do modelo. Estes intervalos trazem informações importantes sobre a robustez dos resultados em relação a diferentes valores para o vetor de variáveis exógenas, e podem auxiliar o pesquisador a identificar resultados que são relativamente mais dependentes dos valores de parâmetros ou choques específicos.

A aplicação de métodos de integração numérica pode ser exemplificada no caso simples do problema de integração univariada:

[44] Em geral, o valor esperado de uma função difere do valor da função avaliada no valor esperado da variável exógena: ($E[H(a)] \neq H(E[a])$. Se *H(.)* pode ser bem aproximada por uma função linear na região de integração, Ω, o lado direito da equação é uma boa aproximação da integral na equação (A2.2). Erros de aproximação significativos na estimativa dos resultados médios podem ser obtidos na aproximação linear de *H(.)*, ao se utilizarem valores médios para variáveis exógenas. Por exemplo, num modelo não-linear, a simulação em valores médios dos parâmetros exógenos, como é a prática comum, pode gerar aproximações pobres dos resultados médios (Arndt, 1996). A extensão desse erro aos resultados médios depende tanto do modelo como da agregação e da simulação.

$$\int_a^b f(x)g(x)dx \tag{A2.4}$$

onde *g(x)* é a função de densidade.

Se se apresentarem dificuldades para a solução analítica do integrando, como na maioria dos modelos de equilíbrio geral computável, esta integral pode ser aproximada numericamente. Em geral, aproximações numéricas assumem a forma:

$$\sum_{j=1}^{J} w_j f(x^j) \tag{A2.5}$$

onde *J* representa o número total de avaliações de *f(.)* e w_j representa o peso associado a cada avaliação (Haber, 1970).

A abordagem de Monte Carlo representa um caso especial em que *J* números pseudo-aleatórios são gerados de uma distribuição *g(x)* no intervalo [*a*, *b*]. A partir daí, o integrando é avaliado *J* vezes, e um peso *1/J* é associado ao resultado de cada avaliação. A aproximação será satisfatória sob condições mínimas do integrando, se *J* for suficientemente grande. Modelos EGC representam o caso em que o integrando é difícil de se avaliar numericamente, e seria desejável manter o número de avaliações do integrando, *J*, pequeno. Para isso, devem ser escolhidos pontos, no intervalo [*a*,*b*], e os respectivos pesos associados, *w*.

Fórmulas para produzir esse conjunto de pontos e pesos associados são chamadas quadraturas. Quadraturas gaussianas têm uma propriedade bastante atrativa. Para o caso do problema de integração da equação (A2.5), uma quadratura gaussiana de ordem *d* resolve o sistema de equações:

$$\sum w_j (x^j)^S = \int_a^b (x)^S g(x) dx, \qquad s = 0,1,2,...,d \tag{A2.6}$$

Quadraturas gaussianas são métodos desenvolvidos para aproximar o problema de integração numérica de forma acurada e requerem um número pequeno de avaliações do integrando. Este método era muito útil antes do advento da computação; atualmente, a tecnologia computacional permite que métodos de Monte Carlo para soluções ao problema de integração univariada sejam facilmente aplicados. Entretanto, no caso multivariado, aproximações de Monte Carlo apresentam problemas de praticidade. O desenvolvimento regular de integrandos multivariados, altamente complexos, como, por exemplo, em modelos IEGC, implicam que simulações de Monte Carlo não são aplicáveis, mesmo com a melhor tecnologia computacional disponível. A abordagem baseada em quadraturas gaussianas multivariadas para análise de sensibilidade em modelos EGC foi proposta por Devuyst e Preckel (1997). Neste caso, para uma dada distribuição contínua de muitas variáveis, uma quadratura gaussiana para essa distribuição é uma distribuição discreta cujos diversos primeiros momentos são idênticos àqueles da distribuição contínua. A quadratura é chamada de ordem *d* se os primeiros *d* momentos são iguais.

O método de quadraturas gaussianas, na forma implementada no programa GEMPACK, segue a formulação desenvolvida em Stroud (1957) na implementação de quadraturas gaussianas de ordem 3 para distribuições simétricas. Por ser uma aproximação de ordem 3, os primeiros 3 momentos da aproximação são idênticos àqueles da distribuição contínua. O primeiro momento é a média, e o segundo, o desvio-padrão. Estas quadraturas só são válidas para distribuições compostas por uma ou mais distribuições simétricas, que variam independentemente. Os requisitos modestos dessa metodologia a tornam particularmente interessante para a análise de sensibilidade em modelos EGC. Para um modelo com *n* variáveis exógenas aleatórias, este método permite a análise de sensibilidade sistemática com respeito a essas *n* variáveis exógenas utilizando apenas *2n* pontos ou soluções do modelo.

A fórmula (A2.7) foi desenvolvida por Stroud para derivar quadraturas de pesos iguais, de ordem 3, para distribuições simétricas, independentes, de média zero e desvio padrão unitário. Seja *n* o número de variáveis exógenas aleatórias e Γ_k $(\gamma_{k1}, \gamma_{k2}, ..., \gamma_{kn})$ o $k^{ésimo}$ ponto da quadratura ($k=1,2,\ldots, 2n$). Para $r = 1,2,\ldots, n/2|$, onde $n/2|$ denota o maior inteiro que não excede $n/2$, os pontos podem ser derivados por:

$$\gamma_{2r-1} = \sqrt{2}\cos\left(\frac{(2r-1)k\pi}{n}\right) \qquad \gamma_{2r} = \sqrt{2}sin\left(\frac{(2r-1)k\pi}{n}\right) \qquad \text{(A2.7)}$$

Uma vez que os pesos, w_k , são iguais e devem somar 1, então $w_k = 1/2n$.

Stroud mostra que os pontos obtidos da fórmula acima satisfazem a seguinte condição para uma aproximação de ordem 3 de uma distribuição multivariada das variáveis exógenas *x*:

$$\sum_{j=1}^{J} w_j \prod_{m=1}^{M} (x_m)^{l_m} = \int_{\Omega} \left[\prod_{m=1}^{M} (x_m)^{l_m} \right] g(x)dx \qquad \text{(A2.8)}$$

para todas as combinações de inteiros não-negativos, l_m, tais que $\sum_{m=1}^{M} l_m \leq d$.

Suponha que se queira implementar a análise de sensibilidade com respeito a uma distribuição simétrica da variável exógena x (x_1 ,x_2 ,...,x_n), um vetor coluna de dimensão n com média μ e matriz de variância-covariância Σ. Se Σ é diagonal, a quadratura desejada, Φ, pode ser obtida por:

$$\Phi = \mu + \Gamma\sqrt{\Sigma} \qquad \text{(A2.9)}$$

Se Σ não é diagonal, uma matriz diagonal, *D*, pode ser obtida por uma fatorização de Cholesky, $\Sigma = LDL^t$. A quadratura da equação (A2.9) é então transformada em $\Gamma^* = \Gamma L$ e Φ pode ser obtida por:

$$\Phi = \mu + \Gamma^*\sqrt{D} \qquad \text{(A2.10)}$$

Não está claro na literatura qual a ordem de aproximação deve ter uma quadratura gaussiana de forma a se obter uma boa acurácia. O ajuste depende tanto do integrando, no

caso, do modelo de equilíbrio geral, como da simulação e da agregação implementadas. A experiência indica que as estimativas de média e desvio-padrão produzidas são, em geral, bastante razoáveis. Arndt (1996) realizou algumas comparações com o modelo GTAP e concluiu que aproximações de ordem 3 são satisfatórias, na medida que aproximações de ordem 3 e ordem 9 produziram resultados iguais na quarta casa decimal. Em geral, quadraturas de ordem mais elevada produzem melhores aproximações.

Em resumo, quadraturas gaussianas representam uma ferramenta aplicada para conduzir análises de sensibilidade sistemática em modelos EGC de dimensões significativas. Duas condições devem ser satisfeitas na implementação dessa análise. Em primeiro lugar, variáveis exógenas aleatórias devem ter distribuição simétrica. Em segundo, os resultados do modelo devem ser razoavelmente aproximados por um polinômio de ordem 3. Neste caso, a fórmula de Stroud pode ser facilmente implementada para obter quadraturas, ou pontos onde o modelo deve ser avaliado (resolvido). Este método possibilita obter boas aproximações das médias dos resultados do modelo, assim como os desvios-padrão associados. Estas informações adicionais são muito importantes para se avaliar a robustez dos resultados do modelo, ao contrário de simplesmente resolver o modelo para os valores médios de variáveis exógenas aleatórias.

Anexo 3. Decomposição dos Subtotais (cf. Harrison *et al.*, 1999)

Suponha a seguinte descrição de um modelo:

$$Z = F(X,Y) \tag{A3.1}$$

onde Z é uma variável endógena, e X e Y são variáveis exógenas.

Em um modelo aplicado, Z representaria um vetor e poderia existir um número bem maior de variáveis exógenas. Entretanto, a análise deste modelo simplificado é útil o bastante para demonstrar como funciona a decomposição dos subtotais. Para uma pequena mudança em torno da solução inicial pode-se escrever a forma linearizada da seguinte maneira:

$$delZ = [F_x]delX + [F_y]delY \tag{A3.2}$$

onde F_x e F_y são as derivadas parciais de F em relação a X e Y.

Pode-se afirmar que $[F_x]delX$ é a parte de $delZ$ devida a mudanças em X e, de forma similar, $[F_y]delY$ é a mudança em Z devida a Y.

O *software* GEMPACK soluciona o sistema de equações não lineares através de soluções repetidas de sistemas de equações semelhantes ao apresentado em (A3.2). As variações em Z, calculadas a cada passo em uma simulação em vários estágios, são acumuladas e

fornecem, assim, soluções mais acuradas. De forma similar, pode-se acumular os termos *[F_x]delX* e *[F_y]delY* para obter, então, as contribuições C_x e C_y de cada variável exógena. A soma das contribuições específicas igualar-se-á à variação total de *Z*.

Durante a solução do modelo, uma sucessão de pequenos choques em *delX* moverá *X* de seu valor inicial, *X0*, para o seu valor final, *X1*. De forma similar, *Y* deslocar-se-á de *Y0* para *Y1*. Pode-se pensar no movimento destas duas variáveis exógenas como uma trajetória sobre um plano, de [X0,Y0] para [X1,Y1].

Claramente há diferentes trajetórias de [X0,Y0] para [X1,Y1]. Felizmente, qualquer que seja a trajetória escolhida, uma vez que os passos individuais *delX* e *delY* sejam suficientemente pequenos, o valor correto da mudança em *Z* será alcançado.

Entretanto, para modelos não lineares, os valores das contribuições individuais acumuladas, C_x e C_y, podem depender da trajetória seguida por *X* e *Y*. Não obstante, a soma dessas contribuições não apresentará variações relevantes.

A trajetória que o GEMPACK escolhe para as variáveis exógenas é uma linha reta entre os valores iniciais e valores finais das variáveis exógenas. Existem algumas razões teóricas, que fogem ao escopo desta nota, para se supor que esta trajetória forneça as estimativas menos viesadas de C_x e C_y.

Referências Bibliográficas

Agénor, P. R., Haddad, E. A., Fernandes, R. e Van der Mensbrugghe (2002). "Analyzing the Impact of Adjustment Policies on the Poor: An IMMPA Framework for Brazil". *Mimeo*, The World Bank.

Agénor, P. R., Izquierdo, A. and Fofack, H. (2000) "IMMPA: A Quantitative Macroeconomic Framework for the Analysis of Poverty Reduction Strategies". *Mimeo*, The World Bank.

Almeida, E. S. (2003). "Um Modelo de Equilíbrio Geral Aplicado Espacial para Planejamento e Análise de Políticas de Transporte". *Tese de Doutorado*, São Paulo, FEA/USP.

Armington, P. S. (1969). "A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production". *International Monetary Fund Staff Papers*, 16: 159-178.

Arndt, C. (1996). "An Introduction to Systematic Sensitivity Analysis via Gaussian Quadrature". *GTAP Technical Paper No. 2*. West Lafayette, Indiana, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.

Asano, S. e Fiuza, E. P. S. (2003). "An Analysis of the Brazilian Consumer Behavior: A Microeconometric Study Based on Regional Price Indexes and Metropolitan Household Expenditures". In: T. Fukuchi e M. A. F. H. Cavalcanti (Eds.), *Modeling the Brazilian Economy: Macroeconomics, Security and Consumer Demand*, Rio de Janeiro, IPEA.

Azzoni, C. R. (2001). "Book Review: Regional Inequality and Structural Changes – Lessons from the Brazilian Experience". *Papers in Regional Science*, 83(2).

Azzoni, C. R. e Kadota, D. K. (2001). "An Econometric Input-Output Model for São Paulo State". In: J. J. M. Guilhoto e Hewings G. J. D. (Eds.), *Structure and Structural Change in the Brazilian Economy*. Aldershot, Ashgate.

Baer, W., Haddad, E. A. e Hewings, G. J. D. (1998). "The Regional Impact of Neo-Liberal Policies in Brazil". *Revista de Economia Aplicada*, 2(2).

Bilgic, A., King, S., Lusby, A. e Schreiner, D. F. (2002). “Estimates of U.S. Regional Commodity Trade Elasticities”. *Journal of Regional Analysis and Policy*, 32(2).

Bröcker, J. (1998a). “Operational Computable General Equilibrium Modeling”. *Annals of Regional Science*, 32: 367-387.

Bröcker, J. (1998b). “Spatial Effects of Transport Infrastructure: The Role of Market Structure”. *Diskussionbeiträge aus dem Institut für Wirtschaft und Verkehr*, 5/98.

Bröcker, J. (2002). “Spatial Effects of European Transport Policy: A CGE Approach”. In: Hewings, G. J. D., Sonis, M. e Boyce, D. (Eds.). *Trade, Networks and Hierarchies*. Berlin, Springer-Verlag.

Bröcker, J. e Schneider, M. (2002). “How does Economic Development in Eastern Europe Affect Austria’s Regions? A Multiregional General Equilibrium Framework”, *Journal of Regional Science*, 42(2): 257-285.

Castro, N., Carris, L. e Rodrigues, B. (1999). “Custos de Transporte e a Estrutura Espacial do Comércio Interestadual Brasileiro”, Nêmesis, http://www.nemesis.org.br/, *Mimeo*.

Conway, R. S. (1990). “The Washington Projection and Simulation Model: A Regional Interindustry Econometric Model”. *International Regional Science Review*, 13.

Casimiro-Filho, F., Rocha, M. T., Lima, P. V. P. S., Miranda, S. H. G., e Guilhoto, J. J. M. (2000). “MIBRA-USP, An Interregional Applied General Equilibrium Model for the Brazilian Economy”. *Paper presented at 6th World Congress of the Regional Science Association International*, Lugano, Switzerland.

Crocomo, F. C. e Guilhoto, J. J. M. (1998). “Relações Inter-Regionais e Intersetoriais na Economia Brasileira: Uma Análise de Insumo-Produto”. *Economia Aplicada*. 2(4): 681-706.

Cukrowski, J. e Fischer, M. M. (2000). “Theory of Comparative Advantage: Do Transportation Costs Matter?” *Journal of Regional Science*, 40(2): 311-322.

De Melo, J. (1988). “Computable General Equilibrium Models For Trade Policy Analysis In Developing Countries: A Survey”. *The World Bank WP53*, April.

Dervis, K. J., De Melo, J. e Robinson, S. (1982). *General Equilibrium Models for Development Policy*. A World Bank Research Publication. Cambridge University Press, Cambridge.

DeVuyst, E. A. e P. V. Preckel (1997). "Sensitivity Analysis Revisited: A Quadrature-based Approach". *Journal of Policy Modeling*, 19(2): 175-185.

Dixon, P. B., Bowles, S. e Kendrick, D. (1983). *Teoría Microeconómica: Notas y Problemas*. Barcelona, Editorial Hispano Europea.

Dixon, P. D. e Parmenter, B. R. (1996). "Computable General Equilibrium Modeling for Policy Analysis and Forecasting". In: H. M. Amman, D. A. Kendrick e J. Rust (Eds.), *Handbook of Computational Economics*, 1: 3-85, Amsterdam, Elsevier.

Dixon, P. D., Parmenter, B. R., Sutton, J. e Vincent, D. P. (1982). *ORANI: A Multisectoral Model of the Australian Economy*, Amsterdam, North-Holland.

Dixon, P. D. e Rimmer, M. T. (2002). *Dynamic General Equilibrium Modelling for Forecasting and Policy: A Practical Guide and Documentation of MONASH*, Amsterdam, North-Holland.

Domingues, E. P. (2002). "Dimensão Regional e Setorial da Integração Brasileira na Área de Livre Comércio das Américas". *Tese de Doutorado*, São Paulo, FEA/USP.

Domingues, E. P. e Haddad, E. A. (2003). "Política Tributária e Re-localização". *Revista Brasileira de Economia*, 57(4).

Domingues, E. P., Haddad, E. A. e Hewings, G. J. D. (2004). "Sensitivity Analysis in Applied General Equilibrium Models: an Empirical Assessment for MERCOSUR Free Trade Areas Agreements". *Discussion Paper 04-T-4*, Regional Economics Applications Laboratory, University of Illinois, Urbana.

Domingues, E. P., Haddad, E. A., Hewings, G. J. D., e F. S. Perobelli, F. S. (2002). "Structural Changes in the Brazilian Interregional Economic System 1985-1997: Holistic Matrix Interpretation". *Australasian Journal of Regional Studies*, 8(1).

Emini, C. A. (2002). “Designing the Financial Social Accounting Matrix Undelying the ‘Integrated Macroeconomic Model for Poverty Analysis’: The Cameroon Country-case”. *Mimeo*.

Ferreira-Filho, J. B. e Horridge, M. (2004). “Economic Integration, Poverty and Regional Inequality in Brazil”. ESALQ, Universidade de São Paulo, *Mimeo*.

Fujita, M., Krugman, P. e Venables, A. J. (1999). *The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade*, Cambridge, MIT Press.

Fujita, M. e Thisse, J-F. (2002). *Economics of Agglomeration*. Cambridge, University Press.

Gazel, R. C. (1994). “Regional and Interregional Economic Effects of the Free Trade Agreement Between the US and Canada”. *Ph.D. Dissertation*. University of Illinois at Urbana-Champaign.

Giesecke, J. (2002). “Explaining Regional Economic Perforance: An Historical Application of a Dynamic-regional CGE Model”. *Papers in Regional Science*, 81: 247-278.

Groenewold, N., Hagger, A. J. e Madden, J. R. (2003). “Interregional Transfers: A Political-economy CGE Approach”. *Papers in Regional Science*, 82: 535-554.

Guilhoto, J. J. M. (1995). “Um Modelo Computável de Equilíbrio Geral para Planejamento e Análise de Políticas Agrícolas (PAPA) na Economia Brasileira”. *Tese de Livre Docência*, ESALQ/USP, Piracicaba.

Guilhoto, J. J. M., Crocomo, F. C., Moretto, A. C. e Rodrigues R.L. (2001a). “Comparative Analysis of Brazil’s National and Regional Economic Structure, 1985, 1990, 1995”. In: J. J. M. Guilhoto e Hewings G. J. D. (Eds.), *Structure and Structural Change in the Brazilian Economy*. Aldershot, Ashgate.

Guilhoto, J. J. M., Moretto, A. C. e Rodrigues, R. L. (2001b). “Decomposition & Synergy: a Study of the Interactions and Dependence Among the 5 Brazilian Macro Regions”. *Economia Aplicada*. 5(2): 345-362.

Guilhoto, J. J. M., Hewings, G. J. D. e Sonis, M. (2002a). “Productive Relations in the Northeast and the Rest of Brazil Regions in 1995: Decomposition & Synergy in Input-Output Systems”. *Geographical Analysis*. 34(1): 62-75.

Guilhoto, J. J. M., Marjotta-Maistro, M. C. e Hewings, G. J. D. (2002b). “Economic Landscapes, What Are They? An Application to the Brazilian Economy and to the Sugar Cane Complex”. In: Hewings, G. J. D., Sonis, M. e Boyce, D. (Eds.), *Trade, Networks and Hierarchies*. Berlin, Springer-Verlag.

Haber, S. (1970). “Numerical Evaluation of Multiple Integrals”. *SIAM Review*, 12: 481-525.

Haddad, E. A. (1999). *Regional Inequality and Structural Changes: Lessons from the Brazilian Experience*. Aldershot, Ashgate.

Haddad, E. A. (2004). “Interregional Computable General Equilibrium Models”. In: G. J. D. Hewings e M. Sonis (Eds.), *Reassessment of Regional Science Theories*, Berlin, Springer-Verlag, no prelo.

Haddad E. A. e Azzoni, C. R. (2001) “Trade Liberalization and Location: Geographical Shifts in the Brazilian Economic Structure”. In: J. J. M. Guilhoto e G. J. D. Hewings (eds), *Structure and Structural Change in the Brazilian Economy*. Aldershot, Ashgate.

Haddad, E. A., e Domingues, E. P. (2001). “EFES – Um Modelo Aplicado de Equilíbrio Geral para a Economia Brasileira: Projeções Setoriais para 1999-2004”. *Estudos Econômicos*, 31(1).

Haddad, E. A., Domingues, E. P. e Perobelli, F. S. (2002a). “Regional Effects of Economic Integration: The Case of Brazil”. *Journal of Policy Modeling*, 24: 453-482.

Haddad, E. A., Domingues, E. P. e Perobelli, F. S. (2002b). “Regional Aspects of Brazil’s Trade Policy”. INTAL-ITD-STA Occasional Paper 18.

Haddad, E. A. e Hewings, G. J. D. (1997). “The Theoretical Specification of B-MARIA”. *Discussion Paper REAL 97-T-5*, Regional Economics Applications Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign, November.

Haddad, E. A. e Hewings, G. J. D. (1999). “The Short-Run Regional Effects of New Investments and Technological Upgrade in the Brazilian Automobile Industry: An Interregional CGE Analysis”. *Oxford Development Studies*, Special Issue on Technology and Economic Development, 27(3): 359-383.

Haddad, E. A., e Hewings, G. J. D. (2000a). “Trade and Regional Development: International and Interregional Competitiveness in Brazil”. In: B. Johansen e R. Stough (Eds.), *Theories of Regional Development: Lessons for Policies of Regional Economic Renewal*, Springer-Verlag.

Haddad, E. A., e G. Hewings (2000b). “Linkages and Interdependence in the Brazilian Economy: An Evaluation of the Interregional Input-Output System, 1985”. *Revista Econômica do Nordeste*, 31(3): 330-376.

Haddad, E. A. e Hewings, G. J. D. (2001). “Transportation Costs and Regional Development: An Interregional CGE Analysis”. In: P. Friedrich e S. Jutila (Eds.), *Policies of Regional Competition*, Baden-Baden, Nomos Verlagsgeselschft.

Haddad, E. A., Hewings, G. J. D. e Baer, W. (1999). “The Spatial Formation of the Brazilian Economy: Historical Overview and Future Trends”. *Geographia Polonica*, 72(1).

Haddad, E. A., Hewings, G. J. D. e Peter, M. (2002). “Input-Output Systems in Regional and Interregional CGE Modeling”. In: Hewings, G. J. D., Sonis, M. e Boyce, D. (Eds.). *Trade, Networks and Hierarchies*. Berlin, Springer-Verlag.

Haddad, E. A., Hewings, G. J. D. e Sonis, M. (1999). “Trade and Interdependence in the Economic Growth Process: A Multiplier Analysis for Latin America”. *Revista de Economia Aplicada*, 3(2).

Haddad, P. R. (2000). “Nota Técnica 11: Indicadores Parciais e Enfoques Alternativos para a Avaliação de Projetos”. In: FINEP/PHORUM, *Sistema de Avaliação de Projetos de Investimento*, Brasília.

Harrigan, F. e McGregor, P. G. (1988). “Price and Quantity Interaction in Regional Economic Models: The Importance of ‘Openness’ and ‘Closures’”. In: F. Harrigan e

P. G. McGregor (Eds.), *Recent Advances in Regional Economic Modelling*, London Papers in Regional Science, Pion, London.

Harrison, J. W., Horridge, M. J. e Pearson, K. R. (1999). "Decomposing Simulation Results with Respect to Exogenous Shocks". *CoPS/IMPACT Working Paper Number IP-73*, May.

Hewings, G. J. D. (1986). "Problems of Integration in the Modelling of Regional Systems". In: P. W. J. Batey e M. Madden (Eds.), *Integrated Analysis of Regional Systems*, London Papers in Regional Science, Pion.

Hewings, G. J. D., Nazara, S. e Dridi, C. (2003). "Channels of Synthesis Forty Years On: Integrated Analysis of Spatial Economic Systems". *Discussion Paper REAL 03-T-27*, Regional Economic Applications Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign.

Hertel, T. W. (1999). "Future Directions in Global Trade Analysis". *Staff Paper # 99-8*, Department of Agricultural Economics, Purdue University.

Hertel, T. W. E. e Tsigas, M. (1997). "Structure of GTAP". In: T. W. Hertel (Ed.), *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*, Cambridge University Press.

Hirte, G. (1998). "Welfare Effects of Regional Income Taxes: Results of an Interregional CGE Analysis for Germany". *The Annals of Regional Science*, 32: 201-219.

Horridge, M., Parmenter, B. R., e Pearson, K. R. (1993). "ORANI-F: A General Equilibrium Model of the Australian Economy. *Economic and Financial Computing*, 3:71-140.

Hu, D. (2002). "Trade, Rural-urban Migration, and Regional Income Disparity in Developing Countries: A Spatial General Equilibrium Model Inspired by the Case of China". *Regional Science and Urban Economics*, 32: 311-338.

Isard, W. (1959). *Location and the Space Economy*, Cambridge, MIT Press.

Isard, W., Azis, I. J., Drennan, M. P., Miller, R. E., Saltzman, S. e Thorbecke, E. (1998). *Methods of Interregional and Regional Analysis*, Aldershot, Ashgate.

Isard, W. e Anselin, L. (1982). “Integration of Multiregional Models for Policy Analysis”. *Environment and Planning A*, 14: 359-376.

Jones, R. e Whalley, J. (1988). “Regional Effects of Taxes in Canada: An Applied General Equilibrium Approach”. *Journal of Public Economics*, 37: 1-28.

Jones, R. e Whalley, J. (1989). “A Canadian Regional General Equilibrium Model and Some Applications”. *Journal of Urban Economics*, 25: 368-404.

Kilkenny, M. (1998). “Transport Costs and Rural Development”. *Journal of Regional Science*, 38(2): 293-312.

Kim, E. e Hewings, G. J. D. (2002). “An Application of Integrated Transport Network-Multiregional CGE Model I: A Framework for Economic Analysis of Highway Project”. *Discussion Paper REAL 02-T-12*, Regional Economic Applications Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign.

Kim, E. e Hewings, G. J. D. (2003). “An Application of Integrated Transport Network-Multiregional CGE Model II: Calibration of Network Effects of Highway”. *Discussion Paper REAL 03-T-24*, Regional Economic Applications Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign.

Kim, E. e Kim, K. (2002). “Impacts of Regional Development Strategies on Growth and Equity of Korea: A Multiregional CGE Model”. *The Annals of Regional Science*, 36: 165-180.

Kim, E. e Kim, K. (2003). “Impacts of the Development of Large Cities on Economic Growth and Income Distribution in Korea: A Multiregional CGE Model”. *Papers in Regional Science*, 82: 101-122.

King, B. (1990). “What is a SAM?” In: G. Pyatt e J. Round (Eds.), *Social Accounting Matrices: A Basis for Planning*, Washington, The World Bank.

Ko, S. (1985). “A Regional Computable General Equilibrium Model for Korea”. *Ph.D. Dissertation*. University of Illinois at Urbana-Champaign.

Ko, S. e Hewings, G. J. D. (1986). “A Regional Computable General Equilibrium Model for Korea”. *The Korean Journal of Regional Science*, 2: 45-57.

Kraybill, D. S., Johnson, T. G. e Orden, D. (1992). “Macroeconomic Imbalances: An Multiregional General Equilibrium Analysis”. *American Journal of Agricultural Economics*, 74(3): 726-736.

Layard P. R. G. e Walters, A. A. (1978). *Microeconomic Theory*. McGraw-Hill.

Liew, L. H. (1984a). “A Johansen Model for Regional Analysis”. *Regional Science and Urban Economics*, 14: 129-146.

Liew, L. H. (1984b). “‘Tops-Down’ Versus ‘Bottoms-Up’ Approaches to Regional Modeling”. *Journal of Policy Modeling*, 6(3): 351-367.

Madden, J. R., e Pant, H. M. (1998). “An Analysis of the Interdependence of Regional Economies”. *Australasian Journal of Regional Studies*, 4 (1): 113-142.

Mansori, K. F. (2003). “The Geographic Effects of Trade Liberalization with Increasing Returns in Transportation”. *Journal of Regional Science*, 43(2): 249-268.

McCann, P. (2001). *Urban and Regional Economics*. Oxford University Press.

McGregor, P. G., Swales, J. K. e Yin, Y. P. (1996). “AMOS-RUK: An Interregional Computable General Equilibrium Model of Scotland and Rest of the UK”. *Paper prepared for the 5th World Congress of Regional Science Association*, Tokyo.

McKitrick, R. R. (1998). “The Econometric Critique of Computable General Equilibrium Modeling: The Role of Functional Forms”. *Economic Modelling*, 15 (4): 543-573.

Morgan, W., Mutti, J. e Partridge, M. (1989). “A Regional General Equilibrium Model of the United States: Tax Effects on Factor Movements and Regional Production”. *The Review of Economics and Statistics*, 71: 626-635.

Naqvi, F. e Peter, M. W. (1996). “A Multiregional, Multisectoral Model of The Australian Economy With An Illustrative Application”. *Australian Economic Papers*, June.

Nazara, S., Sonis, M. e Hewings, G. J. D. (2000). “Interregional Competition and Complementarity in Indonesia”. *Discussion Paper REAL 00-T-11*, Regional Economic Applications Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign.

Parré, J. L. e Guilhoto, J. J. M. (2001). “A Desconcentração Regional do Agronegócio Brasileiro”. *Revista Brasileira de Economia*. 55 (2): 223-251

Partridge, M. D. e Rickman, D. S. (1998). “Regional Computable General Equilibrium Modeling: A Survey and Critical Appraisal”. *International Regional Science Review*, 21 (3): 205-248.

Perobelli, F. S. (2004). “Análise das Interações Econômicas entre os Estados Brasileiros”. *Tese de Doutorado*, São Paulo, FEA/USP.

Peter, M. W., Horridge, M., Meagher, G. A., Naqvi, F. e Parmenter, B. R. (1996). “The Theoretical Structure Of MONASH-MRF”. *Preliminary Working Paper no. OP-85*, IMPACT Project, Monash University, Clayton, April.

Polenske, K. R. (2002). “Book Review: Regional Inequality and Structural Changes – Lessons from the Brazilian Experience”. *Journal of Regional Science*, 42(2).

Resende, P., Guilhoto, J. J. M. e Hewings. G. J. D. (1997). “Free Trade and Transportation Infrastructure in Brazil: Towards an Integrated Approach”, *Discussion Paper 97-P-4*, Regional Economics Applications Laboratory, University of Illinois.

Richardson, H. W. (1973). *Regional Growth Theory*. Bristol: Macmillan.

Rolim, C. F. C., Machado, C. C., Lavinas, L., Lemos, M. B., Magina, M., e Rios-Neto, E. (1996). “Saldo Comercial, Transferências Governamentais e Movimento de Capitais Inter-regional”. *Estudos Econômicos*, 26(1): 5-19.

Roson, R. (2004). “Transport Network and the Spatial Economy”. *Tese de Doutorado*, Universidade de Umea, Suécia.

Samuelson, P. (1952). “Spatial Price Equilibrium and Linear Programming”. *American Economic Review*, 42:283-303.

Schmutzler, A. (1999). “The New Economic Geography”. *Journal of Economic Surveys*, 13(4): 357-379.

Siriwardana, M. (2001). “Book Review: Regional Inequality and Structural Changes – Lessons from the Brazilian Experience”. *Economic Systems Research*, 13(1).

Sonis, M. e Hewings, G. J. D. (1989). “Error and Sensitivity Input-Output Analysis: A New Approach”. In: R. E. Miller, K. R. Polenske, e A. Z. Rose, (Eds.). *Frontiers of Input-Output Analysis*. New York, Oxford University Press.

Spencer, J. E. (1988). “Computable General Equilibrium, Trade, Factor Mobility, and The Regions”. In: F. Harrigan e P. G. McGregor (Eds.), *Recent Advances in Regional Economic Modelling*, London Papers in Regional Science, Pion, London.

Shoven, J. B. e Whalley, J. (1992). *Applying General Equilibrium*. Cambridge Surveys of Economic Literature. Cambridge University Press.

Stroud, A. H. (1957). “Remarks on the Disposition of Points in Numerical Integration Formulas”. *Math. Tables Aids Comput.*, 11: 257-261.

Tinbergen, J. (1966). *Economic Policy: Principles and Design*. Amsterdam, North Holland, Third Edition.

Tourinho, O. A. F., Kume, H. e Pedroso, A. C. S. (2002). “Elasticidades de Armington para o Brasil: 1986-2001”. *Texto para Discussão 901*, IPEA, Rio de Janeiro.

Watanuki, M. (1996). “Regional Development Policy Analysis of Indonesia: Interregional CGE Modeling Approach”. *Paper presented at the 43rd North American Meeting of the Regional Science Association International*, Washington DC, November.

Weisbrod, G. e Treyz, F. (1998). “Productivity and Accessibility: Bridging Project-Specific and Macroeconomic Analysis of Transportation Investments”. *Journal of Transportation and Statistics*, October, 65-79.

Whalley, J. e Trela, I. (1986). *Regional Aspects of Confederation*. Vol. 68 for the Royal Commission on the Economic Union and Development Prospects for Canada. University of Toronto Press, Toronto.