

Weslem Rodrigues Faria

# **Efeitos Regionais de Investimentos em Infra- Estrutura de Transporte Rodoviário**

Belo Horizonte, MG  
UFMG/Cedeplar  
2009

Weslem Rodrigues Faria

## **Efeitos Regionais de Investimentos em Infra-Estrutura de Transporte Rodoviário**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Economia do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Edson Paulo Domingues

Belo Horizonte, MG  
Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional  
Faculdade de Ciências Econômicas - UFMG  
2009

## Folha de Aprovação

*Aos meus queridos familiares.*

## **AGRADECIMENTOS**

Esta dissertação é consequência dos meus estudos empreendidos em economia regional, desde a graduação, e das ótimas orientações que obtive. Assim, agradeço primeiramente o apoio, comprometimento, motivação, confiança e amizade do Prof. Edson Domingues, cuja orientação possibilitou não só a realização deste estudo, mas também servirá de inspiração para minha carreira profissional.

Em segundo, a estrutura fornecida pelo CEDEPLAR, à coordenação e aos demais professores do centro, que tiveram grande importância na minha formação acadêmica. Ao Prof. Fernando Perobelli da UFJF, pelo incentivo e suporte fornecido em todos os momentos. Agradeço também a todos os colegas de turma, que se tornaram eternos amigos.

Por fim, agradeço o suporte, amor e dedicação da minha família, a quem dedico esta dissertação.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANT – Agência Nacional dos Transportes

CEDEPLAR – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional

CES – Elasticidade de substituição constante

CET – Elasticidade de transformação constante

CGEurope – *Computable General Europe*

CIDE – Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico

CIF – *Cost, Insurance and Freight*

EGC – Equilíbrio Geral Computável

FCO – Fundo Constitucional do Centro-Oeste

FNE – Fundo Constitucional do Nordeste

FNO – Fundo Constitucional do Norte

FOB – *Free On Board*

HDM – *Highway Development and Management*

IMAGEM-B – *Integrated Multi-Regional Applied General Equilibrium Model for Brazil*

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

LES - Sistema Linear de Gastos

ONG – Organização Não-Governamental

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PAS – Plano Amazônia Sustentável

PELT – Programa Estadual de Logística de Transporte

PIB – Produto Interno Bruto

PIN – Plano de Integração Nacional

PMI – Produtividade Marginal dos Investimentos

PNDE – Plano Nacional de Desenvolvimento Regional

PNLT – Plano Nacional de Logística de Transportes

POLONORDESTE – Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste

PPA – Plano Plurianual

PROTERRA – Programa de Redistribuição da Terra

SECEX – Secretaria de Comércio Exterior

SUDAM – Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

TEN – *trans-European transport networks*

TERM – *The Enormous Regional Model*

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

VP – Valor Presente

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Infra-Estrutura de transporte no Brasil .....	2
1.2 Políticas de Desenvolvimento para o Nordeste e a BR-101.....	5
1.3 Questões acerca da BR-163 .....	8
1.4 Objetivo Principal e Estrutura da Dissertação .....	12
2 CUSTO DE TRANSPORTE E MODELOS INTEGRADOS .....	14
2.1 Custos de transporte e localização da atividade econômica.....	14
2.2 A modelagem do setor de transportes nos sistemas regionais integrados.....	23
3 ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	34
3.1 Modelo EGC Multi-Regional IMAGEM-B .....	34
3.2 Equações comportamentais do IMAGEM-B.....	49
3.2.1 Escolha dos usuários entre produtos nacionais e importados.....	49
3.2.2 Substituição de trabalho qualificado.....	51
3.2.3 Demanda por fatores primários.....	52
3.2.4 Demanda por fatores primários agregados e insumos intermediários .....	53
3.2.5 Impostos de produção.....	55
3.2.6 A matriz multi-produtos .....	55
3.2.7 Preços de importação .....	56
3.2.8 Demanda das famílias .....	56
3.2.9 Demanda por investimento e índices.....	58
3.2.10 Demandas por investimento de setores específicos .....	59
3.2.11 Demanda por exportações, do governo e estoques .....	60
3.2.12 Demanda por margens .....	61
3.2.13 Fontes regionais.....	63



3.2.14 Equações de demanda e oferta .....	64
3.3 Estimação de Elasticidades de Comércio Regional .....	66
3.4 Aplicações do IMAGEM-B .....	69
3.5 Modelo de transporte e integração ao IMAGEM-B .....	70
4 SIMULAÇÕES E INTERVENÇÕES NA MALHA RODOVIÁRIA .....	75
5 RESULTADOS .....	88
5.1 Rodovia BR-101.....	89
5.1.1 Resultados da Fase de Construção .....	89
5.1.2 Resultados da Fase de Operação .....	95
5.1.3 Produtividade Marginal dos Investimentos (PMI).....	102
5.2 Rodovia BR-163.....	104
5.2.1 Resultados da Fase de Construção .....	106
5.2.2 Resultados da Fase de Operação .....	110
5.2.3 Produtividade Marginal dos Investimentos (PMI).....	115
5.3 Comparação entre os Projetos e Ressalvas.....	116
6 CONCLUSÃO .....	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Fluxos do banco de dados do modelo IMAGEM-B .....	37
TABELA 1 – Principais conjuntos do modelo.....	38
FIGURA 2 – Mecanismo de composição da demanda no modelo IMAGEM-B .....	41
FIGURA 3 – Estrutura hierárquica da tecnologia de produção .....	44
TABELA 1 – Principais conjuntos do modelo.....	49
TABELA 2 – Estimativas de Elasticidades Setoriais de Comércio Regional para o Brasil: Variável Dependente – $\ln(Q)$ .....	68
TABELA 3 – Tipos de pavimento e velocidades .....	71
TABELA 4 – Custos fixo e variável de transporte rodoviário, segundo tipos de pavimento .....	72
FIGURA 4 – Articulação do modelo de transportes e do modelo IMAGEM-B .....	73
TABELA 5 – Variação (%) do Investimento anual na BR-101.....	78
TABELA 6 – Variação (%) do Investimento anual na BR-163.....	78
FIGURA 5 – Principais Relações Causais.....	81
TABELA 7 – Projetos de intervenção geo-referenciados na rede de transportes.....	82
FIGURA 6 – Trechos rodoviários avaliados pelos projetos da BR-101 e BR-163.....	83
TABELA 8 – Distribuição do Investimento total do Projeto Rodoviário da BR-101 .....	84
TABELA 9 – Distribuição do Investimento total do Projeto Rodoviário da BR-163 .....	84
TABELA 10 – Reduções de custo de transporte rodoviário decorrentes dos investimentos planejados na BR-101 (var %)......	86
TABELA 11 – Reduções de custo de transporte rodoviário decorrentes dos investimentos planejados na BR-163 (var %)......	87
TABELA 12 – Impactos macroeconômicos na fase de construção sobre o Brasil e sobre os estados selecionados no projeto .....	90
TABELA 13 – Impactos macroeconômicos na fase de construção sobre os outros Estados do Nordeste e as Macrorregiões no projeto da BR-101 .....	92

FIGURA 7 – Impacto na fase de construção sobre os estados do Projeto Rodoviário da BR-101 .....	93
FIGURA 8 – Relação entre o Impacto sobre o PIB e Impacto sobre o Investimento dos estados selecionados (fase de construção).....	94
FIGURA 9 – Contribuição macrorregional à variação do PIB nacional na fase de construção (em R\$ milhões).....	95
TABELA 14 – Impactos macroeconômicos na fase de operação sobre o Brasil e os estados selecionados no projeto .....	96
TABELA 15 – Impactos macroeconômicos na fase de operação sobre os outros Estados do Nordeste e as Macrorregiões no projeto da BR-101 .....	98
FIGURA 10 – Impacto na fase de operação sobre os estados do Projeto Rodoviário da BR-101 .....	99
FIGURA 11 – Contribuição macrorregional à variação do PIB nacional na fase de operação (em R\$ milhões) .....	100
FIGURA 12 – Impactos setoriais do Projeto da rodovia BR-101 na fase de operação (var % do PIB setorial).....	102
FIGURA 13 – Trajetórias Temporais Alternativas do PIB Real da Economia Nacional	103
TABELA 16 – VP dos Fluxos Marginais do PIB (em R\$ milhões de 2003).....	104
TABELA 17 – Produtividade Marginal dos Investimentos .....	104
TABELA 18 – Impactos macroeconômicos na fase de construção sobre o Brasil, as Macrorregiões e os Estados selecionados no projeto da BR-163.....	107
FIGURA 14 – Impacto na fase de construção sobre os estados do Projeto Rodoviário da BR-163 .....	108
FIGURA 15 – Contribuição macrorregional à variação do PIB nacional na fase de construção (em R\$ milhões).....	109
TABELA 19 – Impactos macroeconômicos na fase de operação sobre o Brasil, as Macrorregiões e os Estados selecionados no projeto da BR-163.....	110
FIGURA 16 – Impacto na fase de operação sobre os Estados do Projeto Rodoviário da BR-163 .....	112

FIGURA 17 – Contribuição macrorregional à variação do PIB nacional na fase de operação (em R\$ milhões) .....	113
FIGURA 18 – Impactos setoriais do Projeto da rodovia BR-163 na fase de operação (var % do PIB setorial).....	114
TABELA 20 – Impactos setoriais principais na fase de operação sobre os estados selecionados .....	114
TABELA 21 – VP dos Fluxos Marginais do PIB (em R\$ milhões de 2003).....	115
TABELA 22 – Produtividade Marginal dos Investimentos .....	116

## RESUMO

A discussão acerca dos impactos dos investimentos em infra-estrutura sobre questões relacionadas a planejamento, crescimento e desenvolvimento regional tem tido considerável aumento no Brasil recentemente. Neste sentido, este trabalho avalia os efeitos econômicos regionais de dois projetos de investimento rodoviário específicos do PAC: o da BR-101 e o da BR-163. O primeiro prevê duplicação da rodovia no Nordeste no trecho entre Feira de Santana (BA) e Natal (RN), já o segundo projeto, a pavimentação da rodovia entre as cidades de Guarantã do Norte (MT) e Santarém (PA). Para tal, utilizou-se um modelo equilíbrio geral computável (EGC) inter-regional integrado a um modelo de transporte. A variação dos custos de transporte na rede, gerada pelo modelo de transporte, forneceu o insumo fundamental na realização desta análise. Os resultados foram construídos de acordo com dois fechamentos do modelo EGC: um relacionado à fase de construção (curto prazo) e outro, a fase de operação (longo prazo). A metodologia empregada permitiu a projeção dos impactos dos investimentos sobre as economias dos estados diretamente afetados pelos projetos, bem como efeitos de vazamento e *spillover* para as demais unidades da federação. Outra medida foi utilizada de forma alternativa para avaliação da eficiência dos projetos, a de produtividade marginal dos investimentos (PMI). Este índice apontou um coeficiente mais elevado na fase de construção dos investimentos, em ambos os projetos, com valor um pouco maior no projeto da BR-101.

---

**Palavras-chave:** economia regional, custo de transporte, equilíbrio geral computável.

## ABSTRACT

The literature argues that infrastructure investments in Brazil can have strong impacts on some poor states, and contribute to decrease regional inequality. This paper combines two methodologies for the projection of impacts of transportation infrastructure policies (e.g. roads construction and renovation). The first one is an inter-regional computable general equilibrium model (CGE). The second one is a transportation network model. In order to exemplify the potentialities of using such methodologies, two road investment projects were selected from publicly available information: BR-101 project, connecting Feira de Santana and Natal, and the BR-163 project, between Guarantã do Norte and Santarém. The changes of transport costs, calculated by the transport model, provided the key input to the CGE model. The methodology used allowed the projection of the impact of investment on the economies of the states directly affected by the projects and also the impacts on other states. Another measure was used for an alternative to evaluate the projects' efficiency, the marginal productivity of investment.

---

**Keywords:** regional economics, transport cost, computable general equilibrium.

# 1 INTRODUÇÃO

O aumento da utilização do espaço no *mainstream* da teoria econômica tem sido observado por desenvolvimentos recentes na análise de economia regional, que contribuíram para a adoção de aspectos relacionados a regimes de competição imperfeita e retornos crescentes de escala às funções de produção regionais. A confirmação mais patente disso é o esforço consubstanciado na Nova Geografia Econômica, cujo mérito colocou a análise espacial em lugar de destaque na análise econômica e evidenciou a importância do tratamento espacial para avaliação de várias questões antes tomadas não espacialmente (Fujita *et al.*, 2002).

Nesta ótica, o custo de transporte, um dos temas principais discutidos na análise regional, passa a contribuir como elemento essencial no entendimento da heterogeneidade espacial. A dificuldade constantemente encontrada, como salienta Haddad (2004b), relaciona-se com a incorporação de mecanismos principais de funcionamento de uma economia espacial nos modelos aplicados para economias reais. Adicionalmente, o desenvolvimento futuro da Nova Geografia Economia necessita do melhor entendimento acerca dos fenômenos relevantes ligados à aglomeração da atividade econômica e retornos ao comércio.

A motivação metodológica deste trabalho reside na formulação de simulações em que fenômenos econômicos são mantidos constantes para que os efeitos desejados, como consequência da variação generalizada do custo de transporte inter e intra-regional, possam ser construídos. Tal variação do custo de transporte, bem como os impactos econômicos, são resultados de experimentos realizados a partir da adoção de projetos de investimentos em transporte rodoviário. Foram escolhidos projetos de rodovias localizadas em regiões relativamente atrasadas do Brasil para analisar efeitos puramente econômicos. Embora os projetos, principalmente os de infra-estrutura de transportes e logística, desejem também promover maior integração territorial, não têm como objetivo central a redução de desigualdades regionais.

A metodologia de integração de modelos inter-regionais de equilíbrio geral computável (EGC) com modelos de transporte representa um passo importante na evolução da conciliação de aspectos teóricos de economia espacial e aplicação de experimentos reais

controlados. Esta dissertação utiliza um modelo EGC que engloba características estruturais e inter-regionais do sistema econômico brasileiro, de forma integrada e consistente, que aumenta a robustez do método.

### **1.1 Infra-Estrutura de transporte no Brasil**

O fluxo de mercadorias entre regiões, isto é, a possibilidade de realizar importações e exportações é visto como um componente importante na determinação do bem-estar de uma sociedade. O transporte tem como função transferir bens intermediários e finais através das regiões e as condições deste sistema determinam em que grau de eficiência isso ocorrerá. Assim, o desempenho deste setor tem repercussão sobre a competitividade dos demais setores e da economia como um todo. Logo, a eficiência no transporte é um fator estratégico para o crescimento e desenvolvimento de uma região. Dada a importância e a condição de setor-chave do transporte para a economia, os governos procuram melhorar o seu desempenho mediante a realização de investimentos, como pode ser visto, por exemplo, nos projetos do Programa Estadual de Logística de Transporte em Minas Gerais (Minas Gerais, 2006), do Plano Nacional de Logística de Transportes (PNLT) e do Programa de Aceleração do Crescimento (Brasil, 2007), recentemente no Brasil.

A evolução recente mostra que na década de 90 e início dos anos 2000 o setor de transporte passou por uma profunda crise, com conseqüências negativas sobre os outros setores da economia. Para Almeida (2003), tal crise é reflexo da evolução histórica do setor e da crise do padrão de financiamento dos transportes, a qual tem-se revelado um ponto crítico de estrangulamento que ameaça a retomada do desenvolvimento econômico no país. Rigolon (1998) destaca que a queda dos investimentos públicos e a progressiva perda da capacidade do Estado em alocar recursos na expansão e manutenção da infra-estrutura deveram-se à crise das finanças da União ao longo das últimas décadas. Adicionalmente, constatou crescente deterioração da qualidade desses serviços, com impactos não desejáveis sobre a produtividade e a competitividade dos produtos nacionais.

Pêgo Filho *et al.* (1999) subdividem a infra-estrutura em utilidades públicas, serviços públicos e outros setores de transportes. Estas categorias englobam elementos chave para o crescimento econômico, como energia elétrica, telecomunicações, esgoto e gás, rodovias, sistemas de irrigação, infra-estrutura urbana como portos, serviços de transportes



ferroviário urbano e interurbano, transporte rodoviário urbano, hidrovias e aeroportos dentre outros. Para estes autores, a grave crise financeira do Estado brasileiro, nas décadas de 1980 e 1990, tornou-o incapaz de gerar poupança para financiar os investimentos necessários em áreas vitais. Com isso, a redução dos investimentos nestas áreas comprometeria a meta de alcançar crescimento econômico sustentável, uma vez que, dentre outros fatores, inviabilizaria o produto potencial e impediria maior integração da população à economia nacional e os fluxos inter-regionais.

Além da crise do padrão de financiamento e da trajetória recente da economia brasileira, tem-se que a incerteza institucional constitui outro empecilho à retomada dos investimentos em transportes. O Estado brasileiro desempenhou o papel, até a década de 1980, de agente importante na promoção de desenvolvimento econômico por meio de empresas estatais. Esta estratégia perdeu fôlego com o fim do desenvolvimento baseado na substituição de importações e com as privatizações das estatais. O novo modelo institucional, iniciado na década de 1990, baseia-se em funções a qual o Estado incumbe-se de regular, planejar, executar e fiscalizar os investimentos. Essa reorientação no papel do Estado necessitava de fontes novas de financiamento para o setor de transportes. Dentre elas pode-se citar: i) recursos orçamentários sem vinculação; ii) Lei de Concessão Rodoviária; iii) privatização das ferrovias e dos portos; iv) transferência ou delegação de responsabilidade de construção, manutenção e operação de rodovias aos Estados; v) criação da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) (Almeida, 2003; Pêgo Filho *et al.*, 1999).

No início da década de 1990, a institucionalização do setor de transporte não se encontrava concluída, em virtude das mudanças realizadas pela reorientação do marco institucional do Estado brasileiro. A partir da segunda metade da década de 1990, a institucionalização do setor ganha ímpeto com a criação da Agência Nacional dos Transportes (ANT). Marcos regulatórios da maior importância, as Leis nº 8.987 e nº 9.074, de 1995, disciplinaram as concessões de serviços públicos em geral. No tocante aos transportes, a Lei nº 9.277, de 1996, autorizou a União a delegar aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios a administração e exploração de rodovias e portos federais. A promulgação desses direitos legais assinalou o início efetivo da implementação de uma nova política para o setor de transportes. Adicionalmente, o transporte multimodal de cargas, caracterizado por utilizar duas ou mais modalidades de transporte desde a origem até o destino, sob um único

contrato, foi regulamentado pela Lei nº 9.611, de 1998, e pelo Decreto nº 3.411, de 2000. A regulamentação do transporte intermodal adequava-se à orientação de redução da competição intermodal e de maior integração entre os modos de transporte (Cavalcanti, 2002).

As privatizações no setor de transportes ocorreram principalmente entre 1996 e 1998. Segundo Cavalcanti (2002), a consequência direta deste processo está relacionada com uma mudança estrutural em termos de eixos produtivos e configuração institucional do setor, diante dos novos papéis e funções desempenhados pelo governo, por meio de agências reguladoras e concessionárias. Em meados da década de 1990, além da implantação de projetos prioritários, o Governo promoveu a modernização dos instrumentos normativos relacionados ao setor de transporte, viabilizando novos mecanismos que visavam à concretização de relações público-privadas, que poderiam ser capazes de assegurar o aporte de recursos necessários e a recuperação e ampliação da infraestrutura rodoviária e de outros serviços de transporte.

Além dessas mudanças que o setor de transporte passou, observam-se problemas estruturais relacionados com o aumento do custo de transporte. De acordo com Martello (2007), os pedágios das cinco concessões de estradas federais feitas pela União ao setor privado subiram, na média, 45% acima da inflação de 1995 a 2006. O aumento das tarifas de pedágio constitui um fator importante na composição dos preços dos fretes, e o impacto sobre os custos de transporte em virtude disso não são irrelevantes.

Podem-se citar outros problemas graves relacionados com transporte: i) do ponto de vista institucional, inexistente multimodalidade eficaz no sistema de transportes brasileiro. Em 2000, o modo rodoviário representava o dobro da média dos países desenvolvidos e a participação de outros modais como o ferroviário e o dutoviário eram reduzidos. Significa que há uma hipertrofia rodoviária na matriz de transportes brasileira; ii) há forte deterioração da malha rodoviária no setor de transporte, fato problemático em termos de competitividade geral, visto que aproximadamente 60% de todo o fluxo de mercadorias do País é transportado por rodovias. Em 2002, 38% das estradas eram consideradas como regulares ou péssimas. Uma avaliação geral aponta para um Estado geral no mínimo precário das condições da malha rodoviária; iii) em comparação a outros países, a

densidade de tráfego<sup>1</sup> é excessiva no Brasil. A densidade de tráfego da Dinamarca, Áustria e Ucrânia correspondem a apenas 5% da brasileira, a da Holanda, 8% e a dos Estados Unidos, 14% da densidade do Brasil. Tais comparações são indicativos de saturação no uso das rodovias brasileiras (Almeida, 2003).

## **1.2 Políticas de Desenvolvimento para o Nordeste e a BR-101**

O problema de escassez de infra-estrutura observado em termos nacionais é relativamente menor comparado às condições encontradas em regiões menos desenvolvidas do país, em especial o Nordeste. A evolução histórica dos investimentos no Nordeste e no Brasil é uma aproximação razoável para avaliações posteriores relacionadas às carências existentes, em termos regionais, de infra-estrutura. De acordo com Lima (2005), a evolução da formação bruta de capital fixo, elemento importante na composição dos investimentos, mostra que tanto para o Brasil quanto para o Nordeste houve crescimento expressivo na década de 1970 (ambos com crescimento médio de 10,2% ao ano). Na década de 1980, o Nordeste teve crescimento médio positivo da formação bruta de 1,6% ao ano, enquanto o Brasil, crescimento médio negativo de 2,6% ao ano. Este cenário inverte no período 1990/95. O Nordeste passa a apresentar um crescimento negativo da formação bruta (1,7% ao ano) e a média nacional, resultado positivo expressivo (4,2% ao ano).

O crescimento negativo da formação bruta de capital fixo no Nordeste naquele período deveu-se em grande parte a redução dos investimentos públicos. O cenário observado neste caso é consequência direta da crise das finanças do setor público existente na época, mostrando que o Estado detinha poucas ferramentas para dar continuidade a programas voltados para a redução das disparidades regionais. Programas estes, segundo Haddad (1996), iniciados na década de 1950, tinham como foco lidar com questões de desigualdades regionais. As primeiras iniciativas dizem respeito ao combate a seca no Nordeste e à produção da borracha na Amazônia. Diante do quadro de acentuada desigualdade regional, o Estado passou a mobilizar mais intensamente esforços

---

1 Tal indicador expressa o tráfego rodoviário, medido em toneladas-quilômetros, por quilômetro de rodovia pavimentada por ano. Um valor extremamente alto desse indicador pode sinalizar uma saturação no uso das rodovias, que, por sua vez, expressa um alto volume de tráfego de mercadorias ou uma baixa extensão de rodovias pavimentadas ou ambos simultaneamente (Almeida, 2003).

direcionados a áreas periféricas. O objetivo era elaborar e implementar políticas compensatórias para as regiões menos desenvolvidas. Isso foi feito por meio da criação e estruturação de um conjunto de instituições, instrumentos fiscais e financeiros junto ao Poder Central.

Dentre as instituições e programas que foram criados visando o desenvolvimento do Nordeste destacam-se: i) o Banco do Nordeste, que era comprometido com os cuidados de planejamento e realização de programa de desenvolvimento levando em consideração as peculiaridades da região; ii) a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), que era uma instituição regional, mas que detinha voz e voto decisivos dos governadores dos estados da região Nordeste (fortalecidos com a inclusão do Maranhão e de Minas Gerais), ao lado de representantes dos principais ministérios e bancos do Governo federal; iii) o Plano de Integração Nacional (PIN) que estabeleceu um Programa de Redistribuição da Terra e incentivos a lavoura e criação de gado (PROTERRA). Este programa pretendia unir física e economicamente a região Nordeste à região Amazônica e à região Centro-Oeste, facilitando assim as migrações e a ocupação dos territórios pelos nordestinos. No entanto, as condições ecológicas fizeram com que o projeto não tivesse êxito. Além disso, tinha como objetivo promover a irrigação na região Nordeste e; iv) o Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste (POLONORDESTE), que foi direcionado ao desenvolvimento de áreas úmidas e semi-áridas do Nordeste e objetivava implantar pólos rurais de desenvolvimento em bases capitalistas voltados para produzir alimentos e inibir o fluxo migratório (Domingues *et al.*, 2007; Araújo, 1998 e Lopes Neto, 2001).

As ações públicas destinadas a promover o desenvolvimento de áreas mais pobres, sobretudo o Nordeste, e com isso reduzir as disparidades regionais, esgotaram-se em grande parte ao longo da década de 1980. Dentre os principais fatores que conduziram a menor intervenção pública estão a crise fiscal e financeira do Estado e o processo inflacionário. Esta conjuntura colocou as questões de desenvolvimento regional em segundo plano nas estratégias públicas.

Atualmente a SUDENE encontra-se ativada, após sua recriação pelo Ministério da Integração Nacional em 2003, e tem como objetivo unir esforços das esferas federal, estadual e municipal na promoção do desenvolvimento regional do Nordeste. As ações públicas tomadas com intuito de reduzir as desigualdades regionais parecem ser

fundamentais para alcançar resultados satisfatórios. Isso é percebido de forma mais clara em épocas de inexistência de políticas diretas voltadas para o desenvolvimento das regiões mais pobres. Uma das formas de amenizar e aumentar o potencial de desenvolvimento é por meio da realização de investimentos em infra-estrutura. Como salientado em Haddad (2004b), o aumento da eficiência sistêmica, observada a partir de melhores condições de produção, aumento da produtividade e competitividade, trazem vantagens comparativas para as regiões receptoras de investimentos. Embora projetos específicos, como os do PAC, por exemplo, não objetivem diretamente a redução das disparidades, condições mais apropriadas para isso podem surgir. Neste sentido, as carências no investimento em infra-estrutura parecem acentuar as condições de continuidade das desigualdades espaciais.

A construção e pavimentação da rodovia BR-101, ao longo das décadas de 1960 e 1970, estavam inseridas no esforço público da época na promoção da maior integração entre as regiões do Brasil. A criação de condições adequadas de ligação entre as regiões Sul e Sudeste com o Nordeste ampliaram as possibilidades econômicas e estimularia o deslocamento de recursos em direção ao Nordeste. Tais recursos aumentariam o potencial de crescimento e de desenvolvimento desta região. Tal rodovia tem duas características distintas que é sua capacidade de conectar regiões extremas do Brasil e, por se localizar próxima ao litoral, ter ocupação populacional e urbana significativa no seu entorno.

Atualmente as discussões acerca desta rodovia são com relação ao projeto de intervenção que prevê duplicação em sua malha de Feira Santana (BA) até Natal (RN). De acordo com o Plano Nacional de Desenvolvimento Regional (Brasil, 2006), a realização desta obra é a principal aposta na melhoria da infra-estrutura econômica do Nordeste e equaciona o estrangulamento do transporte que integra seis Estados nordestinos entre Bahia e Rio Grande do Norte. Isso ampliaria a capacidade do fluxo de carga e passageiros, considerando a logística de comercialização da região a partir dos grandes portos.

A duplicação desta rodovia tem implicações estratégicas e econômicas importantes. Estratégico no sentido de que a melhoria das condições desta rodovia estimularia o seu uso mais intensivo, configurando-se também uma rota alternativa entre Sul-Sudeste e o Norte do país. Isso poderia atrair recursos para a região facilitando o processo de desenvolvimento da região. A implicação econômica mais evidente está relacionada com o processo de industrialização do Nordeste. Segundo Diniz (1995), a duplicação desta rodovia, bem como de algumas outras, faz parte de um conjunto de fatores ligados ao

processo de desconcentração industrial no Brasil. A melhoria das condições da malha rodoviária tem efeitos importantes sobre o aumento da integração entre as regiões. Como consequência, esta melhoria teria impacto significativo sobre a reestruturação do espaço industrial no Brasil, com implicações positivas no processo de reversão da polarização da área metropolitana de São Paulo. Benefícios econômicos, traduzidos em padrões mais elevados de eficiência, complementaridade e competitividade, poderiam ser obtidos.

### **1.3 Questões acerca da BR-163**

As rodovias desempenharam papel essencial nos projetos de integração entre a região amazônica e o restante do território nacional. A Amazônia recebeu foco especial de algumas iniciativas públicas, entre as décadas de 1960 e 1980, para a ocupação e modernização de seu território. De acordo com Becker (1990), dentre as causas relacionadas com o interesse dessa ocupação estão o fato de que a região poderia funcionar como um local atrativo para a formação de uma agricultura de menor porte, bem como receber pequenos agricultores expulsos de áreas conflituosas do Nordeste e Sudeste do país. Pode-se citar ainda outros fatores, como a possibilidade de aumentar o grau de influência do Brasil no continente e afirmação da soberania sobre a região, em vista das pressões internacionais para facilitar e expandir o acesso e exploração dos seus recursos naturais.

Tal ocupação foi estimulada, dentre outros fatores: i) pela modernização e criação de instituições, como a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM); ii) pelos incentivos fiscais e de créditos, com liberação de subsídios ao fluxo de capital com crédito a juros baixos; iii) com a efetivação do esforço industrial na região caracterizado pela Zona Franca de Manaus; iv) pela implantação de redes de circulação rodoviária, de telecomunicações e urbana; v) indução de fluxos migratórios visando estimular o povoamento e formação de um mercado de trabalho regional, utilizando para isso projetos de colonização e superposição de territórios federais sobre os estaduais. Os projetos de ocupação, e com isso suas iniciativas, perderam o vigor original com a duas crises do petróleo. A redução da disponibilidade de recursos produziu efeitos contrários aos objetivos iniciais, com o crescimento das atividades voltadas para a exportação de recursos naturais e ascensão de projetos minerais e de financiamentos externos. Não obstante aos impactos ambientais negativos, como desflorestamento, exploração da madeira e expansão

agropecuária, acirraram-se os conflitos sociais de terra entre fazendeiros, posseiros, seringueiros, índios e intensificaram-se os movimentos espaciais da população (Becker, 2005).

Becker (2001) aponta algumas mudanças estruturais relacionadas com o processo de integração da região amazônica com as demais do Brasil: i) a conectividade, cuja maior importância foi a articulação interna e externa do território, por meio das redes de telecomunicações e rodovias; ii) a industrialização, que em decorrência da Zona Franca de Manaus fez a região abdicar do papel exclusivamente extrativista; iii) o povoamento e a estrutura urbana, que negativamente implicou, em termos de urbanização, no inchaço das cidades, favelização e descompasso na oferta e demanda de serviços urbanos, mas que positivamente significou a ascensão de núcleos urbanos em que ocorrem troca de informação, desconcentração populacional, com formação de algumas cidades, formação de um mercado de trabalho e de produtos típicos da floresta; iv) a estrutura social, afirmada a partir de conflitos sociais e ambientais e urbanização com a diversificação social, consolidação de grupos sociais “tradicionais” e a formação de diferentes segmentos como pequenos produtores e comerciantes que não existiam na região; v) a apropriação da terra, verificada pelos conflitos de terra, que envolvem população indígena, seringueiros, produtores e movimento ambientalista e; vi) a “estrutura do imaginário nacional”, que diz respeito a consolidação da Amazônia como uma região do Brasil, caracterizada por questões geopolíticas e de organização social.

As mudanças estruturais, o processo de globalização e da organização da sociedade civil, as novas tendências nacionais, regionais e globais acentuaram a diversidade interna da Amazônia, configurando uma nova geografia amazônica (Becker, 1999). A década de 1990 representou importantes alterações no dinamismo da região, principalmente sobre três aspectos. O primeiro diz respeito ao uso da terra, que em muitos casos é caracterizado pela continuação dos padrões tradicionais de exploração da madeira, pecuária e desflorestamento. Neste ponto observa-se uma grande inovação que é a introdução da agroindústria de grãos e a melhoria da pecuária com métodos mais intensivos de criação. O segundo remete ao incremento da produtividade nas atividades econômicas da região e a influência do dinamismo econômico de outras regiões como o Sudeste, Sul, Tocantins, Mato Grosso e Pará. O Mato Grosso remete a um grande dinamismo relacionado a produção de soja e o Pará, a atividade de mineração e pecuária melhorada. O último

aspecto diz respeito ao povoamento regional, com destaque para a redução relativa da imigração e intensificação das migrações intra-regionais. Um dos principais corredores deste movimento é a rodovia BR-163, conhecida também como Cuiabá-Santarém.

De acordo com Becker (2005), a urbanização da região amazônica durante o processo de ocupação de seu território verificou-se em grande medida em localizações próximas as rodovias, o que gerou também concentração do povoamento nestas localidades. Neste sentido, as rodovias desempenharam um papel importante em um primeiro instante que foi a ocupação do território e integração da região Amazônica com as demais do Brasil, e na fase subsequente como forma primordial para o desenvolvimento da região. Pode-se citar alguns planos específicos ou nacionais recentes que visaram, dentre outros objetivos, a promoção do desenvolvimento regional da Amazônia: i) o Plano Plurianual (PPA); ii) o Plano Amazônia Sustentável (PAS), cujo principal objetivo é produzir crescimento econômico com inclusão social e conservação ambiental. Este plano tem a inovação de aliar ciência e tecnologia baseada em recursos naturais para alcançar novos mercados e gerar emprego. Este plano envolve um impasse entre gestores e ambientalistas relacionado com a melhoria da infra-estrutura; iii) o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento, cujo objetivo central é reduzir os índices de desmatamento, queimadas, grilagem e exploração madeireira ilegal na Amazônia, iv) o PNDE que tem a finalidade de construir um planejamento específico e adequado para a região considerando seus aspectos históricos, geográficos, econômicos, e culturais; v) o Plano BR-163 sustentável.

Este último plano reconhece a importância desta rodovia para o desenvolvimento da região e diz respeito à pavimentação da BR-163 nos trechos entre Guarantã do Norte (MT) e Santarém (PA). O projeto de pavimentação desta rodovia tem origem na década de 1970, mas teve sua evolução obstruída em virtude do impasse entre os grupos “desenvolvimentistas” e “ambientalistas”. Tal Plano atual tenta conciliar os dois interesses, a partir de um novo modelo criado pelo governo federal de planejamento e implantação de estradas, que prevê o aumento da participação comunitária na discussão do tema, audiências públicas e medidas de regularização fundiária. Mello *et al.* (2005) alerta que apesar deste projeto indicar uma construção condicionada as questões ambientais, o Estado em períodos anteriores foi incapaz de acompanhar e controlar de forma apropriada realizações de obras deste porte. No entanto, a proposta do projeto da BR-163 envolve várias instituições do governo federal e estadual e o objetivo de transformá-lo em um



projeto de desenvolvimento regional pode significar métodos alternativos consistentes de construção de estradas na Amazônia.

O projeto de pavimentação da BR-163 faz parte de um conjunto de iniciativas pautadas na estratégia de reduzir os impedimentos de integração da Amazônia no espaço produtivo brasileiro, bem como facilitar os objetivos de consolidação da política de integração regional com os demais países da América do Sul. Com relação a este último objetivo, as iniciativas exigiam ações de grande porte, pois a incorporação de regiões nas extremidades do país requer obras de forte impacto, principalmente ambiental. Parte considerável do argumento dos movimentos ambientalistas baseia-se na idéia de que os projetos públicos de desenvolvimento pautados no incremento e melhoria da infra-estrutura privilegiam obras em estradas e barragens, de impactos ecológicos fortes, em detrimento de outros menores como transporte hidroviário e uso do gás (Mello *et al.*, 2005).

Atualmente discute-se o fato de que o projeto de pavimentação da BR-163 engloba fortes interesses, dentre eles encontra-se a pretensão da redução do custo de exportação da soja do porto de Santarém e outros novos terminais planejados para a região, bem como baratear o transporte de produtos da Zona Franca de Manaus com destino ao Sudeste. Outro ponto observado é o aumento da especulação de terra relacionado ao processo de intensificação da ocupação ao longo do trecho paraense da rodovia. Segundo Smeraldi (2005), são quatro os principais grupos de interesse na pavimentação da BR-163: i) empresas ligadas ao agronegócio da soja, o que inclui produtores, comerciantes e fornecedores de insumos; ii) empresas da Zona Franca de Manaus e de logística relacionada com este enclave industrial; iii) Petrobrás, que é fornecedora de asfalto e combustível e; iv) ocupantes atuais ou potenciais do território ao longo do trecho a ser pavimento da rodovia, o que inclui grileiros, especuladores, companhias colonizadoras, madeireiros e pecuaristas. Os três primeiros grupos teriam participação ativa no investimento, com estimativa de que o complexo da soja responderia com 60% do volume transportado pela rodovia, a Zona Franca de Manaus com 15% do volume e os 25% restantes, seriam principalmente madeira e outras *commodities* agrícolas.

Apesar dos fortes interesses ligados a realização do projeto da BR-163, a atividade econômica principal relacionada a isso, a produção de soja, possui importância relativa na conjuntura do país, principalmente para geração de divisas e contribuição para o abastecimento de alimentos mesmo em nível mundial, assunto bem em voga atualmente.

Em termos regionais, o desenvolvimento da produção de soja ao longo da rodovia pode estimular a fabricação de máquinas e implementos para a produção e colheita, equipamentos para secagem, armazenamento e industrialização, assim como caminhões, veículos e componentes para transporte rodoviário. Os pontos a serem pesados, por outro lado, diz respeito aos impactos ambientais relacionados a estas atividades e a ocupação desordenada da região, vistos também na grilagem de terra, intensificação da exploração dos recursos naturais da Amazônia e desmatamento (Smeraldi, 2005).

Devido ao surgimento e intensificação destes problemas na região da BR-163, o governo federal decidiu implementar um programa especial de desenvolvimento regional na área. Ao mesmo tempo, isso atendia as demandas da sociedade civil (ONGs, órgãos governamentais, instituições de pesquisa, população indígena e produtores familiares) que incluíam também melhor monitoramento e gestão ambiental. Kohlhepp (2005) mostrou que o projeto BR-163 sustentável possui características que incorporam, dentre outras, combate a ocupação ilegal de terras públicas, a criação e consolidação de unidades de conservação e terras indígenas, aumento da oferta de serviços nos núcleos urbanos (saneamento básico e água tratada), aumento da segurança alimentar e valorização dos conhecimentos tradicionais sobre a biodiversidade.

#### **1.4 Objetivo Principal e Estrutura da Dissertação**

O trabalho procura avaliar questões pertinentes de políticas direcionadas ao setor de infraestrutura rodoviária no Brasil. Observando um conjunto de intervenções propostas pelo PAC e pelo PNLT, do governo federal, este trabalho se concentrará em dois: o da BR-101 (duplicação) e da BR-163 (pavimentação). A BR-101 atravessa vários estados do Nordeste, o que implica em resultados econômicos importantes para a região e para a economia nacional. O projeto da BR-163 é mais ambicioso que o primeiro, por lidar com questões polêmicas referentes a impactos ambientais, de disputa e desapropriação de terra e de movimento populacional. Ambas as rodovias atravessam vários estados, o que implica em investimentos estratégicos tanto em termos de desenvolvimento regional quanto em termos de maior integração nacional.

Silva & Fortunato (2007) defendem que nas regiões menos desenvolvidas do país a ausência de uma infra-estrutura mínima, principalmente de transportes, compromete o

potencial de crescimento. Argumento este compartilhado por Lessa (1978) e Caiado (2002), que vêem os investimentos em infra-estrutura de transporte como elementos estratégicos nas políticas públicas para o aumento do potencial de crescimento das regiões menos desenvolvidas.

Após esta introdução, é explorada a temática que envolve custos de transporte, com foco especial na economia regional, e apresentada o desenvolvimento de trabalhos que utilizaram modelos de equilíbrio geral para avaliar questões de transporte. A revisão de estudos elaborados desta metodologia serve como referencial para análise crítica da aplicação do instrumental na avaliação de políticas regionais. Em seguida, são apresentados os aspectos metodológicos referentes ao modelo de equilíbrio geral utilizado nas simulações e a estratégia de integração deste ao modelo de transporte geo-referenciado. O capítulo seguinte descreve as simulações, bem como o as hipóteses inerentes a cada uma, os choques e os detalhes sobre os projetos de investimentos estudados. O próximo capítulo mostra os resultados da aplicação do instrumental utilizado na avaliação dos efeitos econômicos desses projetos. Por fim, o último capítulo tece algumas considerações finais sobre os resultados alcançados.

## 2 CUSTO DE TRANSPORTE E MODELOS INTEGRADOS

O custo de transporte foi um dos motivadores da discussão em economia regional da teoria da localização da atividade produtiva. O estudo detalhado desta variável é importante, uma vez que sua magnitude afeta vários aspectos relacionados à eficiência produtiva, competitividade regional e bem-estar. Neste trabalho, apresenta-se primeiramente uma discussão sobre custos de transporte na teoria da localização acompanhada de alguns trabalhos que analisaram o transporte sob várias perspectivas, dentre outras, sua influência no comércio doméstico e internacional, como barreira comercial, como fator determinante para o desenvolvimento econômico. Em seguida, dentro da perspectiva geral do trabalho, são descritos trabalhos empíricos que abordaram o transporte como fator central para análise a partir de modelos EGC, tanto de experiências nacionais, quanto de outros países e regiões.

### 2.1 Custos de transporte e localização da atividade econômica

Discussões em torno do espaço estiveram pouco presente na evolução da teoria econômica do *mainstream*. A geografia, como fator de influencia sobre decisões de localização da produção das firmas e relações de comportamento de consumo, é ignorada em muitos modelos microeconômicos. Em termos históricos, economistas como von Thünen, Launhardt, Weber, Christaller e Lösch tiveram preocupação com teorias que tratassem da localização da atividade econômica. Destacam que, de forma geral, sem alguma análise explícita do relacionamento entre geografia e comportamento de produção/consumo, não é possível discutir adequadamente como as relações de produção/consumo afetarão o comportamento geográfico de uma firma ou consumidor (McCann, 2002).

A análise espacial, como ponto de investigação, tem origem fundamentalmente em von Thunen, que partiu, em certo grau, da economia política clássica de Ricardo, e introduziu elementos importantes para a Teoria Clássica da Localização (Dickinson, 1969). A contribuição de maior expressão surgiu primeiramente em Weber (1969), que teve a preocupação de construir uma teoria que subsidiasse na determinação da localização ótima de uma empresa. Este autor introduziu um conceito próprio de área de mercado, com a

noção de “local de mercado”, no qual o espaço urbano funciona como o próprio local de mercado (Lemos, 1988). Em seguida, destaca-se o trabalho de Christaller (1966). A concepção principal deste autor é a de que a atividade econômica orienta-se pelo mercado consumidor e não pela localização de insumos ou trabalho. Os modelos de Losch (1954) tiveram inspiração em Christaller, evoluindo a idéia original deste autor por meio do pressuposto de que a concentração da atividade econômica pode ocorrer independente de uma particularidade local. Os trabalhos destes dois últimos autores formaram fundamentos conceituais da teoria do lugar central, na qual a localização da atividade econômica poderia formar a base de um sistema urbano (Parr, 2002).

Isard (1956), um dos precursores deste tema, tenta fornecer uma teoria geral acerca da localização e espaço econômico, bem como ferramentas capazes de subsidiar o estudo de questões inerentes a desenvolvimento regional e problemas reais em economia regional. Por meio do conceito de insumos de transporte, equacionou o chamado “problema localizacional” em termos análogos aos formatos tradicionais do arcabouço teórico neoclássico. Fatores locacionais clássicos, especialmente o custo de transporte, aliado às prerrogativas de concorrência perfeita, equilíbrio geral e maximização de lucro, com o instrumental de insumo-produto e o conceito de multiplicador de renda keynesiano, deram origem a um conjunto de interpretações teóricas e instrumental analítico, batizados como *Regional Science*<sup>2</sup> (Diniz, 2006).

Para Rolim (1998), mesmo com as críticas que podem ser feitas à *Regional Science*, há que se reconhecer que ela teve mérito de obrigar economistas a dialogar com outros cientistas sociais para avançar na compreensão de questões territoriais. Destaca, no entanto, que o eixo liderado pela *Regional Science*, intensifica o impasse existente na teoria neoclássica para essa temática, uma vez que conceitos de indivisibilidade e de rendimentos crescentes para explicar os fenômenos espaciais, em especial às economias de aglomeração, tornavam-se evidentes e importantes. As economias de aglomeração constituíam um paradoxo, visto que eram cada vez mais responsáveis pela explicação de fenômenos espaciais, mas que, ao mesmo tempo, se apresentavam pouco claras dentro do quadro teórico de economia regional.

---

<sup>2</sup> Ciência Regional em português.

Weber (1969), assim como Isard (1956), procurou explicar as razões da localização industrial, enfatizando o papel dos custos de transportes de matérias-primas e produtos acabados, em função de sua localização e dos mercados consumidores. Fatores relativamente negligenciados pela *Regional Science*, como mercado de trabalho e economias de aglomeração, eram indispensáveis em sua análise. Assim, este autor propôs uma teoria da localização orientada pelo transporte para explicar a localização das indústrias, de forma que os fatores locacionais eram essenciais para justificar tal localização. Estes fatores poderiam ser classificados de duas formas: fatores gerais e fatores específicos. O principal fator para explicar a localização de uma indústria é o custo de transporte, seguido dos fatores trabalho e renda. O grau de perecibilidade da matéria-prima, o grau de umidade do ar e outros, foram considerados como fatores específicos. O tipo de sistema de transporte e da extensão a ser percorrida, a natureza da região, o tipo de estrada e a natureza das mercadorias – matéria-prima ou produto acabado – determinam a distribuição das indústrias. Dessa forma, os custos de transportes dependem do peso das mercadorias e da distância entre a indústria e a fonte de matéria-prima, e da distância entre a indústria e o mercado consumidor (Alvim *et al.*, 2008).

Na temática do desenvolvimento da economia regional, o transporte tem sido um tópico importante e central na teoria da localização da produção, em especial na teoria da localização orientada pelo custo transporte. Leme (1982) apresenta uma teoria da localização que se fundamenta em várias disciplinas, desde o planejamento da produção até as ciências sociais e regionais. O custo de transporte é avaliado de várias formas: i) por métodos indutivos; ii) por métodos dedutivos; iv) por níveis de abstração e; v) por novos instrumentos. Além disso, expõe formas alternativas de avaliar o transporte, podendo este ter ou não vínculos especificados por linha, árvore ou grafo<sup>3</sup>. Estas especificações são formas geográficas utilizadas para conceituar o tipo de vínculo. Apresenta ainda formas de avaliar a variação do custo de transporte com a localização.

Mais recentemente, tem-se a contribuição de Fujita *et al.* (2002), que condensam em um trabalho, modelos que abordam questões não somente relacionadas diretamente com custo

---

<sup>3</sup> Em termos matemáticos grafo é a representação de um conjunto de pontos (vértices) ligados por retas (arestas). Os grafos têm importante aplicação em estudos regionais, pois podem ser usados para representar mapas de estradas e algoritmos específicos para determinar o caminho mais curto entre dois pontos, ou o caminho mais econômico. Os grafos podem ainda conter pesos (ou custos) nas arestas ou vértices a serem utilizados no cálculo do custo total, por exemplo.

de transporte, mas também de economias de escala em modelos espaciais, economias de aglomeração, aspectos da teoria da base de exportação e do desenvolvimento desigual. Este trabalho tem como uma das principais inovações a forma de modelar fatores econômicos que explicam a distribuição das atividades no espaço. Apesar de adotarem custos de transporte do tipo *iceberg*<sup>4</sup>, parte da contribuição centrou-se na adição de elementos de concorrência imperfeita e economias de escala na modelagem. Discutem que em alguns casos a interação entre retornos crescentes de escala, custos de transporte e mobilidade de fatores explicam a localização industrial. Outra contribuição recente é de McCann (2002), o qual trata da localização da produção motivada pelos custos espaciais relativos aos níveis de uso de insumo e de escoamento do produto, fornecendo aproximações analíticas do problema de localização da produção sob várias perspectivas de custo de transporte. Hoover & Giarratani (2008) destacam a importância dos serviços de transporte e de comunicação na determinação da localização. A relação entre distância e o custo do espaço de circulação de bens e serviços depende de fatores como condições de rota, economias de escala em operações de transportes, duração da viagem, características dos bens e serviços transferidos, e as capacidades técnicas dos meios disponíveis de transportes e comunicações.

Embora o espaço tenha pouca representatividade na teoria econômica clássica, pode-se citar alguns trabalhos cujo interesse especial circundava o transporte. Quinzi & Thissé (1990) construíram um modelo que se baseia em renda fundiária e economias de aglomeração, para que um sistema hierárquico de lugares centrais possa ser socialmente ótimo. A discussão central deste trabalho envolve um dos principais tópicos da teoria da localização que é a teoria do lugar central. Os resultados encontrados indicam que empresas que realizam compras de forma menos freqüente são aglomeradas a firmas que realizam compras mais freqüentes, em qualquer plano em que custos de produção e de transportes são minimizados. Arnott & Stiglitz (1981) exploram a relação entre renda agregada da terra e custo agregado com transporte terrestre para explicar os movimentos no mercado de terra, em situações em que as localizações diferem apenas quanto à acessibilidade. O objetivo era verificar precisamente o grau dessa relação. Em alguns casos, observa-se que, para uma cidade modelada de forma circular com custo de

---

<sup>4</sup> Neste caso a função custo de transporte é convexa, o que implica não ganho de escala na redução dos custos com o aumento da distância percorrida no transporte.

transporte linear, o custo de transporte agregado é duas vezes a renda agregada da terra. E também que, para uma cidade linear com custo de transporte linear, o custo agregado de transporte é exatamente igual à renda agregada da terra. Assim, tem-se de forma geral, que a renda da terra pode permanecer a mesma ou diminuir em virtude de uma melhoria das condições de transporte.

Há também investigações importantes da relação entre comércio internacional e custos de transporte. Samuelson (1952) analisou o problema de transferência nos termos de troca e custo de transporte, em um caso em que restrições estão ausentes. O objetivo do autor era tratar de uma questão pouco abordada pela teoria econômica tradicional: o comércio internacional e os custos de transporte. Examinou de forma detalhada as implicações de uma situação de custo de transporte zero no problema de transferência. Concluiu que as pesquisas não apontam em favor da visão ortodoxa de que as transferências tendem a deteriorar os termos de troca entre países quando os custos de transporte são nulos. Falvey (1976) analisou o custo de transporte na teoria pura de comércio internacional. Utilizou em sua abordagem o transporte como um setor, da mesma forma que as indústrias que realizam comércio de bens. Esta hipótese, apesar de simples, o permitiu integrar o custo de transporte no modelo de comércio padrão. A introdução do setor transporte no modelo padrão de comércio rompe com uma hipótese deste modelo, assim a sua análise concentrou-se nos casos onde a especialização no setor de transporte ocorreu.

Cassing (1978) abordou o custo de transporte na teoria de comércio com o objetivo de comparar tal especificação com uma análise baseada em bens não-comercializáveis. Há uma integração do custo de transporte no modelo de comércio internacional. O transporte foi introduzido como um setor da economia e demanda recursos, enquanto que no modelo de bens não-comercializáveis foram criados elementos de conectividade com o consumo. Os seus resultados sugerem que os custos de transporte são dispendiosos para o comércio internacional, o que suscitou no autor dúvidas quanto à eficiência do padrão de comércio mundial analisado. Geraci & Prewé (1977) estudaram a direção e o nível do fluxo de comércio agregado bilateral em uma rede de comércio de múltiplos países. Incorporaram o custo de transporte como variável chave para analisar as importações e exportações dos países. Chegaram à conclusão que os custos de transporte são importantes para a análise das elasticidades de comércio entre países, mas que é difícil, em alguns casos, encontrar uma variável que meça adequadamente tal custo.



Rousslang & To (1993) avaliaram o comércio doméstico e o custo de transporte como barreira para o comércio internacional. As evidências disponíveis indicam que os custos dos serviços não-comercializáveis por meio de transporte doméstico, no atacado e na margem doméstica, são maiores se o bem é comercializado internacionalmente do que se eles são comercializados diretamente pelos produtores, ou seja, sem intermediação. Isso faria com que as margens domésticas agissem com barreiras naturais ao comércio internacional da mesma forma que os custos de transporte internacionais. Apresentam ainda estimativas das barreiras que as margens domésticas impõem contra as importações americanas, e mostram que elas excedem as barreiras impostas pela combinação entre as tarifas e os custos de transporte internacionais. Melvin (1985) descreveu as conseqüências sobre a economia regional de tarifas e custos de transporte domésticos. Para isso, tentou avaliar a interação entre política de comércio e política regional na presença de custo de transporte. Partiu do pressuposto que o custo de transporte inter-regional é maior do que o custo de transporte no comércio internacional. Os seus resultados mostram que, na presença de custos de transporte, políticas tarifárias podem ter efeito contrário ao esperado. Por exemplo, uma região pode ficar melhor com a presença de uma tarifa, visto que tal tarifa pode mudar o seu padrão de comércio.

Trabalhos que envolvem transporte como estratégia de desenvolvimento, como instrumento de política intervencionista e renda nacional, constituem outros pontos de interesses do tema em questão. Cole (1968) abordou os investimentos estratégicos em transporte como fator essencial para o desenvolvimento econômico dos países. Entendeu que o planejamento de longo prazo nos transportes tem como um dos principais objetivos desenvolver programas de investimento que minimizam custos sociais derivados de acomodação da demanda futura esperada por transporte. Partiu da idéia de que o objetivo primário dos investimentos em transporte em países desenvolvidos e subdesenvolvidos era reduzir os custos de transporte e, conseqüentemente, da economia. Assim, melhorias nas condições de transporte liberam capital para outros investimentos no sistema, por meio da redução dos custos de transporte.

Meyer (1966) discutiu o papel da tecnologia nos transportes no desenvolvimento econômico de países mais atrasados. Defendeu que o investimento nas condições do transporte, bem como em outras áreas, são essenciais para alcançar objetivos de desenvolvimento econômico. Utilizou como argumento a escolha da tecnologia que o país

poderia implementar em sua estratégia de desenvolvimento, dadas suas condições econômicas. Dentro das possíveis escolhas relevantes estavam: i) utilizar tecnologias antigas ou novas; ii) utilizar equipamentos velhos ou novos e; iii) utilizar tecnologias orientadas por trabalho ou orientadas por capital. Assim, os países desenvolvem-se na medida em que utilizam tecnologia e capital mais intensivamente em detrimento de trabalho.

Uma discussão importante sobre a questão das técnicas de planejamento no transporte pode ser encontrada em Roth (1972). Seu texto resumiu a exposição do livro “*Techniques of Transport Planning*”, editado por John R. Meyer (Washington, D.C.: The Brookings Institution, 1971). Destacou que o relacionamento próximo entre transporte e desenvolvimento econômico tem sido muito pesquisado, mas que às vezes não é bem definido ou entendido. Essa ligação envolve fatores relevantes que em muitos casos são desconsiderados, como o problema de planejamento e as decisões que influem no aumento da qualidade do investimento nos transportes. Com relação ao primeiro volume do livro, observou que princípios de teoria de preços, bem-estar econômico, destino do capital e escolha são utilizados como base para políticas de decisão relativas a investimentos em transporte. Com relação ao segundo volume do livro, foi realizada uma descrição da estrutura e uso do modelo de transporte para o caso da Colômbia. De forma geral, defendeu que o trabalho de Meyer apresenta ferramentas valiosas e detalhadas, sob vários aspectos de análise teórica e prática, acerca do planejamento no transporte.

Kuhn (1965) argumentou que o investimento em transporte foi um dos instrumentos mais importantes para o desenvolvimento internacional no pós-guerra e que, vários países desenvolvidos e subdesenvolvidos implementaram de forma decisiva investimentos nesta área. Discutiu o papel do setor de transporte nos planos regionais e setoriais nos objetivos econômicos de curto e longo prazos. Pesquisou e avaliou a evolução do custo - benefício de projetos individuais na área de transporte, seguidos por estudos de financiamento e de submissão de alternativas de planos a serem incorporados por formuladores de política. Discutiu também o papel de modelos de equilíbrio na avaliação de planejamento de programas relacionados ao mercado de trabalho e ao desenvolvimento econômico regional.

Observa-se também aplicações que se alinham com a perspectiva dos trabalhos citados anteriormente e relacionados com transporte. Roberts & Kresge (1968) estudaram a relação entre desenvolvimento social, economia e transporte, aplicado a uma simulação de política

alternativa de transporte para a Colômbia. Argumentam que o planejamento no transporte deve ser integrado com o plano de desenvolvimento geral para que este seja mais efetivo. Neste sentido, o transporte desempenhou papel especial em suas análises. Para isso utilizaram de um modelo macroeconômico integrado com transporte para explorar a interface entre economia de uma nação subdesenvolvida e seu sistema de transporte. A porção macroeconômica do modelo fornece projeções de demanda regional, níveis de produto e renda. O setor de transporte determina as áreas de mercado, distribuição e rotina do fluxo de mercadorias.

Assim, Roberts & Kresge (1968) encontraram medidas, a partir da avaliação do sistema de transporte, que foram utilizadas para alimentar o módulo macroeconômico do modelo. O objetivo era combinar um modelo macroeconômico com uma simulação do sistema de transporte para avaliar comparativamente estratégias de desenvolvimento, políticas de preço e planos de investimento. Chegaram a duas conclusões principais. Primeiro, que o modelo desenvolvido é extremamente analítico e didático. Segundo, que para grandes sistemas de transporte é difícil realizar mudanças que conduza a economias de custos de mais de 20% a 25% ao longo de um período de dez anos, especialmente se o transporte custa menos que 10% da produção total.

Mais recentemente, Shiue (2002) estudou o custo de transporte na China no século XVIII. Utilizou um banco de dados histórico para reavaliar o papel do comércio nas condições de crescimento e desenvolvimento na presença de custos de transporte. Os seus resultados sugerem que estudos anteriores de integração de mercado, os quais atribuem grande parte do crescimento à redução nos custos de transporte, sobreestimaram estes efeitos. Encontrou também que o nível médio de integração de mercado na China era maior do que os resultados anteriores apontavam, e que os efeitos intertemporais são importantes substitutos para o comércio. Tanto a integração de mercado quanto os efeitos intertemporais reduzem a importância do comércio como fator único de explicação para o crescimento posterior.

O trabalho de Finger & Yeats (1976) abordou o custo de transporte como instrumento de política protecionista nos Estados Unidos. Partem do pressuposto que o custo de transporte funciona como proteção aos produtos domésticos em relação aos produtos estrangeiros, tanto quanto as tarifas e quotas de importação. Concluem que os custos de transporte são muitas vezes excluídos das análises de comércio internacional, em virtude da

pressuposição de que tais custos são pequenos em relação aos custos provenientes de tarifas de importação. Caso isso não seja verdade, a análise torna-se insuficiente. Tal trabalho foi importante por ser um dos primeiros a analisar o poder dos custos de transporte como barreira protecionista. Assim, o seu objetivo foi estimar e comparar a importância dos custos de transporte e tarifas como barreiras ao comércio internacional. Os resultados globais indicaram que, medidos em termos de taxas efetivas ou nominais, os custos de transporte representam uma barreira comercial, pelo menos igual às tarifas pós-Kennedy nos Estados Unidos.

Usher (1963) tratou do viés nos transportes em comparação com a renda nacional. Tal trabalho surgiu em meio à discussão acerca dos diferenciais de renda entre as nações. Expôs que a diferença nos mecanismos de preço nos países cria viés na comparação de renda entre os mesmos. Na ausência dos custos de transporte a arbitragem dos preços poderia manter os preços iguais em todos os países, fato que não ocorria. Assim, o viés deveria ser achado da mesma forma com que os custos de transporte afetam o cálculo da renda nacional, diretamente por meio dos preços dos bens comercializáveis, e indiretamente por meio dos preços dos bens não-comercializáveis. O custo de transporte foi usado como cobertura de todas as fontes de diferença espacial de preços. A importância deste trabalho reside no fato de ser um dos pioneiros em utilizar o custo de transporte como instrumento para medir o diferencial de renda entre os países.

Nesta perspectiva, pode-se citar por último o trabalho de Fox (1959), o qual fez uma revisão do trabalho “*Allocation in Space: Production, Transport and Industrial Location*” de Louis Lefebvre, 1958. Descreveu que tal obra apresentara uma teoria de equilíbrio geral neoclássica usada para subsidiar na escolha da localização da indústria e nas alocações espaciais de fatores e distribuição de bens. O argumento construído defende que a teoria walrasiana e a análise econômica neoclássica têm falhado ao desconsiderar os efeitos de relacionamentos espaciais. Assim, o objetivo principal da obra era introduzir nesta análise de equilíbrio geral questões sociais e de atividade econômica que são influenciadas pelo espaço, ou seja, integrar ao modelo de equilíbrio geral a teoria da localização. O uso do equilíbrio geral é uma tentativa de se diferenciar dos economistas regionais clássicos. No trabalho em questão, foi adicionado efeitos espaciais e custos de transporte, fatores estes que eram desconsiderados pelos modelos de equilíbrio construídos anteriormente para analisar a alocação das atividades econômicas e bens no espaço.

A discussão acima remete à introdução do transporte em questões amplamente discutidas na teoria econômica. Alguns autores mencionam que em muitos casos tal elemento é desconsiderado, e que, portanto, as análises podem se tornar equivocadas. O território constitui um campo de estudo que, mesmo inexplorado em alguns casos, representa um tópico importante na avaliação de políticas, em pesquisas e desenvolvimento de métodos de análise regional e urbana. Neste sentido, a abordagem relacionada a transporte, bem como suas particularidades como o custo de transição e tecnologia envolvida, merece atenção no desenvolvimento de pesquisas e em proposta de políticas. Justificam-se estudos nesta área também pelo relacionamento deste tema com crescimento e desenvolvimento econômico regional.

## **2.2 A modelagem do setor de transportes nos sistemas regionais integrados**

Os dados mencionados na introdução do trabalho revelam que o setor de transporte apresenta problemas importantes dentro de uma perspectiva de infra-estrutura para alcançar objetivos de crescimento e desenvolvimento econômico. Dadas as transformações ocorridas recentemente e problemas que foram mostrados acima, além da preocupação do Estado com relação ao transporte, estudos teóricos e aplicados para este setor possuem relevância considerável para avaliar questões de eficiência econômica, crescimento e desenvolvimento regional. Fatos estes que compõem grande parte da motivação do presente estudo. Podem ser encontrados na literatura trabalhos preocupados com a questão do transporte e sua influência sobre diversos aspectos econômicos e sociais sobre uma ótica de economia regional. Destacam-se trabalhos que utilizam ferramentas e métodos de análise regional, principalmente aqueles fundamentados em modelos EGC. Tais modelos consideram características estruturais e inter-regionais do sistema econômico, de forma integrada e consistente. Podem projetar impactos de mudanças econômicas localizadas setorialmente e geograficamente. Além disso, constitui uma ferramenta importante para analisar questões de concentração e equidade regional.

Outra abordagem, fundamentada na relação de equilíbrio geral de insumo-produto, tem como objetivo capturar as interconexões de uma economia, bem como suas transações em um dado período. A análise multi-regional de insumo-produto tem uma vantagem em relação a outros métodos de utilizar uma quantidade menor de informações, o que torna mais fácil a extração dos resultados e mais simples a interpretação dos mesmos. No

entanto, tal método de análise possui alguns problemas, como a existência de coeficientes fixos, ausência de efeitos-preço e restrição quanto à modelagem de efeitos do lado da oferta (Isard *et al.*, 1998). Os modelos de equilíbrio geral baseiam-se no critério walrasiano de determinação endógena e simultânea de preços de equilíbrio e quantidade, com o objetivo de equilibrar os mercados de bens e fatores. Consideram outras especificações como comportamento de agentes, efeitos de preços relativos e flexibilidade na substituição de fatores. Neste sentido, os modelos de equilíbrio geral são menos restritos que os modelos de insumo-produto.

Encontram-se trabalhos importantes na literatura que tratam do transporte e de outros pontos relacionados a este tema empregando modelos de equilíbrio geral. Partridge & Rickman (1998) revisaram uma extensa literatura sobre modelos EGC regionais, teóricos e aplicados. Descreveram trabalhos cujo objetivo principal era o processo de modelagem e os separaram de acordo com a alteração ou inovação realizada na estrutura do modelo. Tais trabalhos foram separados segundo aspectos das funções de produção, do consumo e do investimento privado, do governo regional, dos fatores e produtos de mercado e da parametrização e solução. Descreveram também aplicações dos modelos EGC regionais para vários temas, como os efeitos regionais de tarifas e políticas fiscais, incluindo custo de transporte nas tarifas, os efeitos regionais de políticas na agricultura, meio ambiente e recursos naturais, os efeitos de políticas fiscais e efeitos regionais de políticas de transporte. Sugerem ainda direções futuras para pesquisa nos modelos em questão sob alguns pontos, como formas funcionais, parametrização, análise de sensibilidade dos parâmetros dos modelos, tratamento do mercado de trabalho, especificação do setor governo regional, estrutura de mercado e modelagem dinâmica em equilíbrio geral.

Em termos de formulação teórica com fins de aplicação envolvendo o transporte, Bröcker (1998a) elaborou um modelo EGC protótipo espacial. Partiu de teorias clássicas de equilíbrio geral, em especial o equilíbrio de Arrow-Debreu sob competição perfeita, para desenhar um modelo parcimonioso. Tal modelo foi construído para uma economia fechada. O trabalho, entretanto, não apresenta aplicação para o modelo desenvolvido.

Existem diversas aplicações de modelos EGC para questões que envolvem transporte e comércio. Bröcker (1998b) construiu um modelo EGC espacial com custo de comércio inter-regional presentes, calibrado para cobrir um grande número de regiões na Europa. O objetivo principal deste trabalho era comparar, empiricamente e sob diferentes estruturas

de mercado, os efeitos da redução dos custos de transporte quando há investimentos em infra-estrutura. Neste modelo, utilizou-se apenas dois setores, o que realiza e o que não realiza comércio. As regiões comercializam entre si, sendo esta a única forma de interação entre elas. O transporte é responsável por transferir bens comercializáveis de uma região para outra. São duas as hipóteses de simulação da redução dos custos de transporte com relação à estrutura de mercado prevalecente no setor comercializável: perfeita competição, com retornos constantes de escala, e competição monopolística, com retornos crescentes de escala e livre entrada. Seus resultados indicam que em um experimento real os benefícios provocados por nova capacidade nos transportes sob condições de competição perfeita diferem daqueles sob competição imperfeita, sendo que sob esta última hipótese, os benefícios são ligeiramente maiores do que sob a primeira.

Bröcker & Schneider (2002) quantificam os efeitos de bem-estar social do aumento do fluxo de comércio entre Áustria e seus vizinhos do Leste Europeu, após a abertura comercial dos países desta região. Para isso, os autores utilizaram um modelo EGC multi-regional parcimonioso, tendo os custos de transporte pressupostos do tipo *iceberg*. Um exercício de estática comparativa foi realizado para os períodos de 1989 e 1999. No modelo há nove províncias austríacas e duas regiões externas, uma delas é o resto do Mundo e a outra são os quatro vizinhos do Leste Europeu. A economia foi especificada em dez setores produtivos. A função de produção apresenta tecnologia do tipo *Constant Elasticity of Substitution* (CES) aninhada<sup>5</sup> e usa como fatores de produção capital e trabalho. A estrutura de mercado prevalecente é de competição perfeita. Os principais resultados indicam que o maior fluxo de comércio entre a Áustria e os seus vizinhos do Leste Europeu gera um ganho de bem-estar em torno de 0,66% a 2,20% do Produto Interno Bruto (PIB). O resultado depende das hipóteses do fechamento como o nível de comércio e de flexibilidade do emprego e salários.

Bröcker (2002) utilizou o modelo desenvolvido em Bröcker (1998b) para analisar os efeitos espaciais da política europeia de transporte, bem como verificar a existência de aumento ou redução das desigualdades de renda entre os países da Comunidade Europeia. O custo de transporte foi introduzido no modelo por meio do comércio inter-regional,

---

<sup>5</sup> A função CES é aquela que apresenta elasticidade de substituição (de fatores ou bens) constante. O termo “aninhada”, neste caso, refere-se ao fato dos fatores estarem combinados com a tecnologia Leontief. Tal tecnologia é fundamentada no uso de uma proporção fixa dos fatores.

assumindo que a transferência de bens requer a utilização de serviços de transporte. Modelou duas atividades principais: produção e demanda final. O modelo possui um número grande de regiões (mais de 800), entretanto é pouco detalhado em termos setoriais. Utilizou apenas um fator de produção e dois tipos de bens, os comercializáveis e os não-comercializáveis. Foram realizados dois experimentos, um simulava os efeitos espaciais de novas rodovias, e outro, os efeitos espaciais de uma redução generalizada dos custos de transporte. Concluiu que a redução dos custos de transporte, ou novas redes de transporte, na Europa podem reduzir de forma limitada as diferenças relativas de renda entre os seus países.

Uma importante aplicação dos modelos desenvolvidos por Bröcker (1998b) e Bröcker & Schneider (2002) para o Brasil é observada em Almeida (2003). O objetivo do seu trabalho era analisar a política de transporte e de seu planejamento em Minas Gerais com vistas ao nível de atividade e às disparidades regionais, bem como investigar se há um *trade-off* entre esses indicadores na implementação das políticas investigadas. Utiliza um modelo de equilíbrio geral que incorpora os custos de transporte do tipo *iceberg*. Foram realizadas duas simulações, uma previa queda generalizada dos custos de transporte em razão de uma redução das distâncias, e outra uma queda de custo de transporte devido a uma diminuição dos fretes. Em ambos os experimentos os resultados foram parecidos. Tais resultados indicam de forma geral que os benefícios regionais não são uniformes e que políticas que buscam melhorar as condições dos transportes produzem ganhos de bem-estar social, estimulam o nível de atividade e reduzem as disparidades regionais. Tal trabalho contribui para a discussão acerca do papel das políticas no setor de transporte na redução das desigualdades entre as regiões.

Korzheneych & Schürmann (2007) estudaram o impacto espacial de projetos prioritários do *trans-European transport networks*<sup>6</sup> (TEN) sobre o nível de atividade europeu, bem como os efeitos de transbordamento nos países da União Européia que não recebem e financiam diretamente a nova infra-estrutura. Aplicaram um modelo EGC para a Europa, o *Computable General Europe* (CGEurope), que foi construído para englobar efeitos de bem-estar de desenvolvimentos em infra-estrutura de transporte. As simulações das políticas de transportes são realizadas via variação dos custos de transporte e da

---

<sup>6</sup> Em português seria redes de transporte trans-Européia.



quantificação do impacto sobre o bem-estar das famílias. Tal impacto sobre o bem-estar das famílias é medido pelas mudanças nos preços dos bens e dos fatores. Como resultado principal identificou apenas quatro projetos, dos 30 projetos do TEN, que preenchem as duas condições de eficiência econômica e de nível de atividade para a Europa. Tanto a eficiência quanto o nível de atividade relacionam-se a capacidade dos projetos criarem efeitos de vazamento. Com relação a este trabalho pode-se destacar a preocupação com os efeitos espaciais dos projetos, visto que um dos interesses principais era obter estimativas de efeitos de vazamento para os países que não recebem nem financiam qualquer projeto. Os autores aconselham que projetos rentáveis, que criam efeitos indiretos sobre os países europeus, devem ser alvo de financiamento da União Européia.

Wigle (1992) elaborou um modelo EGC espacial para analisar a relação de comércio entre Canadá e Estados Unidos. Abordou os serviços de transporte como um setor no modelo regional de comércio. A modelagem baseia-se em duas regiões de interesse, Canadá e Estados Unidos, sendo que o primeiro país é dividido em sete regiões. A economia foi separada em 12 setores mais o setor de serviços de transporte. Utilizou uma função CES para determinar o comportamento maximizador de um consumidor representativo, em cada região. Já a produção de cada região foi representada por uma fronteira de possibilidade de produção côncava. Assumiu-se a hipótese de concorrência perfeita em todos os setores. Um dos objetivos do artigo era investigar o papel dos custos de transporte na determinação do bem-estar de restrições ao comércio. A simulação realizada foi a triplicação de todas as tarifas comerciais do Canadá. Verificou dois resultados principais. O primeiro, indicou que os benefícios do livre comércio podem ser reduzidos pela presença dos custos de transporte, desde que os custos de transporte ajam como barreira natural ao comércio. O segundo que o comércio inter-regional normalmente se expande em detrimento do comércio internacional.

Almeida & Guilhoto (2007) estudaram o custo de transporte como barreira ao comércio e à integração econômica no Nordeste. A maior integração entre regiões, neste sentido, deve-se à redução do custo de transporte. O objetivo era comparar os efeitos sobre a economia nordestina de uma integração econômica externa com uma integração interna, tendo como base a redução do custo de transporte. Para isso utilizaram um modelo de equilíbrio geral aplicado espacial para a economia brasileira. No experimento que simula maior integração com o exterior há redução de 10% nas distâncias internacionais com relação ao Nordeste.

No experimento que simula maior integração interna há redução de 10% nas distâncias do Nordeste com relação às outras macrorregiões. Os resultados mostram que os ganhos de bem-estar<sup>7</sup> da integração externa para a economia nordestina são pouco maiores do que em relação à integração interna. Com relação à desigualdade, encontraram que a redução percentual no coeficiente do Gini na simulação com integração externa do Nordeste é ligeiramente maior do que na simulação de integração interna.

Almeida *et al.* (2007) desenvolveram um modelo EGC espacial para analisar a relação entre custo de transporte e desigualdade regional em Minas Gerais. Para isso, incorporam explicitamente os custos de transporte do tipo *iceberg* no modelo de equilíbrio geral. Modelam quatro atividades principais, produção, demanda final, transporte e exportação. O modelo assume como fatores de produção o trabalho e outros fatores e possui 12 regiões domésticas e três regiões externas. Foram realizados, a fim de simularem a redução dos custos de transporte, quatro experimentos contrafactuais baseados no “encurtamento das distâncias”. A redução das distâncias ocorreu entre as regiões de Minas Gerais. Os principais resultados indicam que, se o desenvolvimento da infra-estrutura de transporte for realizado apenas entre as regiões mais pobres, a redução das desigualdades regionais é pequena, no mesmo sentido, se o provimento de infra-estrutura for restrito às regiões mais desenvolvidas, há aumento da desigualdade de renda. Há maior promoção de igualdade regional na simulação em que provimento de infra-estrutura tem como objetivo conectar as regiões mais pobres às regiões mais ricas.

Haddad & Hewings (1999) desenvolveram um modelo EGC para realizar previsão e análise de política para o Brasil. Tal modelo incorpora explicitamente os serviços de transporte tratando-o como um setor da economia. O objetivo principal dos autores era verificar mudanças causadas pelas políticas de abertura dos anos 1990 e a estratégia nacional de crescimento da competitividade internacional. Analisam também efeitos regionais de longo prazo de políticas estruturais, isto é, verificar a interdependência econômica, uma vez que o impacto das políticas difere em vários mercados regionais. A simulação adotada especifica os efeitos de um aumento na produtividade total dos fatores

---

<sup>7</sup> Os autores descrevem ganhos de bem-estar social como os ganhos de utilidade das famílias e são traduzidos em montantes monetários pelo conceito de variação equivalente, que representa uma mudança na renda hipotética que seria necessária fazer a fim de que as famílias ficassem numa situação na qual a sua utilidade fosse igual à situação anterior.

no setor de transporte em todas as regiões. Como resultado geral, encontraram que a região Centro-Sul é a mais beneficiada. Sugerem que a influência de forças de equilíbrio, como efeitos de transbordamento, presentes em razão das ligações intra-regionais e inter-regionais, favorecem as regiões mais desenvolvidas, devido aos diferentes níveis de economias de aglomeração considerados pelo modelo.

Haddad (2004b) estudou metodologias específicas para tratar de retornos crescentes de escala e custos de transporte em modelos espaciais de equilíbrio geral. Construiu um modelo EGC integrado a um modelo de transporte. Um de seus objetivos foi demonstrar as potencialidades do método e aplicabilidade em situações que envolvam processo de planejamento regional. Tal estudo demonstrou também a possibilidade de se avaliar efeitos econômicos de programas ou projetos de transporte específicos (e.g. duplicação de trechos de rodovia, implantação de pedágios, pavimentação, etc), o que auxilia no processo de definição de projetos prioritários, podendo ter foco especial em análise espacial que tenham como meta otimizar benefícios do desenvolvimento regional.

Outro ponto investigado é com relação à integração de modelos EGC a especificações mais detalhadas de transporte, como por exemplo, redes e malhas de transporte. Kim & Hewings (2003) apresentam uma tentativa de associar um modelo de redes de transporte a um modelo EGC inter-regional para a Coreia. Utilizam um modelo multi-regional de equilíbrio integrado com um modelo de redes de transporte para estimar os efeitos de redes sobre o nível de atividade de um conjunto de projetos rodoviários, por região e setores. Encontraram que em um conjunto de rodovias há aumento expressivo do PIB em um horizonte de tempo de 30 anos, sendo que a maior parte deste aumento deve-se aos efeitos de rede. Definem como efeitos de rede a diferença entre a soma do aumento líquido do PIB do desenvolvimento de cada sub-rede da rodovia e a mudança no PIB devido ao desenvolvimento tendencial. Encontraram ainda que o setor de manufatura da Área Metropolitana de Kwangju tem o maior efeito de rede. Além disso, concluem que regiões menos desenvolvidas geram efeitos de rede maiores do que regiões desenvolvidas, o que reforça a idéia de que o desenvolvimento de rodovias pode contribuir para redução das disparidades regionais.

Haddad (2004a), partindo do modelo anteriormente mencionado, implementou para a economia brasileira um modelo EGC interestadual a fim de avaliar os possíveis efeitos regionais de mudanças na política de transporte no Brasil. O custo de transporte foi

modelado com base no fluxo origem-destino e foi incorporado dentro do modelo inter-regional de equilíbrio geral. São considerados na modelagem os 27 estados do Brasil de tal forma que o modelo interestadual de equilíbrio geral possa ser integrado com o modelo de rede de transporte geo-referenciado. A simulação foi a duplicação total da rodovia Fernão Dias que liga Belo Horizonte a São Paulo. Os seus resultados indicam que no longo prazo os efeitos da duplicação nesta rodovia são potencializados em termos de produtividade marginal. Os estados que mais se beneficiaram indiretamente são aqueles mais integrados comercialmente com os mercados mineiros e paulistas, como Amazonas, Rio de Janeiro e Santa Catarina. O autor considera que custos de transporte na análise de sistemas regionais integrados constituem um campo de pesquisa em desenvolvimento e que se mostra promissor. Assim, o trabalho teve como um dos objetivos atentar para o potencial do papel da infra-estrutura no desenvolvimento regional.

Haddad & Perobelli (2004) avaliaram os impactos regionais da liberalização de barreiras ao comércio internacional. Para isso utilizam um modelo EGC integrado a um modelo de transporte geo-referenciado, construído de forma que o impacto espacial da redução de tarifas no Brasil fosse extraído isoladamente. O objetivo central era medir o grau de obstáculo ao comércio dos altos custos de transporte. As simulações foram realizadas com base no corte de 25% de todas as tarifas de importação, o que afetou custos relativos para as regiões e setores. Mostraram que, a partir da consideração explícita do local em que as importações são consumidas, os custos de transporte impõem barreiras espaciais para a transmissão dos benefícios do livre comércio, principalmente para as regiões mais afastadas. Tal trabalho tentou elucidar um dos mecanismos que ligam liberalização de comércio com questões relacionadas a bem-estar, medido pelo acesso da sociedade a maior variedade de bens, e desigualdade regional.

Haddad (2006) utilizou um modelo EGC interestadual operacionalizado para a economia brasileira para avaliar transporte e seus impactos sobre eficiência e desigualdade regional. Os custos de transporte foram modelados explicitamente e o modelo de equilíbrio geral foi integrado ao modelo de transporte geo-referenciado. Eram três os objetivos centrais do estudo: i) apresentar uma estrutura de análise embasada e consistente que permitia a avaliação de efeitos espaciais, setoriais e sobre a renda de mudanças nas políticas de transporte no Brasil; ii) ilustrar a capacidade analítica do modelo de equilíbrio geral e; iii) tratar adequadamente o comércio inter-regional por meio de um sistema de contas

interestadual especificado de forma a ser utilizado na calibragem do modelo. As simulações consideram uma queda generalizada do custo de transporte no sistema interestadual do Brasil. Os principais resultados apontam que a posição central do Estado de São Paulo e de seu entorno exerce forte influência sobre os movimentos espaciais do Brasil. Ganhos de bem-estar regional, assim como ganhos de eficiência regional, estão fortemente associados à melhor acessibilidade aos mercados do Sudeste.

Haddad & Hewings (2007) analisam a importância de redes de transporte a partir de uma aproximação da análise de campo de influência, desenvolvida por Sonis *et al.* (1995), em modelos EGC. O trabalho procura avaliar a sensibilidade estrutural em modelos de equilíbrio geral sob um ambiente de preços flexíveis. A identificação das redes de transporte é feita pelos coeficientes dados pelo campo de influência. O conceito de mensuração de campo de influência é expandido para produzir estruturas qualitativas de influência sob diferentes objetivos de política. O trabalho tentou identificar a importância das redes de transporte sob alguns objetivos de política nacional e regional. Os resultados abrem espaço para mais investigação sobre redes de transporte e o papel de coeficientes gerados por modelos estruturais. Este tipo de estudo tem relevância para avaliar, por exemplo, a relação entre a capacidade do sistema produtivo em responder a choques de demanda no curto prazo e a capacidade do sistema de transporte em responder à maior necessidade de absorção de fluxo de mercadorias.

Haddad *et al.* (2007) utilizam um modelo de equilíbrio geral inter-regional que incorpora custos de transporte para avaliar o impacto econômico de mudanças na infra-estrutura de transporte rodoviário em Minas Gerais. A modelagem dos custos de transporte é baseada no fluxo origem-destino. O modelo de equilíbrio geral é integrado a um modelo georeferenciado de rede de transportes, o *Highway Development and Management* (HDM), desenvolvido pelo Banco Mundial. Tal procedimento amplia a capacidade de avaliação dos efeitos regionais ao considerar a estrutura espacial da economia do Brasil. As simulações são relativas aos projetos de melhorias nas rodovias BR-381 e BR-262. Os principais resultados sobre a economia nacional mostram que ambos os projetos produzem crescimento do PIB no curto e longo prazos. No entanto, detectam que há aumento de bem-estar apenas no longo prazo. Com relação ao emprego, mostram que tais simulações reduzem o uso de trabalho, mais no curto prazo do que no longo. Em termos regionais, tem-se que as regiões diretamente afetadas pelos projetos são as que mais se beneficiam.

Domingues *et al.* (2007a) utilizaram um modelo EGC multi-regional, calibrado para a economia brasileira, integrado a um modelo de transportes com conexões terrestres feitas por meio de um sistema de transporte bi-modal (rodoviário e hidroviário) geo-referenciado. O custo de transporte entre os estados foi obtido tomando-se como ponto de referência as capitais dos estados. Características das rotas entre as capitais foram obtidas para o menor tempo de viagem, e calculado o seu custo de transporte. Foram implementadas duas simulações, sob dois modos de operação distintos do modelo: curto e longo prazos. No longo prazo, foram considerados dois efeitos dos investimentos: redução dos custos de transporte na economia e elevação da produtividade dos fatores primários regionais. O objetivo era projetar o impacto de um conjunto de investimentos rodoviários (intervenções na malha rodoviária) previstos pelo PAC. Os principais resultados indicam que, no curto prazo, os impactos tendem a favorecer as economias regionais mais desenvolvidas e, no longo prazo, a favorecer as economias regionais menos desenvolvidas.

Há investigação também da questão do custo de transporte e seu relacionamento com temas fundamentais como disparidades regionais e desenvolvimento econômico. Kilkenny (1998) apresentou um modelo EGC espacial para estudar a relação entre redução dos custos de transportes e desenvolvimento rural. Sua análise foi formulada com base em duas regiões: uma rural e outra urbana. Caracterizou seu modelo de acordo com a existência de custos de transporte de bens agrícolas e industriais, economias de escala, diferenciação de produtos e fixação de preços uniformes de entrega e mobilidade espacial para trabalhadores e firmas. Utilizou uma matriz de contabilidade social bi-regional nas simulações e mediu o desenvolvimento rural pela variação da participação dos trabalhadores rurais que escolhem residir em um local rural. O fato do transporte ser barato ou caro depende do custo de transporte ser em favor da concentração urbana (barato) ou da concentração rural (caro). Como resultado, a autora identificou uma relação não-linear entre custos de transporte e desenvolvimento rural. Tal fato deve-se a mudanças nos custos relativos de transportes que podem afetar as taxas de salário regionais, determinando a localização de firmas que possuem a maior parcela de seus custos referentes ao pagamento a fatores de produção.

O transporte, como tema fundamental na análise de economia regional, tem ajudado na incorporação do espaço em muitos modelos e instrumentos de análise. Os modelos EGC têm se beneficiado disso e auxiliado na verificação de pontos importantes relacionados à

economia, desenvolvimento regional e políticas de planejamento, como pôde ser visto em trabalhos apresentados anteriormente. Parece claro haver uma associação entre transporte, desenvolvimento regional e questões relacionadas a bem-estar (e.g. condições de comércio inter-regional ou internacional e custos relativos). Assim, o estudo deste tema constitui considerável relevância em termos teóricos e práticos.

O capítulo seguinte trata dos aspectos metodológicos da modelagem utilizada na avaliação dos projetos estudados. A metodologia de integração de modelos EGC e modelos de transporte representa, dentro da abordagem mencionada, não é apenas um instrumento adequado para análise de políticas de infra-estrutura, mas também contribui para a implementação do método em um estudo aplicado para a economia brasileira. Pontos relevantes existentes em trabalhos destacados neste capítulo como elasticidades de substituição, comércio inter-regional, preços, custos e margens de transporte são discutidos também.

### 3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para alcançar os objetivos o trabalho utilizou um modelo EGC integrado a um modelo de transporte. Tal modelo é o *Integrated Multi-Regional Applied General Equilibrium Model for Brasil* (IMAGEM-B) ou modelo integrado multi-regional de equilíbrio geral para o Brasil, desenvolvido pelo CEDEPLAR para analisar questões como políticas de planejamento econômico, investimento em infra-estrutura, comércio e questões ambientais. Este capítulo será subdividido em cinco seções. A primeira trata dos aspectos específicos do IMAGEM-B, a segunda apresenta as equações do modelo, a terceira a estimação das elasticidades setoriais de comércio regional, quarta descreve duas aplicações deste modelo e a quinta apresenta características do modelo de transporte e sua integração ao modelo EGC.

#### 3.1 Modelo EGC Multi-Regional IMAGEM-B

O modelo EGC multi-regional IMAGEM-B segue a estrutura teórica do modelo TERM, um acrônimo em inglês para *The Enormous Regional Model* (Horridge *et al.*, 2005), calibrado para informações da economia brasileira. A escolha desse modelo se deve à sua capacidade de lidar com choques de políticas que se originam nas regiões e ao tratamento detalhado de margens de transporte e comercialização. Além disso, os requisitos de dados do modelo TERM podem ser bem acomodados com os dados disponíveis para a economia brasileira, especialmente as matrizes de comércio interestadual disponíveis em Vasconcelos & Oliveira (2006).

O IMAGEM-B é um modelo EGC multi-regional 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. Nessa tradição de modelagem também estão outros trabalhos para a economia brasileira, como os modelos PAPA (Guilhoto, 1995), B-MARIA (Haddad, 1999), EFES (Haddad & Domingues, 2001) e SPARTA (Domingues, 2002). O IMAGEM-B decorre do contínuo desenvolvimento do modelo ORANI (Dixon *et al.*, 1982) e de sua versão genérica, o ORANI-G (Horridge, 2000). Uma versão do modelo ORANI-G para a economia brasileira foi apresentada em Ferreira Filho & Horridge



(2004), com um módulo de decomposição *top-down* para a projeção de resultados estaduais.

A estrutura central do modelo EGC é composta por blocos de equações que determinam relações de oferta e demanda derivadas de hipóteses de otimização, e condições de equilíbrio de mercado. Além disso, vários agregados nacionais são definidos nesse bloco, como nível de emprego agregado, saldo comercial e índices de preços.

Ademais, o IMAGEM-B é um modelo multi-regional "*botton-up*", em que resultados nacionais são agregações de resultados regionais. O modelo permite simular políticas geradoras de impactos sobre preços específicos das regiões, assim como modelar a mobilidade regional de fatores (entre regiões ou setores). Outra característica importante e específica do IMAGEM-B é a capacidade de lidar com margens de transporte e comercialização diferenciadas regionalmente. Essa especificidade permite que políticas, por exemplo, direcionadas à melhoria da infra-estrutura de transportes sejam detalhadamente especificadas. O modelo a ser utilizado na dissertação é denominado IMAGEM-B, devido ao banco de dados específico para a economia brasileira e alterações em sua estrutura teórica<sup>8</sup>.

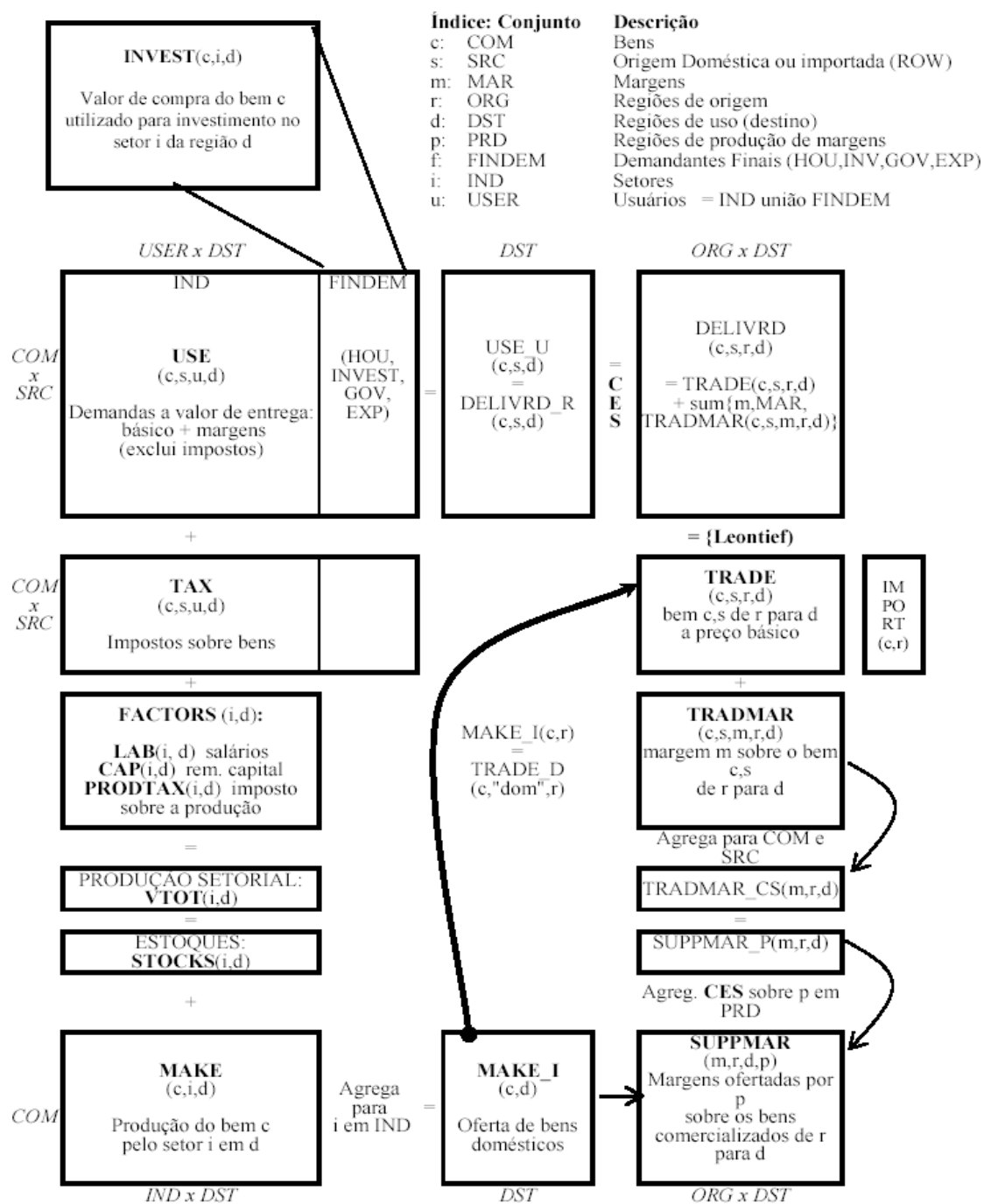
Uma das principais características do modelo IMAGEM-B, comparativamente aos modelos regionais baseados no Monash-MRF (Adams *et al.*, 2000), é sua capacidade computacional de trabalhar com um grande número de regiões e setores a partir de base de dados mais simples. Esta característica decorre da estrutura mais compacta da base de dados e de hipóteses simplificadoras na modelagem do comércio multi-regional. O modelo assume que todos os usuários numa região em particular, de bens industriais, por exemplo, utilizam-se como origem as demais regiões em proporções fixas. Assim, a necessidade de dados de origem por usos específicos no destino é eliminada, assim como a necessidade

---

<sup>8</sup> O IMAGEM-B corresponde ao modelo TERM-CEDEPLAR, que foi elaborado a partir de bases de dados e metodologias desenvolvidas no âmbito do projeto "Estudo para Subsidiar a Abordagem da Dimensão Territorial do Desenvolvimento Nacional no PPA 2008-2011 e no Planejamento Governamental de Longo Prazo", gerenciado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, [www.cgee.org.br](http://www.cgee.org.br)) e financiado pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Contribuíram ao seu desenvolvimento Mauro Borges Lemos, Ricardo Ruiz, Ricardo Martins e Sueli Moro (do Cedeplar-UFMG); Joaquim Bento de Souza Ferreira-Filho (Esaq-USP); Mark Horridge e James Giesecke (CoPS-Monash University, Austrália). A diferença entre o IMAGEM-B e o TERM-CEDEPLAR reside no fato do IMAGEM-B incluir um módulo de decomposição municipal e utilizar estimativas calculadas dos parâmetros de elasticidades setoriais de comércio regional, com base em informações do banco de dados do modelo.

destas informações no banco de dados. Esta especificação do banco de dados é uma vantagem do modelo IMAGEM-B em termos de implementação, dadas as restrições de informações regionais de fluxos de bens. No caso brasileiro, por exemplo, existem matrizes de comércio interestadual por setores (Vasconcelos & Oliveira, 2006), *op cit*, mas não a informação sobre a destinação por uso nas regiões compradoras. Esta informação foi utilizada para calibrar as matrizes de comércio do modelo IMAGEM-B, o que o distingue das versões calibradas para outros países.

**FIGURA 1 – Fluxos do banco de dados do modelo IMAGEM-B**



Fonte: Adaptado de Horridge *et al.* (2005)

A Figura 1 é uma representação esquemática do banco de dados de insumo-produto do modelo. Os retângulos indicam as matrizes de fluxo, as matrizes em negrito indicam os dados armazenados no modelo, representando o núcleo do banco de dados. As demais matrizes são calculadas a partir do núcleo do banco de dados. As dimensões das matrizes são definidas por índices (c, s, i, m, etc) que correspondem aos conjuntos da Tabela 1.

**TABELA 1 – Principais conjuntos do modelo**

Índice	Conjunto	Descrição
s	SRC	Origem doméstica ou importada (ROW)
c	COM	Bens
m	MAR	Margens (comércio e transporte)
i	IND	Setores
d	DST	Regiões de uso (destino)
r	ORG	Regiões de origem
p	PRD	Regiões de produção de margens
f	FINDEM	Demandantes Finais (HOU, INV, GOV, EXP);
u	USER	Usuários = IND mais FINDEM

Os conjuntos DST, ORG e PRD são na verdade o mesmo, nomeados de maneira distinta de acordo com o contexto de aplicação. As matrizes da Figura 1 mostram os valores dos fluxos de acordo com 3 métodos:

- Valores básicos = preços de produção (para bens produzidos domesticamente), ou preços CIF (importações)
- Valores de entrega = básicos + margens
- Valores de compra = básicos + margens + impostos = entrega + impostos

Esta diferenciação de valores permite ao modelo capturar o efeito das margens de transporte por fluxo e região de produção das margens.

As matrizes do lado esquerdo do diagrama representam (em cada região) as matrizes convencionais de insumo-produto regionais. A matriz USE no topo esquerdo mostra o valor de entrega da demanda de cada bem (c em COM) seja doméstico ou importado (s em SRC) para cada região de destino (DST) para cada tipo de uso (conjunto USER compreende os setores, IND, e 4 demandantes finais: famílias, HOU, investimento, INV, governo, GOV, e exportações, EXP).

Alguns elementos típicos da matriz USE mostram, por exemplo:

- USE ("Agropecuária", "dom", "Alimentos", "MG") : produto agropecuário produzido domesticamente e utilizado pelo setor de alimentos em Minas Gerais;

- USE (“Alimentos”, “imp”, “HOU”, “SP”): alimentos importados consumidos pelas famílias de São Paulo;
- USE (“Carnes”, “dom”, “EXP”, “SC”) : carnes produzidas domesticamente e exportadas a partir de um porto em Santa Catarina. Uma parte destas carnes pode ter sido produzida em outra região;
- USE (“Carnes”, “imp”, “EXP”, “RS”) : carnes importadas reexportadas a partir de um porto no Rio Grande do Sul.

Importante notar que a matriz USE não possui informação sobre a origem regional de bens. Como mostra o exemplo acima, a estrutura do modelo permite a princípio a existência de reexportações. Todos os valores na matriz USE são de “entrega”: incluem os valores de margem de comércio e transporte utilizados para trazer o bem até seu usuário regional.

A matriz TAX de receitas de impostos por bens possui um elemento correspondente a cada elemento da matriz USE. Associada às matrizes de custo com fatores primários e impostos sobre a produção, elas formam o custo de produção (ou valor do produto) de cada setor regional. A matriz MAKE na parte de baixo da figura representa o valor de produção de cada bem por cada setor em cada região. Embora a produção de diferentes bens por diferentes setores seja possível, o modelo será utilizado com a correspondência bem = setor, assim a matriz MAKE é quadrada e diagonal em cada região. Um subtotal da matriz MAKE, MAKE\_I, mostra o total de produção de cada bem (c em COM) em cada região de destino d.

O modelo IMAGEM-B trata as variações de estoque de forma bastante simplificada. Primeiramente, as variações de estoque de importações são ignoradas. Para a produção doméstica, variações de estoque são tomadas como um destino da produção setorial, e o restante da produção vai para a matriz MAKE.

O lado direito da Figura 1 mostra o mecanismo de oferta regional. A matriz chave é denominada TRADE, e mostra o valor do comércio inter-regional por origem (r em ORG) e destino (d em DST) para cada bem (c em COM) doméstico ou importado (s em SRC). A diagonal dessa matriz (r = d) mostra o valor do uso local que é ofertado localmente. Para bens importados (s = imp) o subscrito regional r (em ORG) indica o porto de entrada. A

matriz IMPORT, representando a entrada total de importações em cada porto, é simplesmente uma agregação (em DST) da parcela de importações de TRADE.

A matriz TRADMAR indica para cada elemento da matriz TRADE, o valor da margem do bem  $m$  ( $m$  em MAR) que é requerida para facilitar aquele fluxo. A soma das matrizes TRADE e TRADMAR gera a matriz DELIVRD, o valor de entrega (básico + margens) de todos os fluxos intra e inter-regionais. Note-se que TRADMAR não assume nenhuma hipótese sobre em que região o fluxo de margem é produzido, uma vez que o subscrito  $r$  refere-se à fonte do fluxo básico subjacente.

A matriz SUPPMAR representa os locais onde as margens são produzidas ( $p$  em PRD). Ela não possui o subscrito  $c$  (COM) e  $s$  (SRC), o que indica que, para todo o uso do bem de margem  $m$  utilizado na comercialização e no transporte da região  $r$  para a região  $d$ , a mesma proporção de  $m$  é produzida na região  $p$ . A soma de SUPPMAR para o subscrito  $p$  (em PRD) gera a matriz SUPPMAR\_P, que deve ser idêntico ao subtotal de TRADMAR (na soma de  $c$  em COM e  $s$  em SRC), TRADMAR\_CS. No modelo, TRADMAR\_CS é uma agregação CES de SUPPMAR: margens (para um determinado bem e rota) são fornecidas de acordo com o preço daquela margem nas diversas regiões ( $p$  em PRD).

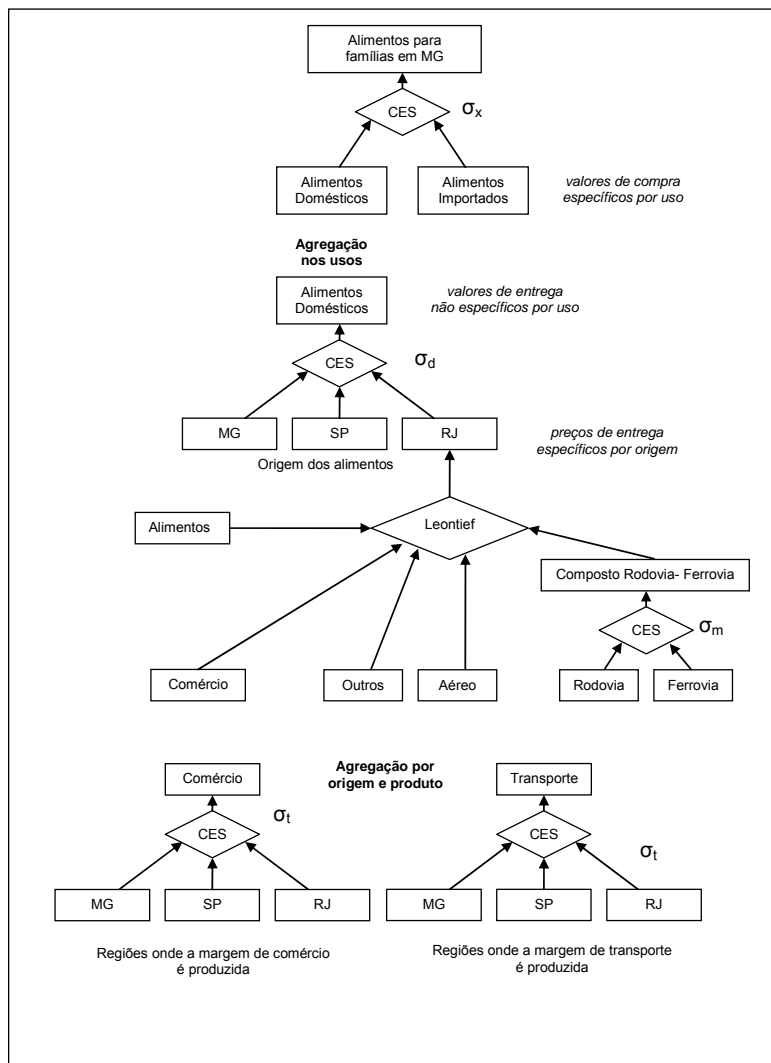
A seguir, são detalhadas algumas características da estrutura teórica do modelo:

#### *Mecanismo de composição por origem das demandas regionais*

A Figura 2 representa o sistema de composição por origem das demandas do modelo IMAGEM-B e representa a composição da demanda das famílias de Minas Gerais por alimentos, por exemplo. Vale lembrar que também se aplica para os outros bens e usos do modelo, sejam setores ou usuários finais. A Figura está segmentada em quatro níveis analisados de cima para baixo. No primeiro nível (I) as famílias escolhem entre alimentos domésticos e importados (de outro país), e esta escolha é descrita por uma especificação CES (hipótese de Armington). As demandas são relacionadas aos valores de compra específicos por uso. A elasticidade de substituição entre o composto doméstico e importado é  $\sigma_x$ . Este parâmetro costuma ser específico por bem, mas comum por uso e região de uso, embora estimativas diferenciadas possam ser utilizadas. As demandas por bens domésticos numa região são agregadas (para todos os usos) de forma a determinar o

valor total. A matriz de uso é valorada em preços de “entrega” – que incluem os valores básicos e de margem, mas não os impostos por uso específico.

**FIGURA 2 – Mecanismo de composição da demanda no modelo IMAGEM-B**



O segundo nível (II) trata a origem do composto doméstico entre as várias regiões. Uma matriz mostra como esse composto é dividido entre as  $r$  regiões de origem. Novamente, uma especificação CES controla esta alocação, com elasticidade  $\sigma_d$ . A especificação CES implica que regiões com queda de custo relativo de produção aumentam seu *market-share* na região de destino do produto. O mecanismo de substituição é baseado em preços de entrega, que incluem margens de comércio e de transporte. Portanto, mesmo que os preços de produção estejam fixos, alterações nos custos de transporte afetam os *market-shares* regionais. Note-se que as variáveis neste nível não possuem o subscrito por uso – a decisão é feita com base em todos os usos (como se atacadistas, e não usuários finais decidissem a

origem dos alimentos importados de outras regiões). A implicação desta hipótese é que em Minas Gerais a proporção de alimentos provenientes de São Paulo, por exemplo, é a mesma no uso das famílias e nos demais usos, como para insumos intermediários dos setores. Esta característica está de acordo com o banco de dados disponível para o comércio interestadual brasileiro, que não especifica o uso dos fluxos por estado de destino.

O nível III mostra como os alimentos do Rio de Janeiro direcionados a Minas Gerais são compostos pelos valores básicos e margens de comércio e transporte rodoviário, ferroviário, e outros. A participação de cada componente no preço de entrega é determinada por uma função do tipo Leontief, de participações fixas. Dessa forma elimina-se a hipótese de que ocorra substituição entre margens de comércio e de transporte dos diversos modais. A participação de cada margem no preço de entrega é uma combinação de origem, destino, bem e fonte. Por exemplo, espera-se que a participação dos custos de transporte no preço de entrega seja elevada entre duas regiões distantes, ou para bens com elevada participação dos custos de transporte em seu preço.

A parte final da hierarquia de substituição (IV) indica como as margens sobre alimentos do Rio de Janeiro para Minas Gerais podem ser produzidas em diferentes regiões. A figura retrata o mecanismo de origem para as margens de transporte rodoviário, mas também se aplica aos outros modais. Espera-se que estas margens sejam distribuídas mais ou menos equitativamente entre origem (Rio de Janeiro) e destino (Minas Gerais), ou entre regiões intermediárias no caso de transporte entre regiões mais distantes (por exemplo, Rio de Janeiro e Mato Grosso). Existe algum grau de substituição nos fornecedores de margem, regulada pela elasticidade  $\sigma$ . Esta elasticidade pode capturar certa capacidade dos transportadores re-alocarem seus depósitos de armazenagem ao longo de rotas (um parâmetro típico para esta substituição é 0,5). Para as margens de comércio, por outro lado, espera-se que uma maior parte da margem seja produzida na região de destino (uso), então o escopo para substituição deve ser menor (a elasticidade pode ser calibrada para algo próximo de zero, como 0,1). Novamente, esta decisão de substituição é tomada no nível agregado. A hipótese implícita é que a participação de São Paulo, por exemplo, na provisão de margens na comercialização de bens entre Bahia e Santa Catarina, é a mesma não importa o bem que esteja sendo transportado.



O mesmo mecanismo de origem de fluxos é aplicado aos bens importados, mas traçando sua origem ao porto de entrada como região de origem (que é o mercado externo).

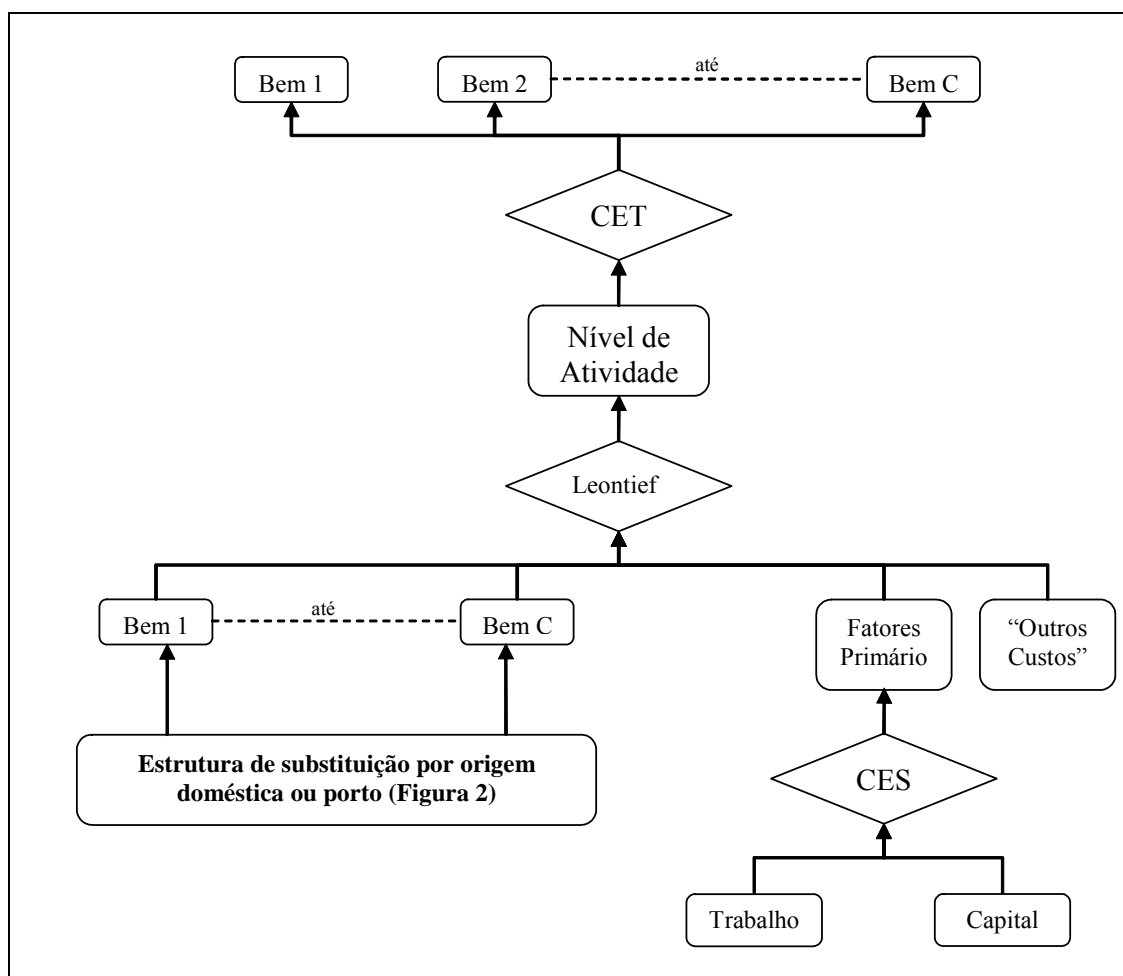
### *Tecnologia de produção setorial*

Cada setor regional pode produzir mais de um produto, utilizando-se de insumos domésticos e importados, trabalho, capital e terra. Esta opção pode ser tratável a partir de hipóteses de separabilidade, que reduzem a necessidade de parâmetros. Assim, a função de produção genérica de um setor é composta por dois blocos, um que diz respeito à composição da produção setorial, e outro que diz respeito à utilização dos insumos. Estes blocos estão conectados pelo nível de atividade setorial. Ademais, o fator terra (utilizado pela Agropecuária, Extrativa Mineral, Petróleo e Gás e Eletricidade) é fixo.

A Figura 3 ilustra a tecnologia de produção adotada no modelo IMAGEM-B, uma especificação usual em modelos EGC multi-produto. Esta especificação define 3 níveis de otimização no processo produtivo das firmas. Descrevendo-os de baixo para cima:

- no primeiro nível uma função CES é utilizada na combinação dos insumos domésticos e importados (Figuras 2 e 3) e entre fatores primários (capital e trabalho), logo, há possibilidade de substituição entre o insumo de origem doméstica e importada, de um lado, e entre trabalho e capital, de outro;
- no segundo 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 terceiro nível, dois blocos de agregação por elasticidade de transformação constante (CET) são adotados para a composição da produção do setor em seus produtos, e destes produtos para destinação local ou exportações. Este mecanismo estabelece uma diferenciação entre os bens destinados à exportação e ao mercado local.

**FIGURA 3 – Estrutura hierárquica da tecnologia de produção**



A utilização de funções CES na tecnologia de produção implica na adoção da chamada hipótese de Armington (1969) na diferenciação de produtos. Por essa hipótese bens de diferentes origens (domésticas ou externas) são tratados como substitutos imperfeitos<sup>9</sup>. Por exemplo, bens agropecuários importados são diferenciados dos bens agropecuários domésticos na sua utilização no processo produtivo. Este tratamento permite que o modelo exiba padrões de comércio intra-setoriais não-especializados, uma importante regularidade empírica encontrada na literatura<sup>10</sup>.

9 Se a elasticidade de substituição for 1, as demandas se comportam como uma função Cobb-Douglas hierarquizada (i.e., participação nos gastos são constantes mesmo com mudanças de preços relativos). Se o parâmetro é igual a zero, a demanda segue a forma de Leontief (i.e., proporções das quantidades constantes independentemente do preço).

10 Sobre diferenciação de produtos no comércio internacional e modelos EGC, ver Melo & Robinson (1989). O comportamento de diversas classes de funções CES é analisado em Perroni & Rutherford (1995).

### *Demanda das famílias*

No modelo, há um conjunto de famílias representativas em cada região, que consome bens domésticos (das regiões da economia nacional) e bens importados. O tratamento da demanda das famílias é baseado num sistema combinado de preferências CES/Klein-Rubin. As equações de demanda são derivadas a partir de um problema de maximização de utilidade, cuja solução segue etapas hierarquizadas. No primeiro nível ocorre substituição CES entre bens domésticos e importados. No nível superior subsequente há uma agregação Klein-Rubin dos bens compostos; assim a utilidade derivada do consumo é maximizada segundo essa função de utilidade. Essa especificação dá origem ao sistema linear de gastos (LES), no qual a participação do gasto acima do nível de subsistência, para cada bem, representa uma proporção constante do gasto total de subsistência de cada família.

### *Demanda por investimentos*

Os “investidores” são uma categoria de uso da demanda final, responsáveis pela produção de novas unidades de capital (formação bruta de capital fixo). Estes escolhem os insumos utilizados no processo de criação de capital através de um processo de minimização de custos sujeito a uma estrutura de tecnologia hierarquizada. Como na tecnologia de produção, o bem de capital é produzido por insumos domésticos e importados. No primeiro nível, uma função CES é utilizada na combinação de bens de origens domésticos e importados. No segundo nível, um agregado do conjunto dos insumos intermediários compostos é formado pela combinação em proporções fixas (Leontief), o que define o nível de produção do capital do setor. Nenhum fator primário é utilizado diretamente como insumo na formação de capital.

A utilização do modelo em estática comparativa implica que não existe relação fixa entre capital e investimento, essa relação é escolhida de acordo com os requisitos específicos da simulação. Por exemplo, em simulações típicas de estática comparativa de longo prazo assume-se que o crescimento do investimento e do capital são idênticos [ver Peter *et al.* (1996)].

A primeira configuração específica que a criação do novo estoque de capital em cada setor está relacionada com a lucratividade do setor. 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 não com a determinação do investimento privado agregado. 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 de choques na alocação do gasto de investimento do ano corrente entre os setores.

#### *Demanda por Exportações, do governo e estoques*

Em um modelo onde o Resto do Mundo é exógeno, a hipótese usual é definir curvas de demanda negativamente inclinadas nos próprios preços no mercado mundial. No IMAGEM-B um vetor de elasticidades (diferenciado por produto, mas não por região de origem) representa resposta da demanda externa a alterações no preço FOB das exportações. Termos de deslocamentos no preço e na demanda por exportações possibilitam choques nas curvas de demanda.

As funções de demanda por exportações representam a saída de bens compostos que deixam o país por uma determinada região (porto). Como a mesma especificação de composição por origem da demanda se aplica às exportações, o modelo pode capturar os custos de transporte de, por exemplo, exportações de produtos de Minas Gerais exportados pelo porto de Vitória (Espírito Santo). Esta característica distinta do modelo permite diferenciar o local de produção do bem exportado e seu ponto (região) de exportação. Convém notar que este tipo de informação (volume de exportações estaduais que deixam o país por determinado porto de saída) está disponível para o Brasil, no sistema Alice da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), e foi utilizada na calibragem do modelo.

A demanda do governo regional no modelo representa a soma das demandas das esferas de governo (federal, estadual e municipal). A demanda do governo não é modelada explicitamente, pode tanto seguir a renda regional como um cenário exógeno.

### *Mercados de trabalho*

O modelo não possui uma teoria para a oferta de trabalho. As opções de operacionalização do modelo são: i) emprego exógeno (fixo ou com variações determinadas por características demográficas históricas) com salários se ajustando endogenamente para equilibrar o mercado de trabalho regional; ii) salário real (ou nominal) fixo e o emprego determinado pelo lado da demanda no mercado de trabalho.

Na configuração padrão de “curto-prazo” todos os salários estão indexados ao índice de preços do consumo na região, ou então indexados a um índice nacional de preços. Na configuração típica de “longo-prazo” o emprego nacional é exógeno, implicando na resposta endógena do salário médio, com diferenças de salário setoriais e regionais fixos. Assim, há mobilidade inter-setorial e regional de trabalho.

### *Equilíbrio de mercados, demanda por margens e preços de compra*

O modelo opera com equações de equilíbrio de mercado para todos os bens consumidos localmente, tanto domésticos como importados. Os preços de compra para cada um dos grupos de uso (produtores, investidores, famílias, exportadores, e governo) são a soma dos valores básicos, impostos (diretos e indiretos) sobre vendas e margens. Impostos sobre vendas são tratados como taxas *ad-valorem* sobre os fluxos básicos. Há equilíbrio de mercado para todos os bens, tanto domésticos como importados, assim como no mercado de fatores (capital e trabalho) em cada região. As demandas por margens (transporte e de comércio) são proporcionais aos fluxos de bens aos quais as margens estão conectadas. Os preços de compra para cada um dos grupos de uso em cada região (produtores, investidores, famílias, exportadores, e governo) são a soma dos valores básicos, impostos (diretos e indiretos) sobre vendas e margens (de comércio e transporte).

O IMAGEM-B é um dos primeiros modelos EGC para o Brasil que implementa a possibilidade de substituição entre modais de transporte (usos de margens de transporte)<sup>11</sup>. Na versão corrente, existe possibilidade de substituição entre as margens de transporte

---

<sup>11</sup> O modelo Brasil-Space (Almeida & Guilhoto, 2007) especifica 3 modais de transporte (rodoviário, ferroviário e hidroviário), e é composto por 5 macrorregiões endógenas no Brasil, 5 regiões externas e 7 setores.

rodoviária e ferroviária. A substituição entre o modal rodoviário e o ferroviário segue a especificação CES, como na substituição entre domésticos e importados. Assim, uma queda de preço do transporte ferroviário comparativamente ao rodoviário gera uma substituição na margem em direção ao modal mais barato.

### *Módulo de Decomposição Microrregional*

O modelo IMAGEM-B possui um módulo de decomposição microrregional, que permite que os resultados estaduais sejam projetados para as microrregiões que constituem cada unidade da federação. A especificação desse módulo garante que os indicadores microrregionais são consistentes tanto com os resultados estaduais como setoriais ou nacionais. A especificação teórica do módulo microrregional segue a extensão ORES do modelo ORANI (Dixon *et al.*, 1982). Esse sistema de equações parte da classificação dos produtos em duas categorias: “microrregional” e “estadual”. Um setor “microrregional” é aquele cuja dinâmica (crescimento) na microrregião segue as variações da demanda local (microrregião). Um setor “estadual” cresce na mesma taxa em todas as microrregiões de um estado, de forma que sua dinâmica está conectada ao nível de atividade do setor estadual. Neste caso, não há alteração da participação do setor microrregional na economia do estado.

No caso dos setores definidos como “microrregionais”, há alteração da participação do setor na economia do estado. Os seguintes setores foram definidos como “microrregionais”: água e saneamento, construção civil, comércio, serviços prestados às famílias, serviços prestados às empresas, aluguel de imóveis e serviços privados não-mercantis. Os demais setores são definidos como “estaduais”. Apenas o componente do consumo das famílias é distinto entre as microrregiões de um estado. Assim, o efeito diferencial na demanda local, que gera a alteração na demanda dos setores “microrregionais”, não é gerado por outros componentes da demanda final (investimento, gastos do governo e exportações).

### 3.2 Equações comportamentais do IMAGEM-B

Nesta subseção, apresentam-se as equações comportamentais subjacentes à teoria do IMAGEM-B. Com intuito de facilitar o entendimento, repete-se aqui a tabela 1 com os principais conjuntos do modelo. As seções 3.2.1 a 3.2.14 apresentam as equações em nível, enquanto que o modelo é codificado no GEMPACK como equações linearizadas. As seções 3.2.1 a 3.2.10, 3.2.13 e 3.2.14, são relativamente padronizadas, aplicada a qualquer número de modelos na escola ORANI (Dixon *et al.*, 1982).

**TABELA 1 – Principais conjuntos do modelo**

Índice	Conjunto	Descrição	Dimensão
s	SRC	Origem doméstica ou importada (ROW)	2
c	COM	Bens	36
m	MAR	Margens (comércio e transporte)	4
i	IND	Setores	36
d	DST	Regiões de uso (destino)	27
r	ORG	Regiões de origem	28
p	PRD	Regiões de produção de margens	27
f	FINDEM	Demandantes Finais (HOU, INV, GOV, EXP);	4
u	USER	Usuários = IND mais FINDEM	40

#### 3.2.1 Escolha dos usuários entre produtos nacionais e importados

Inicia-se detalhando o comportamento teórico do modelo com as equações determinando a demanda composta de produtos nacionais e importados utilizados pelos produtores, famílias e investidores na região *d*. Cada usuário minimiza custo utilizando uma CES (elasticidade de substituição constante) aninhada<sup>12</sup>. Vários aninhamentos seguem este padrão. Cada aninhamento abrange uma equação de quantidade e uma de preço.

<sup>12</sup> Se  $CES = 1$ , a demanda é simplificada a uma Cobb-Douglas aninhada (i.e., participações no gasto permanecem constantes como mudança nos preços relativos). Se  $CES = 0$ , a demanda segue a forma Leontief (i.e., proporções físicas constantes independentes de preço).

A demanda intermediária dos produtores do setor  $i$ , de origem  $s$  com destino a região  $d$ ,  $XINT(c,s,i,d)$ , é proporcional ao total de bens compostos  $c$  demandados pelo setor  $i$  com destino a  $d$ ,  $XINT\_S(c,i,d)$ , e por um termo de preço elevado às elasticidades de substituição entre produtos nacionais e bens importados do bem  $c$ ,  $SIGMADOMIMP(c)$ . O termo de preço é relativo aos preços de compra do bem  $c$  com destino a  $d$ ,  $PPUR(c,s,i,d)$  e aos preços médios de compra na origem,  $PPUR\_S(c,i,d)$ . Mudanças nos preços relativos dos produtos nacionais e importados induzem substituição em favor de bens relativamente mais baratos.

$$XINT(c,s,i,d)/XINT\_S(c,i,d) = [PPUR(c,s,i,d)/PPUR\_S(c,i,d)]^{-[SIGMADOMIMP(c)]} \quad (3.1)$$

Os preços médios de compra ao longo de todas as fontes  $PPUR\_S(c,i,d)$ , multiplicado pela quantidade composta do bem  $c$  pelo setor  $i$  em  $d$   $XINT\_S(c,i,d)$  iguala o valor da soma ao longo das fontes de  $PPUR(c,s,i,d)$  multiplicada por  $XINT(c,s,i,d)$ .

$$PPUR\_S(c,i,d)*XINT\_S(c,i,d) = \sum \{s, SRC, PPUR(c,s,i,d)*XINT(c,s,i,d)\} \quad (3.2)$$

Da mesma forma, a demanda por produtos domésticos e importados das famílias na região  $d$ ,  $XHOU(c,s,d)$ , é proporcional ao total de bens compostos  $c$  demandados pelas famílias na região  $d$ ,  $XHOU\_S(c,d)$  e ao termo de preço elevado às elasticidades de substituição entre bens domésticos e importados,  $SIGMADOMIMP(c)$ . O termo de preço é o preço relativo de compra do bem  $c$  demandados pelas famílias com origem  $s$  na região de destino  $d$ ,  $PPUR(c,s,"Hou",d)$ , e os preços do bem  $c$  ao consumidor em  $d$  é  $PHOU(c,d)$ .

$$XHOU(c,s,d)/XHOU\_S(c,d) = [PPUR(c,s,"HOU",d)/PHOU(c,d)]^{-SIGMADOMIMP(c)} \quad (3.3)$$



Do mesmo modo, o termo de preço  $PPUR\_S(c, "Hou", d)$  multiplicado pela quantidade composta do bem  $c$  das famílias em  $d$ ,  $XHOU\_S(c, d)$ , é igual a soma ao longo das fontes de  $PPUR(c, s, "Hou", d)$ , multiplicado por  $XINT(c, s, "Hou", d)$ .

$$PPUR\_S(c, "hou", d) * XHOU\_S(c, d) = \sum \{s, SRC, PPUR(c, s, "hou", d) * XHOU(c, s, d)\} \quad (3.4)$$

A demanda por produtos domésticos e importados dos investidores na região  $d$ ,  $XINV(c, s, d)$  é proporcional à demanda composta de bens dos investidores totais,  $XINV\_S(c, d)$  e ao preço elevado às elasticidades de substituição entre produtos domésticos e importados do bem  $c$ ,  $SIGMADOMIMP(c)$ . O termo de preço é o preço de compra por origem dos bens de investimento (3.5).

$$XINV(c, s, d) / XINV\_S(c, d) = [PPUR(c, s, "INV", d) / PINVEST(c, d)]^{-SIGMADOMIMP(c)} \quad (3.5)$$

O preço agregado do bem  $c$  no setor de  $PPUR\_S(c, "inv", d)$ , multiplicado pela quantidade de investimento composto,  $XINV\_S(c, d)$  é igual à soma das origens de  $PPUR(c, s, "inv", d)$ , multiplicado por  $XINV(c, s, "inv", d)$ .

$$PPUR\_S(c, "inv", d) * XINV\_S(c, d) = \sum \{s, SRC, PPUR(c, s, "inv", d) * XINV(c, s, d)\} \quad (3.6)$$

### 3.2.2 Substituição de trabalho qualificado

Em seguida, consideramos os tipos de trabalho para minimizar os custos do fator trabalho. Este aninhamento é expresso pelas equações que determinam a demanda por trabalho da indústria  $i$  empregando diferentes ocupações,  $XLAB(i, o, d)$ , e os salários por indústria, ocupação e região,  $PLAB(i, o, d)$ .

$XLAB(i,o,d)$  é proporcional ao insumo trabalho efetivo,  $XLAB\_O(c,i,d)$  e um termo de salário elevado às elasticidades de substituição entre o trabalho em cada indústria  $i$ ,  $SIGMALAB(i)$ . O termo salário é composto de taxas de salário,  $PLAB(i,o,d)$ , em relação ao preço composto do trabalho,  $PLAB\_O(i,d)$ . Mudanças nos preços relativos dos diferentes tipos de trabalho induzem substituição em favor de ocupações relativamente mais baratas.

$$XLAB(i,o,d)/XLAB\_O(i,d) = [PLAB(i,o,d)/PLAB\_O(i,d)]^{-SIGMALAB(i)} \quad (3.7)$$

Obtém-se a solução dos salários a partir da equação salarial, que representa o rendimento composto do trabalho,  $PLAB\_O(i,d)$ .

$$PLAB\_O(i,d)*XLAB\_O(i,d) = \sum \{o,OCC,PLAB(i,o,d)* XLAB(i,o,d)\} \quad (3.8)$$

### 3.2.3 Demanda por fatores primários

Tendo calculado as demandas por trabalho aninhadas, necessita-se agora explicar as demandas por fatores primários baseadas na minimização de custo. Trabalho efetivo, capital, custo e terra são combinados usando uma função CES.  $XLAB\_O$  é proporcional à demanda global por fatores primários,  $XPRIM(i, d)$ , e ao termo de preço elevado à elasticidade de substituição dos fatores primários,  $SIGMAPRIM(i)$ . Dividiu-se também a quantidade e multiplicou-se o preço pelo termo de mudança tecnológica no trabalho,  $ALAB\_O(i,d)$ , para obter a demanda por trabalho efetivo. O termo de preço é composto do preço relativo do trabalho,  $PLAB\_O(i,d)$ , e pelo preço dos fatores compostos,  $PPRIM(i,d)$ . Mudanças nos termos de preços induzem substituição em favor dos fatores relativamente mais baratos (3.9).

$$\begin{aligned} & XLAB\_O(i,d)/[XPRIM(i,d)*ALAB\_O(i,d)] = \\ & [[PLAB\_O(i,d)*ALAB\_O(i,d)]/PPRIM(i,d)]^{-SIGMAPRIM(i)} \end{aligned} \quad (3.9)$$

As mesmas equações de otimização se aplicam a demanda por capital (3.10) e a demanda por terra (3.11).

$$\begin{aligned} & XCAP(i,d)/[XPRIM(i,d)*ACAP(i,d)] = \\ & [[PCAP(i,d)*ACAP(i,d)]/PPRIM(i,d)]^{-SIGMAPRIM(i)} \end{aligned} \quad (3.10)$$

$$\begin{aligned} & XLND(i,d)/[XPRIM(i,d)*ALND(i,d)] = \\ & [[PLND(i,d)*ALND(i,d)]/PPRIM(i,d)]^{-SIGMAPRIM(i)} \end{aligned} \quad (3.11)$$

Os preços dos fatores primários são determinados pela soma do valor dos componentes. Isso resolve para o preço dos fatores compostos, PPRIM(i,d).

$$\begin{aligned} & PPRIM(i,d)*XPRIM(i,d) = \\ & PLAB\_O(i,d)*XLAB\_O(i,d) + PCAP(i,d)*XCAP(i,d) + PLND(i,d)*XLND(i,d) \end{aligned} \quad (3.12)$$

### 3.2.4 Demanda por fatores primários agregados e insumos intermediários

O produto é produzido usando uma combinação de insumos primários XPRIM(i,d) e de bens intermédios XINT\_S(c,i,d) com uma tecnologia Leontief (tecnologia de proporções

constantes). A demanda da indústria pelos fatores primários agregados é proporcional à produção total e aos termos de mudança tecnológica [ATOT(i,d) e APRIM(i,d)].

$$XPRIM(i,d)=XTOT(i,d)*ATOT(i,d)*APRIM(i,d) \quad (3.13)$$

A demanda por bens compostos, XINT\_S(c,i,d) também é proporcional à produção total e aos termos tecnológicos, multiplicada pelos preços relativos [PPUR\_S(c,i,d)/PINT(i,d)] elevado a um parâmetro CES. Reconhecemos três diferentes termos tecnológicos: ATOT(i,d), APRIM(i,d), e AINT\_S(c,i,d). A mudança tecnológica implica mudança no insumo requerido por unidade de produto. Quando estes termos tecnológicos mudam (i.e., queda de magnitude), o mesmo nível de produção é produzido utilizando menos fatores primários XPRIM(i,d) ou intermediários XINT\_S(c,i,d).

$$XINT\_S(c,i,d) = ATOT(i,d)*AINT\_S(c,i,d)* XTOT(i,d) * \\ [PPUR\_S(C,I,D)*AINT\_S(C,I,D)/PINT(i,d)]^{-SIGINT(i,d)} \quad (3.14)$$

A condição de equilíbrio de mercado é tal que as receitas totais (valorado ao preço de produção), PCST(i,d), multiplicado pela quantidade XTOT(i,d), é igual ao total do custo de produção.

$$PCST(i,d)*XTOT(i,d) = \sum \{c,COM,PPUR\_S(c,i,d)*XINT\_S(c,i,d)\} + \sum \{o,OCC,PLAB(i,o,d) \\ *XLAB(i,o,d)\}+PCAP(i,d)*XCAP(i,d)+PLND(i,d)*XLND(i,d) \quad (3.15)$$

### 3.2.5 Impostos de produção

O modelo possui impostos de produção para os custos setoriais. Em (3.16), impostos diretos da produção,  $PTX(i,d)$  são calculado com a alíquota  $PTXRATE(i,d)$  multiplicado pelo valor da produção ( $PCST(i,d)*XTOT(i,d)$ ).

$$PTX(i,d) = PTXRATE(i,d)*PCST(i,d)*XTOT(i,d) \quad (3.16)$$

A equação (3.17) determina os preços do produto da indústria,  $PTOT(i,d)$  pela combinação de (3.15) e (3.16).

$$PTOT(i,d)*XTOT(i,d) = PCST(i,d)[1 + PTXRATE(i,d)]*XTOT(i,d) \quad (3.17)$$

### 3.2.6 A matriz multi-produtos

O modelo considera a possibilidade de que cada setor tenha capacidade multi-produto. A oferta de bens pelos setores,  $XMAKE(c,i,d)$ , são explicadas usando uma função de elasticidade de transformação constante (CET). Os bens ofertados  $c$  do setor  $i$  na região  $d$ ,  $XMAKE(c,i,d)$ , são proporcionais a  $XTOT(i,d)$  e ao termo de preço elevado a  $SIGMAOUT(i)$ , multiplicado pelo termo tecnológico,  $AMAKE(c,i,d)$ . Um termo de preço é composto pelo preço base dos bens domésticos em relação ao preço do produto da indústria. Como  $SIGMAOUT(i)$  tem um sinal positivo, este induz indústrias a produzirem mais de um bem quando seu preço aumenta em relação ao preço composto do setor. Esta equação não é efetivamente atuante no IMAGEM-B, uma vez que cada indústria produz uma única mercadoria, resultando em uma matriz MAKE em que todos os elementos fora de diagonal principal são iguais a zero.

$$XMAKE(c,i,d) = AMAKE(c,i,d) * XTOT(i,d) * \{ [PDOM(c,d)/PTOT(i,d)]^{\sigma_{OUT}(i)} \} \quad (3.18)$$

Na segunda equação, o valor do produto de um setor em  $d$  ( $PTOT(i,d) * XTO(i,d)$ ) é igual à soma do valor dos bens ofertados pelo setor, calculado utilizando os preços domésticos do bem  $c$  em  $d$ ,  $PDOM(c,d)$ .

$$PTOT(i,d) * XTOT(i,d) = \sum \{ c, COM, PDOM(c,d) * XMAKE(c,i,d) \} \quad (3.19)$$

### 3.2.7 Preços de importação

Assumiu-se que a oferta de importações é infinitamente elástica. Assim, o preço das importações do bem  $c$  da região de origem  $r$ ,  $PIMP(c,r)$ , é simplesmente determinado pelos preços estrangeiros de importação,  $PFIMP(c,r)$  multiplicado pela taxa de câmbio nominal  $PHI$ .

$$PIMP(c,r) = PFIMP(c,r) * PHI \quad (3.20)$$

### 3.2.8 Demanda das famílias

Este tópico retoma as demandas das famílias. Elas seguem um LES (também chamado de Stone-Geary ou Klein-Rubin). Este sistema de demanda requer apenas um vetor de elasticidades de gasto (ou participações no orçamento marginal) e um parâmetro Frisch para cada região (Frisch, 1959). O parâmetro Frisch é a razão negativa entre gastos de subsistência e de gastos de não-subsistência: espera-se que tal razão seja maior para famílias pobres do que para famílias ricas. O LES é adequado para amplos agregados de bens onde substituições específicas não são consideradas. Isto é, elasticidades de preços-

cruzados são iguais ao efeito renda dado na equação de Slutsky sem qualquer contribuição dos efeitos de preço-cruzado [ver Chiang (1974)]. Isso implica que todos os bens são complementares fracos. O sistema de gastos não permite a inclusão de bens inferiores (i.e., elasticidades renda negativas). O sistema linear de gastos é formalizado nas equações do IMAGEM-B de demanda das famílias, enquanto no modelo original ORANI ou o modelo que sucedeu o MONASH, os parâmetros de restrições do LES foram impostos em uma equação adicional de demanda geral das famílias.

Define-se os preços dos bens para famílias em  $d$ ,  $PHOU(c, d)$ , como a composição por origem dos preços de compra das famílias,  $PPURS\_s(c, "hou", d)$ .

$$PHOU(c,d) = PPUR\_S(c, "hou", d) \quad (3.21)$$

O nível agregado de gastos de subsistência das famílias  $WSUBSIST(d)$  é o produto do número de famílias  $NHOU(d)$  e a soma dos preços dos bens  $PHOU(c,d)$ , multiplicado pela quantidade de famílias que gastam apenas com bens de subsistência  $XSUBSIST(c,d)$ .

$$WSUBSIST(d) = \sum \{c, COM, PHOU(c,d) * NHOU(d) * XSUBSIST(c,d)\} \quad (3.22)$$

A demanda total das famílias por bens compostos,  $XHOU\_S(c,d)$  é proporcional à participação marginal no orçamento,  $BEM(c,d)$ , multiplicada pelo gasto de não-subsistência ou de luxo (i.e., total menos gasto de subsistência das famílias), dada por  $[WHOUTOT(d) - WSUBSIST(d)]$ .

$$XHOU\_S(c,d) * PHOU(c,d) = MBS(c,d) * [WHOUTOT(d) - WSUBSIST(d)] \quad (3.23)$$

A despesa nominal das famílias  $WHOUTOT(d)$  é o preço correspondente multiplicado pelos termos de gasto real das famílias.

$$WHOUTOT(d) = PHOUTOT(d) * XHOUTOT(d) \quad (3.24)$$

O índice de preços ao consumidor,  $PHOUTOT(d)$ , é a soma do produto dos preços ao consumidor  $PHOU(c,d)$  e participações no orçamento,  $BUDGSHR(c,d)$ .

$$PHOUTOT(d) = \sum \{c, COM, BUDGSHR(c,d) * PHOU(c,d)\} \quad (3.25)$$

### 3.2.9 Demanda por investimento e índices

A seguir, examinam-se as equações referentes à demanda por investimento e índices de preços - condicionados ao investimento por setor. A equação de criação de novo capital no setor  $i$  é obtida através da tecnologia de Leontief (combinação dos insumos intermediários em proporções fixas). A quantidade do bem  $c$  demandado pelo setor  $i$  na região  $d$ ,  $XINVI(c,i,d)$ , é proporcional ao nível de investimento pelo setor  $i$ ,  $XINVITOT(i,d)$  multiplicado pelo termo tecnológico  $AINVI(c,i,d)$ .

$$XINVI(c,i,d) = AINVI(c,i,d) * XINVITOT(i,d) \quad (3.26)$$

Definiu-se, também, o preço de compra do bem  $c$  para o investimento em  $d$ ,  $PINVEST(c,d)$  como o preço de compra do investidor,  $PPUR\_S(c, "INV", d)$ .

$$PINVEST(c,d) = PPUR\_S(c, "INV", d) \quad (3.27)$$



Em seguida, pode ser calculado o índice de preço do investimento do setor  $i$ ,  $PINVITOT(i,d)$ , multiplicado pelo investimento do setor, como a soma dos investimentos para todos os produtos.

$$PINVITOT(i,d)*XINVITOT(i,d) = \sum\{c,COM, PINVEST(c,d)*XINVI(c,i,d)\} \quad (3.28)$$

A última equação, por sua vez, mostra a demanda de investimento por compostos domésticos e importados,  $XINV\_S(c,d)$  como a soma das demandas de todos os setores por bens do investimento,  $XINVI(c,i,d)$ .

$$XINV\_S(c,d) = \sum\{i,IND,XINVI(c,i,d)\} \quad (3.29)$$

### **3.2.10 Demandas por investimento de setores específicos**

Nesta seção, consideram-se as demandas por investimento de setores específicos. A taxa de retorno bruta,  $GRET(i,d)$ , é determinada como a razão entre a rentabilidade do capital (aluguel) e o índice de preço do investimento no setor (preço de novas unidades de capital na abordagem de estática comparativa determinada pelo modelo).

$$GRET(i,d) = PCAP(i,d) / PINVITOT(i,d) \quad (3.30)$$

A taxa de crescimento bruto de capital,  $GGRO(i,d)$ , por sua vez, é uma razão entre o investimento pelo setor,  $XINVITOT(i,d)$  e o uso ou estoque de capital,  $XCAP(i,d)$ .

$$GGRO(i,d) = XINVITOT(i,d) / XCAP(i,d) \quad (3.31)$$

GGRO(i,d) é determinado pela regra de investimento proposta em Dixon *et al.* (1982):

$$GGRO(i,d) = FINV1(i,d) * [\{GRET(i,d)^2\} / INVSLACK]^{0.33} \quad (3.32)$$

### 3.2.11 Demanda por exportações, do governo e estoques

Nesta seção, examinaram-se as demandas do governo, exportações e estoques. A demanda do governo é independente de preços e proporcional a termos de deslocamento, que consiste no deslocamento da função de demanda em diferentes dimensões: por  $d$ , termo de deslocamento da demanda total do governo, FGOVTOT( $d$ ), por  $c$  e  $d$ , termo de deslocamento da demanda agregada do governo, FGOV\_S( $c,d$ ); e por  $c$ ,  $d$  e  $s$ , termo de deslocamento da demanda do governo, FGOV( $c,s,d$ ).

$$XGOV(c,s,d) = FGOVTOT(d) * FGOV(c,s,d) * FGOV_S(c,d) \quad (3.33)$$

A demanda por bens de exportação, XEXP( $c,s,d$ ) é proporcional a uma variável de deslocamento de quantidade exportada, FQEXP( $c,s$ ) multiplicada pelo termo de preço elevado a elasticidade de demanda por exportação EXP\_ELAST( $c$ ). O termo de preço é composto pelos preços de exportação, PPUR( $c,s$ , "EXP",  $d$ ), pela variável de deslocamento do preço de exportação FPEXP( $c,s$ ) e pela taxa de câmbio, PHI.

$$XEXP(c,s,d) / FQEXP(c,s) = [PPUR(c,s, "EXP", d) / [FPEXP(c,s) / PHI]]^{-EXP\_ELAST(c)} \quad (3.34)$$

E por fim, definamos a demanda por estoques,  $XSTOCKS(i,d)$  como proporcional à produção do setor  $i$ ,  $XTOT(i,d)$  multiplicado pelo termo de deslocamento  $FSTOCKS(i,d)$ .

$$XSTOCKS(i,d) = FSTOCKS(i,d) * XTOT(i,d) \quad (3.35)$$

### 3.2.12 Demanda por margens

Até aqui, as equações comportamentais do modelo IMAGEM-B seguiram as especificações de modelos EGC já existentes, tais como o ORANIG (Horridge, 2001). Agora, examinam-se algumas equações específicas do IMAGEM-B.

Primeiramente, somam-se as demandas por região. Pela notação,  $XTRAD\_R(c,s,d)$ , demanda total pelo bem  $(c,s)$  em  $d$ , é a soma através das origens  $r$  de  $XTRAD(c,s,r,d)$ , variável que fornece o detalhamento da especificação da origem de cada um dos usos: intermediário,  $XINT(c,s,i,d)$ ; investimento,  $XINV(c,s,d)$ ; governo,  $XGOV(c,s,d)$ ; e exportação  $XEXP(c,s,d)$ . O pressuposto de origem comum, independente do uso, permite que se omita a dimensão do usuário de  $XTRAD(c,s,r,d)$ . Assim, a demanda total pelo composto regional  $(c,s)$  em  $d$ ,  $XTRAD\_R(c,s,d)$ , é uma soma da demanda de todos os usos.

$$XTRAD\_R(c,s,d) = \sum \{i, IND, XINT(c,s,i,d)\} + \\ XHOU(c,s,d) + XINV(c,s,d) + XGOV(c,s,d) + XEXP(c,s,d) \quad (3.36)$$

Em segundo lugar, tem-se a utilização de demandas por margens que facilitam o fluxo de mercadorias provenientes da região de origem  $r$  com destino a  $d$ . Utilizando uma função de Leontief, a demanda por margens  $XTRADMAR(c,s,m,r,d)$  é uma proporção de  $XTRAD(c,s,r,d)$  multiplicado por um termo de mudança tecnológica no uso da margem,  $ATRADMAR(c,s,m,r,d)$ .

$$XTRADMAR(c,s,m,r,d) = ATRADMAR(c,s,m,r,d) * XTRAD(c,s,r,d) \quad (3.37)$$

O preço de entrega a todos os usuários do bem  $c$ ,  $s$  de  $r$  para  $d$ ,  $PDELIVRD(c,s,r,d)$  é determinado usando a equação (3.38). O lado direito da equação é composto dos preços básicos acrescidos das margens utilizadas.

$$PDELIVRD(c,s,r,d) * XTRAD(c,s,r,d) = PBASIC(c,s,r) * XTRAD(c,s,r,d) + \sum \{m, MAR, PSUPPMAR\_P(m,r,d) * XTRADMAR(c,s,m,r,d)\} \quad (3.38)$$

O próximo passo, baseia-se em detalhar o preço de entrega do bem regional composto  $c$ , de origem  $s$ , com destino  $d$ ,  $PUSE(c,s,d)$ . Para cada bem e região de destino, o usuário escolhe um recurso regional baseado nos preços de entrega,  $PDELIVRD(c,s,r,d)$  e no valor  $[PDELIVRD(c,s,r,d) * XTRAD(c,s,r,d)]$ . O valor de entrega  $[PUSE(c,s,d) * XTRAD\_R(c,s,d)]$  é igual a soma através das origens do valor dos bens entregues.

$$PUSE(c,s,d) * XTRAD\_R(c,s,d) = \sum \{r, ORG, PDELIVRD(c,s,r,d) * XTRAD(c,s,r,d)\} \quad (3.39)$$

Determinou-se, também, a demanda do bem  $c$ , doméstico e importado, da região de origem  $r$  para a de destino  $d$ ,  $XTRAD(c,s,r,d)$  através da multiplicação de  $XTRAD\_R(c,s,d)$  pela participação no comércio,  $STRAD(c,s,r,d)$ , e pelo termo de preço relativo  $[PDELIVRD(c,s,r,d)/PUSE(c,s,d)]$  elevado ao parâmetro  $CES$ ,  $SIGMADOMDOM(c)$ , elasticidade de substituição entre origens.

$$XTRAD(c,s,r,d) = STRAD(c,s,r,d) * XTRAD\_R(c,s,d) * [PDELIVRD(c,s,r,d) / PUSE(c,s,d)]^{-SIGMADOMDOM(c)} \quad (3.40)$$

### 3.2.13 Fontes regionais

Aqui, analisaram-se as equações que determinam onde as margens são produzidas, A demanda pela margem  $m$ , produzida em  $p$  nos bens de  $r$  para  $d$ ,  $XSUPPMAR\_P(m,r,d)$ , é a soma para todos os produtos e fontes de margens  $m$  do bem  $c$ , fonte  $s$  da região  $r$  para  $d$ ,  $XTRADMAR(c,s,m,r,d)$ .

$$XSUPPMAR\_P(m,r,d) = \sum\{c,COM, \sum\{s,SRC, XTRADMAR(c,s,m,r,d)\}\} \quad (3.41)$$

Similarmente, o preço da margem composta  $m$  dos bens  $r$  para  $d$ ,  $PSUPPMAR\_P(m,r,d)$  multiplicado por  $XSUPPMAR\_P(m,r,d)$  é calculado com a soma de todos os fornecedores  $p$  das margens  $XSUPPMAR(m,r,d,p)$  multiplicado pelo seu preço,  $PDOM(m,p)$ .

$$\begin{aligned} &XSUPPMAR\_P(m,r,d)*PSUPPMAR\_P(m,r,d) = \\ &\sum\{p,PRD,XSUPPMAR(m,r,d,p)* PDOM(m,p)\} \end{aligned} \quad (3.42)$$

Além disso, a demanda pela margem  $m$  (produzida em  $p$ ) nos bens de  $r$  para  $d$ ,  $XSUPPMAR(m,r,d,p)$  é proporcional a  $XSUPPMAR\_P(m,r,d)$  multiplicado pelo termo correspondente ao preço. O termo de preço é a razão entre  $PDOM(m,p)$  e  $PSUPPMAR\_P(m,r,d)$  elevado a elasticidade de substituição entre as origens da margem  $m$ ,  $SIGMAMAR(m)$ .

$$\begin{aligned} &XSUPPMAR(m,r,d,p) = XSUPPMAR\_P(m,r,d)* \\ &[PDOM(m,p)/PSUPPMAR\_P(m,r,d)]^{-SIGMAMAR(m)} \end{aligned} \quad (3.43)$$

Feito isto, pode-se determinar  $XSUPPMAR\_D(m,r,p)$  e  $XSUPPMAR\_RD(m,p)$  por meio de  $XSUPPMAR(m,r,d,p)$  somada sobre o destino e a origem, respectivamente.

$$XSUPPMAR\_D(m,r,p) = \sum\{d,DST, XSUPPMAR(m,r,d,p)\} \quad (3.44)$$

$$XSUPPMAR\_RD(m,p) = \sum\{r,ORG, XSUPPMAR\_D(m,r,p)\} \quad (3.45)$$

### 3.2.14 Equações de demanda e oferta

A demanda total pelo bem  $(c,s)$  consumido em  $r$  é igual à demanda total de  $(c,s)$  em  $r$  de todas as origens,  $d$ .

$$TOTDEM(c,s,r) = \sum\{d,DST, XTRAD(c,s,r,d)\} \quad (3.46)$$

Especificamente para fontes domésticas, esta demanda,  $TOTDEM(c,"dom",r)$ , é igual à oferta de bens não-margens,  $XCOM(c,r)$ .

$$XCOM(c,r) = TOTDEM(c,"dom",r) \quad (3.47)$$

Para se definir as margens de serviços,  $XCOM(m,p)$  é composto de demandas diretas por bens produzidos domesticamente em  $p$ ,  $TOTDEM(m,"dom",p)$ , acrescido da demanda por margens produzido em  $p$ ,  $XSUPPMAR\_RD(m,p)$ .

$$XCOM(m,p) = TOTDEM(m,"dom",p) + XSUPPMAR\_RD(m,p) \quad (3.48)$$

A equação de preços mostra que  $PBASIC(c,"dom",r)$  e  $PDOM(c,r)$  são idênticos:

$$PBASIC(c,"dom",r) = PDOM(c,r) \quad (3.49)$$

Para importações,  $PBASIC(c,"imp",r)$  é igual a  $PIMP(c,r)$ .

$$PBASIC(c,"imp",r) = PIMP(c,r) \quad (3.50)$$

Então,  $PPUR(c,s,u,d)$  é calculado através do produto de  $PUSE(c,s,d)$  pelo “poder” dos impostos sobre produtos,  $TUSER(c,s,u,d)$ .

$$PPUR(c,s,u,d) = PUSE(c,s,d) * TUSER(c,s,u,d) \quad (3.51)$$

A receita com imposto sobre produtos em  $d$ ,  $COMTAXREV(d)$ , é obtida a partir do valor total dos bens utilizados multiplicado pela taxa de imposto do produto, sendo que esta taxa é definida como  $TAX(c,s,u,d)/USE(c,s,u,d)$  ou  $[TUSER(c,s,i,d)-1]$ .

$$\begin{aligned} COMTAXREV(d) = & \sum \{c, COM, \sum \{s, SRC, \sum \{i, IND, [TUSER(c,s,i,d)-1] * PUSE(c,s,d) * XINT(c,s,i,d)\} + \\ & [TUSER(c,s,"hou",d)-1] * PUSE(c,s,d) * XHOU(c,s,d) + [TUSER(c,s,"gov",d)-1] * PUSE(c,s,d) \\ & * XGOV(c,s,d) + [TUSER(c,s,"inv",d)-1] * PUSE(c,s,d) * XINV(c,s,d) + \\ & [TUSER(c,s,"exp",d)-1] * PUSE(c,s,d) * XEXP(c,s,d)\} \} \end{aligned} \quad (3.52)$$

### 3.3 Estimação de Elasticidades de Comércio Regional

Um procedimento realizado na calibragem do modelo foi a estimação de elasticidades de comércio regional ou elasticidades de Armington regionais. Similarmente a Bilgic *et al.* (2002) e Haddad (2004b), estimou-se por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) a seguinte equação:

$$\ln(Q) = c + \beta_1 \ln(PINV) + \beta_2 \ln(PIBO) + \beta_3 \ln(PIBD) + \beta_4 \ln(DENSO) + \beta_5 \ln(DENSD) + \varepsilon$$

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;  $PIBD$  é o PIB do estado de destino dos fluxos comerciais;  $DENSO$  é a densidade demográfica do estado de origem das vendas;  $DENSD$  é a densidade demográfica do estado de destino das vendas; e  $\varepsilon$  é o termo de erro do modelo. As variáveis de densidade foram adicionadas a análise em razão da hipótese, segundo Bilgic *et al.* (2002), de que as regiões esparsamente povoadas tendem a produzir domesticamente a maior parte dos bens que consomem.

As informações utilizadas são do banco de dados do modelo IMAGEM-B. A vantagem disso é que os parâmetros ficam condizentes com a estrutura geral do modelo, ampliando a robustez dos resultados. Geralmente este procedimento não é utilizado em modelos de equilíbrio geral, sendo os parâmetros adotados estimativas de outros estudos. Os resultados das regressões são apresentados na Tabela 2. Atividades de serviços, como administração pública, normalmente são ofertadas localmente e possuem pequena substituição regional. Dessa forma, decidiu-se fixar as elasticidades dos setores de serviços em um valor baixo (0,002). Alguns setores industriais apresentaram estimativas não significativas (Petróleo e Gás, Química, Refino de Petróleo e Têxtil) e outros, coeficientes discrepantes (Máquinas e equipamentos e Vestuário). Para contornar este problema foram estimados coeficientes tomando informações do conjunto dos setores industriais, gerando uma estimativa “média



das indústrias”. A regressão gerou um coeficiente significativo (-0,862) relacionado ao logaritmo natural da variável *PINV*. Adotou-se este valor de elasticidade de substituição para os referidos setores.

**TABELA 2 – Estimativas de Elasticidades Setoriais de Comércio Regional para o Brasil: Variável Dependente – ln(Q)**

Setores	ln(PINV)		ln(PIBO)		ln(PIBD)		ln(DensO)		ln(DensD)		Constante		R <sup>2</sup>	Amostra
	Coef.	Erro	Coef.	Erro	Coef.	Erro	Coef.	Erro	Coef.	Erro	Coef.	Erro		
Agropecuária	-3,887*	0,424	0,555*	0,077	-0,252*	0,070	-0,475*	0,072	0,177*	0,056	-10,89*	1,052	0,230	480
Extrativa	-1,301*	0,199	0,014	0,080	0,046	0,077	0,407*	0,070	-0,253*	0,070	-6,491*	0,683	0,216	382
Petróleo e Gás	0,05	0,069	0,392*	0,122	-0,03	0,128	0,151	0,104	-0,046	0,113	-2,797*	1,109	0,100	217
Minerais não-metálicos	-3,421*	0,316	0,701*	0,074	-0,375*	0,067	-0,165*	0,065	-0,036	0,058	-7,627*	0,723	0,344	417
Metalurgia	-1,54*	0,335	0,699*	0,099	-0,394*	0,094	0,048	0,094	0,018	0,068	-8,123*	1,337	0,281	352
Outros Metalúrgicos	-4,827*	1,323	0,729*	0,102	-0,314*	0,088	-0,067	0,079	0,042	0,069	-13,95*	3,270	0,197	390
Máquinas e equipamentos	-29,51*	5,919	1,491*	0,109	-0,161*	0,079	-0,505*	0,087	-0,039	0,073	-81,57*	16,475	0,436	309
Material elétrico	-3,035*	0,530	1,494*	0,100	-0,33*	0,071	-0,203*	0,077	-0,026	0,061	-6,243*	1,093	0,560	310
Equipamento elétrico	-2,044*	0,714	1,305*	0,100	-0,333*	0,077	-0,024	0,071	0,004	0,066	-5,442*	1,651	0,525	310
Automoveis e Onibus	-5,186**	2,656	2,526*	0,141	-0,054	0,077	-0,636*	0,092	0,074	0,065	-5,174	5,541	0,696	184
Peças e Outros Veículos	-5,391*	2,633	1,276*	0,095	-0,2*	0,079	-0,697*	0,081	0,144*	0,069	-10,14**	5,396	0,359	343
Papel, Gráfica e Celulose	-7,574*	0,773	0,966*	0,090	-0,128**	0,066	-0,184*	0,075	-18,96*	0,059	0,09	1,821	0,482	355
Borracha	-7,45*	0,879	1,377*	0,076	-0,253*	0,055	-0,071	0,057	-0,077	0,048	-17,85*	2,046	0,629	371
Química	-0,345	0,573	1,067*	0,077	-0,161*	0,078	-0,017	0,060	-0,023	0,059	-1,867	1,461	0,416	398
Refino de Petróleo	-0,376	0,563	0,7229*	0,081	-0,024	0,093	0,142**	0,073	-0,082	0,071	-3,7**	1,908	0,255	400
Têxtil	0,605	0,447	0,47*	0,070	-0,026	0,072	0,382*	0,074	-0,001	0,063	-2,256**	1,337	0,251	378
Vestuário	-41,15*	5,440	0,786*	0,077	-0,253*	0,063	0,408*	0,077	-0,068**	0,055	-78,95*	9,998	0,458	361
Calçado	-6,358*	0,899	0,594*	0,091	-0,086	0,075	-0,02	0,082	-0,14*	0,066	-17,15*	2,209	0,270	385
Alimentos, Bebidas e Fumo	-5,329*	0,447	0,649*	0,058	-0,289*	0,057	0,018	0,046	-0,184*	0,049	-11,43*	0,842	0,392	525
Madeira	-2,227*	0,567	0,543*	0,096	0,107	0,082	-0,353*	0,096	-0,052	0,072	-4,341*	0,936	0,103	403
Média da Indústria	-0,862*	0,139	1,012*	0,048	-0,276*	0,046	-0,081	0,040	0,035	0,040	-3,321*	0,500	0,532	594

Fonte: Estimativas próprias construídas com base no programa STATA.

Notas: \* Valores significativos a 5%.

\*\* Valores significativos a 1%.

### 3.4 Aplicações do IMAGEM-B

Utilizando a mesma modelagem do IMAGEM-B, encontram-se alguns trabalhos que mostram a operacionalização e implementação do modelo em estudos de infra-estrutura no Brasil. Como salientado anteriormente, Domingues *et al.* (2007a) utilizou tal modelo para projetar o impacto sobre a redução de desigualdades regionais no Brasil de investimentos em infra-estrutura de transporte.

Domingues *et al.* (2007b) analisam um conjunto de simulações de programas de infra-estrutura (Eletricidade, Luz para Todos, Logística, Saneamento, Habitação, Recursos Hídricos, Rodovias, Telecomunicações e Transporte Urbano) no Nordeste, anunciados pelo governo federal do âmbito do PAC, a partir do modelo EGC inter-regional IMAGEM-B. Neste trabalho implementaram-se dezoito simulações, uma para cada um dos nove agrupamentos de investimentos, em dois fechamentos distintos do modelo: curto e longo prazos. O período de curto-prazo implícito nas simulações foi de 4 anos, referente ao tempo necessário para que os investimentos sejam implementados. Já as simulações de longo prazo buscaram capturar os impactos dos investimentos após a construção dos projetos, isto é, a partir do momento em que estes passam efetivamente a operar dentro de cada economia regional e na economia nacional.

Os resultados indicam impactos potenciais sobre esta região, como elevação do nível de atividade e diminuição da desigualdade regional no Nordeste. Os investimentos em infra-estrutura representaram uma elevação de 5,65% do PIB nordestino no longo prazo, acima do que ocorreria se estes investimentos não tivessem ocorrido. Projetaram-se também os efeitos de vazamento sobre outras regiões do Brasil dos investimentos no Nordeste. O Centro-Oeste foi a região mais afetada pelo efeito de longo prazo dos investimentos no Nordeste, seguida do Sudeste e Sul (Domingues *et al.*, 2007b).

Domingues *et al.* (2008) analisou os impactos do conjunto de investimentos do PAC em Minas Gerais. O trabalho teve como objetivo avaliar tanto os efeitos econômicos quanto sobre a desigualdade regional no estado. Foram obtidas também projeções dos efeitos de vazamento para o Restante do Brasil segundo os dois fechamentos adotados nas simulações: curto e longo prazos. Os resultados indicaram que os investimentos tomados em conjunto contribuem significativamente para o crescimento de Minas Gerais, mas tendem a aumentar a desigualdade regional em Minas Gerais, mostrando que programas

voltados à promoção de crescimento podem contribuir de forma negativa para a redução das disparidades.

### **3.5 Modelo de transporte e integração ao IMAGEM-B<sup>13</sup>**

O objetivo do presente estudo consistirá em projetar impactos de investimentos em infraestrutura de transporte rodoviário no Brasil. Investimentos em transportes reduzem custo de transporte em rotas específicas e em toda a rede de transporte. Estas estimativas de redução de custo e de tempo das melhorias realizadas serão utilizadas para alimentar o modelo EGC nas simulações da fase de operação. Assim, o IMAGEM-B não possui a capacidade de estimar a redução de custos de transportes decorrentes destes investimentos, apenas o impacto da redução destes custos. Dessa forma, estimativas externas ao modelo devem ser produzidas. Estimativas da redução do custo de transporte inter-estadual e intra-estadual serão obtidas a partir de um modelo de otimização de rede de transportes geo-referenciada<sup>14</sup>.

O modelo de transportes possui aproximadamente 311.364 potenciais conexões terrestres por meio de um sistema de transporte bi-modal (rodoviário e hidroviário) geo-referenciado. Os 558 nós da rede de transporte representam as maiores cidades de cada microrregião. As distâncias entre as capitais das microrregiões são segmentadas pelo tipo de pavimento e condições gerais das rodovias e estradas: rodovias duplicadas, rodovias em duplicação, rodovias simples ou pavimentadas, rodovias em pavimentação, rodovias de terra, rodovias em más condições e trechos cobertos por hidrovias (tipo 7). Para cada uma dessas rodovias estabelece-se uma velocidade de deslocamento, o que permite definir o tempo de deslocamento entre os pontos de origem e o destino (tabela abaixo).

---

<sup>13</sup> Seção baseada em Domingues *et al.* (2007a).

<sup>14</sup> Como proposto em Kim *et al.* (2004) e Haddad (2004b).

**TABELA 3 – Tipos de pavimento e velocidades**

Tipo	Velocidade
1 – Pista Duplicada	100 km/h
2 – Pista em Duplicação	90 km/h
3 – Pista Simples	80 km/h
4 – Pista Simples em Pavimentação e/ou em Obras	70 km/h
5 – Pista com Leito Natural (Terra)	40 km/h
6 – Pistas em Mau Estado de Conservação	60 km/h
7 – Balsa (Hidrovia)	15 km/h

O modelo de transporte é um algoritmo que calcula a melhor rota entre cada par de nós da rede, de acordo com o tipo de pavimento das pistas (tabela 3) selecionadas. Em seguida, os custos são calculados considerando-se as características dos trechos rodoviários, tendo como base o desempenho de um caminhão padrão. Este procedimento fornece estimativas do custo de transporte na rede no *benchmark*, isto é, antes das intervenções. No projeto da BR-101 é adicionado a melhoria na malha rodoviária prevista por tal intervenção. A partir disso, o algoritmo procura novas rotas, e recalcula o novo custo na rede. A diferença percentual entre as duas situações, antes e depois da intervenção, são os choques de custo utilizados no modelo EGC. O procedimento é análogo no projeto da BR-163, sendo que um projeto é simulado isolado do outro.

O modelo de transporte fornece o cálculo para todos os links na rede, no entanto foram utilizados no modelo EGC apenas os resultados entre capitais estaduais. O resultado intra-estadual considerou a variação do custo entre as todas microrregiões de cada estado e a sua capital, tomando como base a maior cidade em cada uma das microrregiões. A rede de transporte foi implementada no TransCAD, com dados do banco do Guia 4 Rodas do ano de 2007.

Para o cálculo do custo de transporte, a partir dos trechos rodoviários selecionados pelo modelo, a base de tal cálculo consiste num caminhão Mercedes-Benz MB 2540 (cavalo Mecânico trucado), típico da frota brasileira, que percorra 12.000 km/mês, tendo sido obtido no mercado de Belo Horizonte os respectivos valores. A distribuição dos itens do custo dá-se da seguinte maneira:

- i. Custo Fixo: remuneração do capital e remuneração do motorista (salário, encargos e diárias).
- ii. Custo Variável: combustível, lubrificantes, pneus, câmaras, protetores (novos e recauchutagens) e manutenção.

Os custos resultantes, segundo tipos de pavimentos, estão detalhados na tabela abaixo. O diferencial do tipo de pavimento consiste tanto nos custos fixos (velocidade dos veículos impactando nos custos fixos) quanto nos variáveis (desempenho dos veículos).

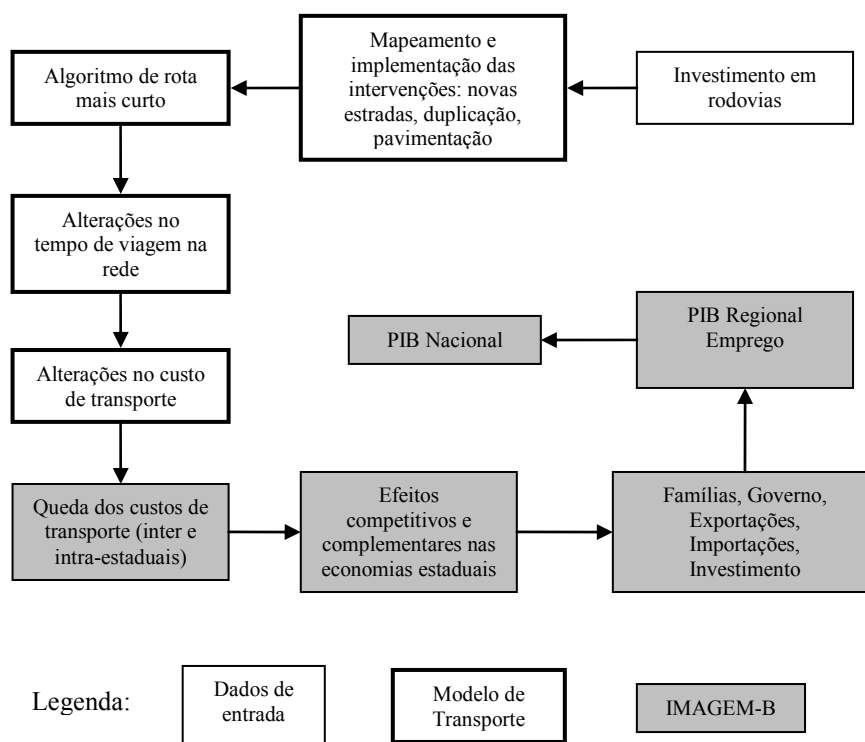
**TABELA 4 – Custos fixo e variável de transporte rodoviário, segundo tipos de pavimento**

Pavimentos	Custo Fixo (R\$/hora)	Custo Variável (R\$/km)
Pista Dupla		0,905
Pista Duplicada		0,9613
Pista Simples		1,0924
Pista em Construção	29,6761	1,1528
Pista Terra		1,3596
Tronco Rodoviário		1,1528
Balsa		-

Fonte: Estimativas do estudo para Mercedes-Benz MB 2540 - 12.000 km/mês.

O custo de transporte entre os estados será obtido tomando-se como ponto de referência as capitais dos estados. Assim, as características das rotas entre as capitais serão obtidas com custo na relação origem/destino, para o menor tempo de viagem, e calculado o seu custo de transporte. Conhecidas as intervenções rodoviárias, a rede de transporte será alimentada com estas intervenções, gerando novas rotas ótimas de menor tempo e, portanto, novos custos de transporte. O diferencial de custo entre a rede inicial e a nova situação gerará as variações de custo que alimentarão o modelo IMAGEM-B nas simulações da fase de operação. A articulação dos modelos é apresentada na figura abaixo.

**FIGURA 4 – Articulação do modelo de transportes e do modelo IMAGEM-B**



A figura acima destaca as capacidades específicas de cada modelo e sua integração:

- i. Cálculo das alterações nos custos de transporte a partir de determinado projeto de investimento em transportes
- ii. Aumento da acessibilidade das regiões decorrente da queda de custos de transporte
- iii. Queda de custos de produção regionais decorrente dos investimentos em transporte
- iv. Impacto sobre a competitividade regional em termos de comércio inter-regional e externo
- v. Efeitos sobre a renda disponível, consumo das famílias e do governo
- vi. Efeitos sobre o nível de atividade regional e emprego
- vii. Efeito sobre a economia nacional (agregação dos resultados estaduais)

Este capítulo apresentou detalhes acerca da metodologia utilizada para atingir o objetivo de avaliar os impactos de dois projetos específicos de investimento. Foram destacados as principais características teóricas do modelo EGC, as interligações do banco de dados, estrutura da demanda e da tecnologia, bem como as equações estruturais. Além disso, explicou-se o funcionamento do modelo de transporte na geração das estimativas do custo na rede e o esquema de integração entre este modelo e o modelo EGC. Ao explicitar os pontos relevantes da metodologia empregada a análise dos resultados pode ser melhor entendida e facilita o *link* com os procedimentos realizados nas simulações com o modelo EGC. O próximo capítulo trata dessas simulações – fechamentos e suas hipóteses intrínsecas – e mostra de forma detalhada as intervenções que são previstas na malha rodoviária pelos projetos da BR-101 e da BR-163.



## 4 SIMULAÇÕES E INTERVENÇÕES NA MALHA RODOVIÁRIA

A apresentação das simulações é acompanhada do detalhamento das hipóteses adotadas e os tipos de procedimentos adotados em análises específicas. Essencialmente, o que se faz em uma simulação com um modelo de equilíbrio geral é partir de um equilíbrio inicial da economia (*benchmark*) e chegar a outro equilíbrio, após uma perturbação exógena. Os resultados da simulação referem-se a comparações entre os dois equilíbrios, antes e depois do choque.

O modelo IMAGEM-B apresenta um número maior de variáveis do que de equações. Para utilizar o modelo em exercícios de simulação, o número de variáveis endógenas deve ser igual ao número de equações. Para isso, tomou-se um conjunto de variáveis do modelo como exógenas. Em modelos de equilíbrio geral, a escolha do conjunto de variáveis endógenas e exógenas define o modo de operação do modelo numa simulação, referido na literatura como o “fechamento” do modelo. Este fechamento representa hipóteses de operacionalização do modelo, associadas ao horizonte temporal hipotético das simulações, que se relaciona ao tempo necessário para a alteração das variáveis endógenas rumo ao novo equilíbrio, como, por exemplo, o ajustamento do mercado de fatores primários, capital e trabalho. Nesta dissertação foram implementadas duas simulações, uma para cada um dos dois fechamentos distintos do modelo, denominados curto prazo e longo prazo. O curto prazo refere-se à fase de construção ou investimento, ao passo que o fechamento de longo prazo retrata a fase de operação.

Nas simulações da fase de construção (curto prazo), as hipóteses adotadas seguem o padrão na literatura de modelos EGC, com algumas adaptações para o caso brasileiro. O período da fase de construção implícito nas simulações é de 4 anos, referente ao tempo necessário para que os investimentos sejam implementados. As hipóteses da fase de construção podem ser assim resumidas:

- i. Mercado de Fatores: oferta de capital e terra fixas (nacionalmente, regionalmente e entre setores) para todos os setores, a não ser o de construção civil. A mobilidade de capital

na construção civil permite que a implementação dos investimentos desloque o estoque de capital inter-regionalmente desse setor.

- ii. Mercado de Fatores: emprego regional e nacional endógeno (responde a variações no salário real regional).
- iii. Salário real regional fixo (salário nominal indexado ao Índice Preços ao Consumidor (IPC)).
- iv. Consumo real ajusta-se endogenamente para acomodar as necessidades de investimento.
- v. Saldo comercial externo como proporção do PIB é endógeno.
- vi. Gasto real do governo exógeno.

Nessa etapa de implementação dos investimentos há uma elevação na formação bruta de capital fixo e parte dos recursos da economia deve ser direcionada aos setores e regiões onde estão ocorrendo. Assume-se que há rigidez na oferta de capital (a não ser para construção civil) e de terra. A oferta de trabalho se ajusta endogenamente, em resposta a variações no salário real estadual. Do lado do dispêndio, o consumo do governo é fixo, de forma que a expansão exógena do investimento é acomodada pela variação no consumo das famílias. Dada a variação do PIB pelo lado dos fatores (trabalho, na fase de construção), o consumo das famílias se ajusta para assegurar a identidade macroeconômica básica da economia. É importante notar que o ajuste endógeno do consumo ocorre em todos os estados, não apenas naqueles que recebem os investimentos (no caso das simulações deste trabalho, os de Alagoas, Bahia, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe no projeto da BR-101 e Mato Grosso e Pará no projeto da BR-163). A hipótese implícita nesse mecanismo é que as famílias em todo o Brasil compram participações (ações, por exemplo) nos retornos dos novos investimentos, e para isso diminuem seu consumo corrente.

Outro componente das simulações da fase de construção são os choques aplicados a variáveis exógenas. Estas variações correspondem ao valor dos investimentos em cada estado. A construção dos choques partiu das seguintes hipóteses:

- i. O período da fase de construção implícito nas simulações é de 4 anos, referente ao tempo necessário para que os investimentos sejam implementados.
- ii. Elevação da demanda final estadual no valor do investimento num ano típico de construção, deflacionado para o ano base do modelo. A variação percentual correspondente ao investimento é calculada tendo como base a matriz de investimentos do modelo.
- iii. Como o modelo não possui um setor de “construção de rodovias”, assume-se que a composição do investimento é intensiva em construção civil, utilizando-se um setor do modelo para representar o estímulo sobre o investimento nos estados. No caso das simulações, o setor escolhido é o de Aluguel de Imóveis, cujo vetor de investimento é concentrado em construção civil (90%) e máquinas e equipamentos.

A interpretação dos resultados da fase de construção é realizada em termos de taxas de variação percentual anual, em um ano típico de construção dos investimentos. Os números obtidos refletem a variação em relação a uma trajetória tendencial da economia, representando apenas o efeito adicional do referido investimento.

A tabela 5 apresenta o investimento anual previsto pelo projeto da BR-101 e a variação percentual deste investimento nos estados onde ocorre a construção da rodovia. Vale lembrar que o choque sobre o investimento é relativo ao nível do investimento no setor de Aluguel de Imóveis, setor que é utilizado para representar o estímulo ao investimento adicional nos estados. Este choque sobre o investimento é o fator utilizado na realização das simulações da fase de construção. Como dito anteriormente, a composição do vetor de investimento de Aluguel de Imóveis é intensiva em construção civil (90% do total), o que foi considerado adequado para as obras de construção de rodovias. O choque positivo sobre o investimento é acompanhado de redução do consumo nos estados de forma uniforme em todos os estados do Brasil (-0,063%), inclusive naqueles em que não passam a rodovia.

**TABELA 5 – Variação (%) do Investimento anual na BR-101**

Estados	Investimento por ano (mil R\$)*	Choque (var. %)**
BA	123.548	2,6
SE	154.611	28,1
AL	177.202	27,9
PE	112.958	3,9
PB	84.718	9,8
RN	48.713	5,5

\* Refere-se ao investimento total dividido em 4 anos. \*\*Relativo ao investimento do setor de Aluguel de Imóveis no ano-base.

A tabela 6 apresenta as mesmas informações da tabela anterior, no entanto diz respeito a simulação do projeto da BR-163. O choque sobre o investimento desta rodovia foi seguido de uma redução do consumo de -0,034% em todos os estados.

**TABELA 6 – Variação (%) do Investimento anual na BR-163**

Estados	Investimento por ano (mil R\$)*	Choque (var. %)**
MT	24.764	1,54
PA	351.236	19,34

\* Refere-se ao investimento total dividido em 4 anos. \*\*Relativo ao investimento do setor de Aluguel de Imóveis no ano-base.

O modelo EGC foi implementado no GEMPACK e segue a tradição australiana de modelagem, do tipo Johansen (equações linearizadas). Para tratar dos erros de linearização inerentes a essa abordagem este método requer o particionamento dos choques e aproximações lineares para gerar respostas das variáveis endógenas.

A técnica conhecida como método de Euler é uma das mais simples opções em técnicas de integração numérica – processo de uso de equações diferenciais para se mover de uma solução para outra. Para uma aproximação em 3 passos o erro de linearização é sensivelmente menor, aproximando-se da solução exata. Quanto maior o número de passos, melhor a aproximação. Existem outros dois métodos alternativos para obter soluções, também disponíveis no GEMPACK: *Gragg* e *Midpoint*. O presente trabalho

utiliza o método de Euler para uma aproximação em 1 passo na simulação da fase de construção. Outros métodos de solução geraram resultados bastante próximos.

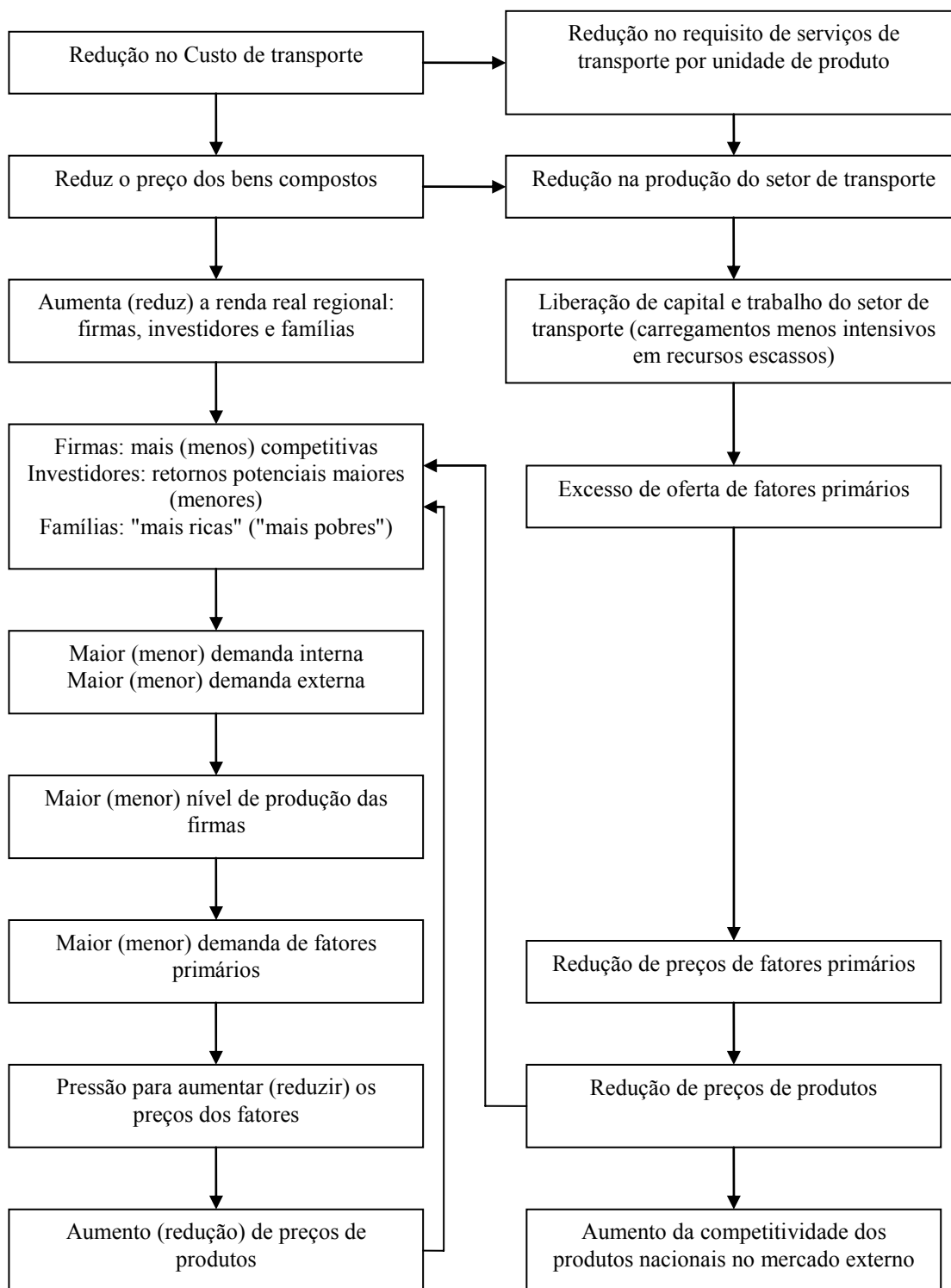
Por outro lado, a simulação da fase de operação (fechamento de longo prazo) busca capturar os impactos do investimento rodoviário após sua construção, portanto, a partir do momento em que estes passam efetivamente a operar dentro de cada economia regional e na economia nacional. O fechamento do modelo na fase de operação segue as hipóteses tradicionais de fechamentos de longo prazo em modelos EGC inter-regionais:

- i. Mercado de Fatores: oferta de capital elástica em todos os setores e estados, com taxas de retorno fixas.
- ii. Mercado de Fatores: emprego nacional exógeno e o salário real nacional endógeno. Há mobilidade interestadual do fator trabalho, movida pelos diferenciais de salário real entre os estados.
- iii. Investimento nacional endógeno, obtido pela soma dos investimentos setoriais estaduais.
- iv. Consumo real das famílias e gasto real do governo endógenos. O consumo nominal das famílias segue a variação da renda nominal em cada estado (remuneração dos fatores). O gasto do governo se move na proporção do crescimento estadual da população (variação do emprego).
- v. Saldo comercial externo exógeno como proporção do PIB.

Os choques na fase operação buscam captar os efeitos do investimento dos projetos rodoviários, especificamente as reduções dos custos de transporte e seus efeitos na economia. Neste trabalho, a simulação na fase de operação não considera possíveis efeitos de produtividade dos fatores primários regionais. Assim, estados mais beneficiados com o investimento passam a ter uma vantagem relativa no sistema inter-regional, apenas via redução nos seus custos de transporte. Os impactos da fase de operação foram projetados com base nas estimativas do modelo de transportes, que foram diretamente associadas a choques nos requisitos de margens de transporte rodoviários entre os estados (as tabelas 10 e 11 representam as matrizes de choques na simulação).

A figura 5 sumariza os principais efeitos esperados das simulações do modelo, no longo prazo. Os resultados podem ser interpretados a partir desse esquema, semelhante ao utilizado em Haddad (2004b). A situação inicial é de redução dos custos de transporte do sistema rodoviário nacional, decorrentes dos investimentos implementados. Isso provoca dois efeitos. Primeiro, há redução no uso dos bens ofertados pelo setor de transporte, o que provoca redução da produção deste setor. A menor produção do setor de transporte dispensa recursos, liberando fatores de produção (capital e trabalho) para os demais setores da economia. A maior oferta de fatores gera pressão sobre salários e aluguéis de capital, repassada adiante sob a forma de preços de produtos mais baixos.

Segundo, a redução nos custos de transporte reduz o preço dos bens compostos, favorecendo o incremento da renda das regiões. Dentre outros fatores, pode-se citar que a redução dos custos, por meio de elementos de eficiência sistêmica, torna as firmas mais competitivas, o que aumenta a renda real das famílias e, conseqüentemente, o consumo real na economia. Os produtos nacionais tendem a ficar mais competitivos no mercado externo em virtude da queda do preço das exportações. Tanto a demanda interna quanto externa por bens nacionais aumenta, provocando pressão sobre os preços dos fatores e dos bens.

**FIGURA 5 – Principais Relações Causais**

Fonte: Adaptação de Haddad (2004b).

Há duas forças contrapostas com relação ao efeito sobre os preços dos fatores e bens. O efeito final depende da intensidade destas forças. As possibilidades no processo de ajustamento aos resultados do modelo estão detalhadas na figura 5. O mecanismo

representado é apenas um esquema ilustrativo para o entendimento dos efeitos, o resultado das simulações representa o efeito líquido do ajuste para o novo equilíbrio.

Na fase de operação, em que são projetados os impactos da redução dos custos de transporte na malha rodoviária brasileira, os choques são aplicados sobre a variável “ATRADMAR”<sup>15</sup>, que corresponde ao fator de margem de transporte de uma região a outra no modelo EGC. Nestas simulações, utilizou-se o método de Euler com aproximação em 8 passos.

A tabela abaixo mostra os detalhes dos dois projetos de intervenção previstos pelo PAC (Brasil, 2007), que se pretende analisar. A figura 6 destaca os trechos rodoviários da BR-101 e da BR-163 a sofrerem intervenção (duplicação e pavimentação, respectivamente).

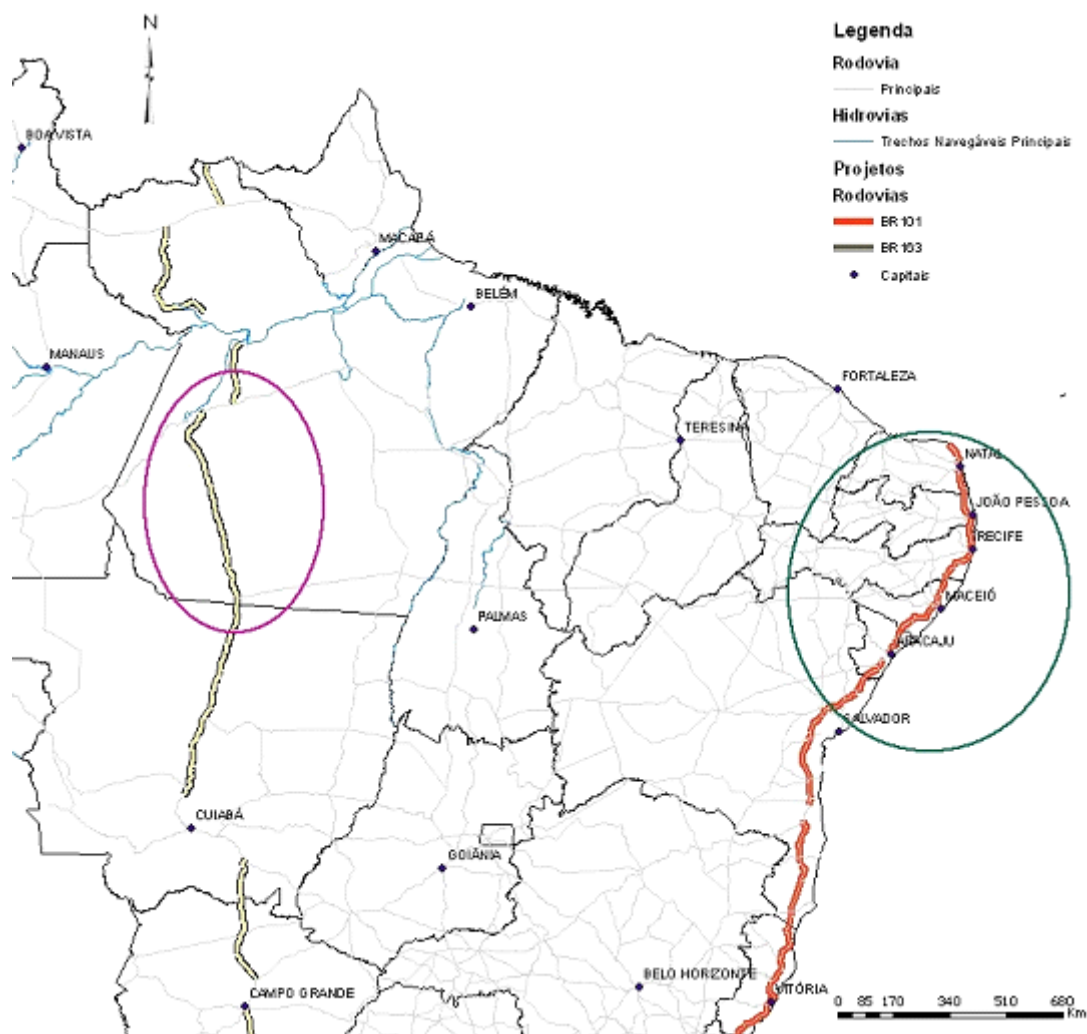
**TABELA 7 – Projetos de intervenção geo-referenciados na rede de transportes**

Nome do Projeto	Estado	Caracterização Geral
BR-101 Nordeste	BA, PB, AL, SE, RN, PE	Duplicação e Adequação de Capacidade Natal - Entrocamento BR-324 (Feira de Santana)
BR-163 MT-PA	MT, PA	Pavimentação Guarantã do Norte-MT – Rurópolis-PA – Santarém-PA, incluindo acesso a Miritituba-PA (BR-230-PA)

<sup>15</sup> Equação 3.37 do capítulo 3.



**FIGURA 6 – Trechos rodoviários avaliados pelos projetos da BR-101 e BR-163**



Fonte: Elaboração própria com base no programa ArcGIS.

O projeto de duplicação da BR-101 constitui-se em seis intervenções, dentre 44 totais previstas na malha rodoviária brasileira, de acordo com o PNLT, do Ministério do Transporte. O conjunto destas seis intervenções refere-se ao projeto de duplicação individual em cada estado que possui trecho da rodovia entre Feira de Santana (BA) e Natal (RN). Tal conjunto representa 17,4% dos recursos previstos em todas as 44 intervenções rodoviárias. A tabela 8 detalha o projeto de investimento da BR-101. Nesta tabela é retratada a distância (em km) que a rodovia BR-101 percorre dentro de cada estado e a distribuição do investimento total em cada um. O critério escolhido para a distribuição do investimento entre os estados considera a proporção da rodovia localizada no estado. Estados que possuem trechos rodoviários maiores recebem uma parcela maior do investimento. Esta hipótese pressupõe que os custos de duplicação são homogêneos em todos os trechos da rodovia. Os estados de Alagoas e Sergipe possuem os trechos mais

longos e por isso, de acordo com o critério escolhido, recebem maiores parcelas do investimento total (no PNLT não há estimativa do investimento por estado ou trecho da rodovia).

**TABELA 8 – Distribuição do Investimento total do Projeto Rodoviário da BR-101**

Estados	Distância (km)*	Investimento (mil R\$)
BA	175	494.190
SE	219	618.444
AL	251	708.810
PE	160	451.831
PB	120	338.873
RN	69	194.852
Total da duplicação	994	2.807.000

\* Refere-se ao total de pista simples a ser duplicada em cada estado.

O projeto de investimento da BR-163 pode ser representado por duas intervenções rodoviárias: uma referente ao estado do Mato Grosso e outra ao estado do Pará. As pavimentações individuais da rodovia no Mato Grosso e no Pará, avaliadas em conjunto, constituem o projeto da BR-163. Este projeto tem uma participação de 9,3% na carteira total de investimentos previstos pelo PAC (Brasil, 2007) na malha rodoviária brasileira. A tabela 9 detalha a distribuição do investimento planejado com o projeto da BR-163 nos estados. O critério de distribuição é o mesmo adotado no caso do projeto da BR-101. Como apenas um reduzido trecho da rodovia a ser asfaltado encontra-se no Mato Grosso, este recebe uma pequena parcela do investimento.

**TABELA 9 – Distribuição do Investimento total do Projeto Rodoviário da BR-163**

	Distância (km)*	Investimento (mil R\$)
MT	60	99.056
PA	851	1.404.944
Total da pavimentação	911	1.504.000

\* Refere-se ao total de pista simples a ser duplicada em cada estado.

As tabelas 10 e 11 representam matrizes de redução do custo de transporte de cada ligação interestadual e dentro de cada estado, provenientes do modelo de transporte, para os respectivos projetos de investimento (vide capítulo 3). Nos cálculos das reduções intra-estaduais considerou-se como *proxy* a redução de custo entre todas as microrregiões de cada estado e a sua capital, selecionando a maior cidade em cada uma dessas microrregiões. O cálculo das reduções de custo interestadual considerou a redução do custo de transporte entre as capitais estaduais. A matriz é simétrica, uma vez que a redução do custo é a mesma independente da origem ou destino. Esse quadro representa os choques sobre a variável margem de transporte rodoviário do modelo IMAGEM-B.

As células destacadas na tabela 10 representam as maiores redução de custo de transporte com o projeto de investimento da BR-101. Percebem-se dois fenômenos mais significativos. O primeiro é a redução dos custos entre os estados diretamente afetados pelo projeto de investimento e os demais das regiões Norte, Centro-Oeste, Sul e Sudeste. O segundo é a redução dos custos de transporte do Amazonas e Roraima com todos os estados, com exceção daqueles localizados na região Norte. Isso ocorre porque a duplicação da BR-101 facilita o acesso das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste ao Norte do país. O modelo de transporte constrói as rotas com base em vários critérios como tempo de percurso e condições das pistas. Assim, a duplicação da BR-101 pode estar deslocando fluxos em direção a maior utilização desta rodovia, inclusive na ligação da região Norte com as outras.

A tabela 11 diz respeito à redução generalizada do custo de transporte rodoviário proveniente do projeto da BR-163. Os estados do Amazonas e Roraima, além de apresentarem reduções do custo de transporte com um número maior de estados, são aqueles em que estas ocorrem de forma mais significativa. Isso está ligado à maior acessibilidade criada em relação à região pela duplicação da BR-163. Outro ponto é a redução observada em alguns estados do Nordeste. Isso está ligado ao maior acesso dessa região aos bens e insumos do Centro-Norte e vice-versa.

O próximo capítulo apresenta os resultados encontrados pelas simulações aqui descritas com base nas informações dos investimentos nos estados previstos em cada projeto individual (fechamento da fase de construção) e nas matrizes de redução de custo de transporte inter e intra-estadual na malha rodoviária (fechamento da fase de operação).

**TABELA 10 – Reduções de custo de transporte rodoviário decorrentes dos investimentos planejados na BR-101 (var %)**

	AC	AM	AP	PA	RO	RR	TO	AL	BA	CE	MA	PB	PE	PI	RN	SE	DF	GO	MS	MT	ES	MG	RJ	SP	PR	RS	SC
AC	0,0																										
AM	0,0	0,0																									
AP	0,0	0,0	0,0																								
PA	0,0	0,0	0,0	0,0																							
RO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																						
RR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																					
TO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																				
AL	-2,2	-5,8	0,0	0,0	-2,8	-5,1	-7,8	-0,6																			
BA	0,0	-4,2	0,0	0,0	-0,4	-3,7	-0,5	-9,8	-0,2																		
CE	0,0	-3,6	0,0	0,0	-0,3	-3,2	-0,2	-6,2	0,0	0,0																	
MA	0,0	-3,8	0,0	0,0	-0,3	-3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																
PB	-3,0	-6,3	-0,3	-0,3	-3,7	-5,6	-9,7	-10,9	-12,0	-3,3	-0,4	-0,1															
PE	-3,0	-6,3	0,0	0,0	-3,6	-5,6	-9,8	-12,4	-12,6	-4,0	0,0	-6,3	-0,2														
PI	0,0	-3,9	0,0	0,0	-0,3	-3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,6	0,0	0,0													
RN	-3,4	-6,5	0,0	0,0	-1,9	-4,2	-6,3	-11,9	-12,3	0,0	0,0	-12,2	-11,0	0,0	0,0												
SE	-1,3	-5,1	-0,3	-0,3	-1,8	-4,5	-5,2	-16,6	-2,9	-0,6	-0,4	-16,2	-18,1	-0,6	-15,7	-8,4											
DF	0,0	-5,7	0,0	0,0	-0,5	-4,8	-0,1	-5,7	-0,2	0,0	0,0	-7,1	-7,1	0,0	-7,5	-3,7	0,0										
GO	0,0	-5,9	0,0	0,0	-0,5	-5,0	-0,1	-5,3	-0,3	-0,1	0,0	-6,6	-6,6	0,0	-7,1	-3,5	-0,8	-0,2									
MS	0,0	-6,4	0,0	0,0	-0,7	-5,3	0,0	-3,9	-0,1	0,0	0,0	-5,0	-5,0	0,0	-5,5	-2,4	-0,1	0,0	0,0								
MT	0,0	-7,5	-0,2	-0,2	0,0	-5,9	-0,6	-3,9	-0,4	-0,2	-0,2	-5,0	-5,0	-0,2	-5,4	-2,6	-0,7	-0,7	-1,2	-0,6							
ES	-0,1	-8,7	0,0	0,0	-0,4	-7,6	-0,4	-6,5	0,0	0,0	0,0	-8,3	-8,1	0,0	-8,8	-4,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,6	0,0						
MG	0,0	-5,1	0,0	0,0	-0,5	-4,4	0,0	-6,8	-1,1	-0,6	0,0	-8,1	-8,2	-0,6	-8,5	-4,8	0,0	-0,1	0,0	-0,6	0,0	0,0					
RJ	0,0	-4,8	0,0	0,0	-0,4	-4,1	0,0	-5,2	-0,4	-0,3	-0,2	-6,5	-6,5	-0,3	-7,0	-3,4	0,0	-0,2	0,0	-0,5	0,0	0,0	0,0				
SP	0,0	-5,2	-0,1	-0,1	-0,5	-4,4	-0,1	-5,4	-0,8	-0,5	-0,1	-6,7	-6,7	0,0	-7,1	-3,8	0,0	-0,3	0,0	-0,6	0,0	0,0	0,0	0,0			
PR	0,0	-5,1	-0,1	-0,1	-0,5	-4,4	-0,1	-4,8	-0,7	-0,5	-0,1	-6,0	-5,9	0,0	-6,4	-3,3	0,0	-0,2	0,0	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
RS	0,0	-4,5	-0,1	-0,1	-0,4	-4,0	-0,1	-3,8	-0,5	-0,4	-0,1	-4,8	-4,8	0,0	-5,2	-2,5	0,0	-0,1	0,0	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SC	0,0	-4,8	-0,1	-0,1	-0,4	-4,2	-0,1	-4,4	-0,6	-0,4	-0,1	-5,5	-5,5	0,0	-6,0	-3,0	0,0	-0,2	0,0	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Elaboração própria.

**TABELA 11 – Reduções de custo de transporte rodoviário decorrentes dos investimentos planejados na BR-163 (var %)**

	AC	AM	AP	PA	RO	RR	TO	AL	BA	CE	MA	PB	PE	PI	RN	SE	DF	GO	MS	MT	ES	MG	RJ	SP	PR	RS	SC	
AC	-2,4																											
AM	-6,4	0,0																										
AP	-0,2	-2,3	-3,9																									
PA	-0,2	-2,3	0,0	-1,6																								
RO	0,0	-9,0	-0,3	-0,3	0,0																							
RR	-4,6	0,0	-2,1	-2,1	-5,8	0,0																						
TO	-0,2	-2,9	0,0	0,0	-0,4	-2,5	0,0																					
AL	-0,8	-2,8	0,0	0,0	-0,9	-2,5	-1,4	-0,1																				
BA	-0,3	-2,6	0,0	0,0	-0,4	-2,3	-0,3	-2,3	-0,2																			
CE	-0,2	-2,2	0,0	0,0	-0,3	-2,0	-0,1	-1,5	0,0	0,0																		
MA	-0,2	-2,3	0,0	0,0	-0,3	-2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																	
PB	-0,9	-2,8	-0,1	-0,1	-1,1	-2,5	-1,7	-2,6	-2,8	-0,8	-0,1	-0,1																
PE	-0,9	-2,9	0,0	0,0	-1,1	-2,6	-1,7	-2,9	-2,9	-1,0	0,0	-1,7	-0,1															
PI	-0,2	-2,3	0,0	0,0	-0,3	-2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,0														
RN	-1,0	-2,9	0,0	0,0	-1,2	-2,6	-1,8	-2,8	-2,9	0,0	0,0	-2,9	-2,7	0,0	0,0													
SE	-0,6	-2,7	-0,1	-0,1	-0,7	-2,4	-1,0	-3,8	-0,7	-0,1	-0,1	-3,8	-4,2	-0,1	-3,7	-1,9												
DF	-0,3	-3,5	0,0	0,0	-0,5	-2,9	-0,1	-1,4	-0,2	0,0	0,0	-1,7	-1,7	0,0	-1,8	-1,0	0,0											
GO	-0,3	-3,6	0,0	0,0	-0,5	-3,0	-0,1	-1,4	-0,3	-0,1	0,0	-1,7	-1,7	0,0	-1,8	-1,0	-0,8	-0,2										
MS	-0,4	-3,9	0,0	0,0	-0,7	-3,2	0,0	-1,0	-0,1	0,0	0,0	-1,3	-1,2	0,0	-1,3	-0,7	-0,1	0,0	0,0									
MT	0,2	-4,4	-0,2	-0,2	0,0	-3,5	-0,4	-1,2	-0,4	-0,2	-0,2	-1,4	-1,4	-0,2	-1,5	-0,9	-0,7	-0,7	-1,2	-0,6								
ES	-0,3	-5,2	0,0	0,0	-0,4	-4,5	-0,2	-1,5	0,0	0,0	0,0	-1,9	-1,9	0,0	-2,0	-0,9	-0,1	-0,2	-0,3	-0,6	0,0							
MG	-0,3	-3,1	0,0	0,0	-0,5	-2,7	0,0	-2,2	-1,1	-0,6	0,0	-2,4	-2,4	-0,6	-2,5	-1,8	0,0	-0,1	0,0	-0,6	0,0	0,0						
RJ	-0,3	-2,9	0,0	0,0	-0,4	-2,5	0,0	-1,4	-0,4	-0,3	-0,2	-1,7	-1,7	-0,3	-1,8	-1,1	0,0	-0,2	0,0	-0,5	0,0	0,0	0,0					
SP	-0,3	-3,2	-0,1	-0,1	-0,5	-2,7	-0,1	-1,8	-0,8	-0,5	-0,1	-2,0	-2,0	0,0	-2,1	-1,4	0,0	-0,3	0,0	-0,6	0,0	0,0	0,0	0,0				
PR	-0,3	-3,1	-0,1	-0,1	-0,5	-2,7	-0,1	-1,5	-0,7	-0,5	-0,1	-1,8	-1,8	0,0	-1,9	-1,2	0,0	-0,2	0,0	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
RS	-0,3	-2,8	-0,1	-0,1	-0,4	-2,4	-0,1	-1,2	-0,5	-0,4	-0,1	-1,4	-1,4	0,0	-1,5	-1,0	0,0	-0,1	0,0	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
SC	-0,3	-2,9	-0,1	-0,1	-0,4	-2,5	-0,1	-1,4	-0,6	-0,4	-0,1	-1,7	-1,6	0,0	-1,7	-1,1	0,0	-0,2	0,0	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Elaboração própria.

## 5 RESULTADOS

O modelo IMAGEM-B, descrito anteriormente, permite analisar o papel de políticas de infra-estrutura de transporte rodoviário na alocação de recursos no espaço. A integração de modelos EGC com modelos de transporte geo-referenciado fornece projeções de impactos econômicos de projetos de investimento específicos em transporte. Investimentos em rodovias e melhorias no sistema de transporte constituem formas de ampliar as potencialidades de crescimento regional. A redução dos custos de transporte implica na redução dos custos das firmas, o que amplia as oportunidades econômicas e a eficiência produtiva. Isso tem repercussões positivas sobre a renda e o padrão de vida das pessoas de uma região.

De acordo com Weisbrod & Treyz (1998), os estudos que objetivam avaliar as implicações sobre a economia nacional de investimentos em transporte tendem a concentrar a análise em ganhos de produtividade, representada como a razão da produção por unidade de fatores primários. A atração de renda, do ponto de vista regional, tem sido vista, em grande teor, como um benefício a ser perseguido pelos governos locais, seja via geração a partir da expansão de firmas locais ou pela chegada de novas firmas. Do ponto de vista regional, entretanto, o elemento que essencialmente conduz ao crescimento econômico é a produtividade. A re-localização de firmas dentro de um espaço nacional é vista, neste sentido, como um benefício apenas se houver um elemento de produtividade subjacente a tal movimento (Haddad, 2004b).

Investimentos em infra-estrutura de transporte também têm repercussão sobre questões de integração e redução das disparidades regionais. Os efeitos destes investimentos são distintos entre as regiões, em razão da estrutura produtiva e das particularidades inerentes a cada uma. Contudo, intervenções espaciais localizadas podem aumentar as vantagens competitivas de uma região beneficiada. Um elemento fundamental para avaliar os impactos de intervenções planejadas é a correlação espacial. Isso porque alterações econômicas em uma determinada região produzem efeitos que repercutem sobre as demais. Segundo Haddad (2004b), a constatação dos possíveis efeitos de correlação entre regiões é importante para a avaliação dos impactos de políticas de transporte, em razão da existência de relações de complementaridade e competição entre os espaços econômicos relevantes.

Apesar deste trabalho não considerar efeitos diretos de produtividade, o objetivo dos experimentos realizados centra-se na constatação dos impactos do aumento da eficiência sistêmica, observada na redução dos custos de transporte rodoviário. A projeção dos impactos ocorre em conformidade com as hipóteses de simulação e com o detalhamento das intervenções rodoviárias. Os projetos de investimento estudados referem-se à duplicação da rodovia BR-101, entre o entroncamento de Feira de Santana (BA) e a pavimentação da rodovia BR-163, entre Guarantã do Norte (MT) e Santarém (PA). De forma a explorar melhor as características do modelo, os resultados foram separados de acordo com o projeto analisado. Além dos resultados produzidos pelas simulações, construiu-se outro indicador, o de Produtividade Marginal dos Investimentos (PMI) para cada projeto.

## **5.1 Rodovia BR-101**

O primeiro experimento realizado é a simulação da duplicação da rodovia BR-101 em um trecho localizado na região Nordeste do país. Os resultados são avaliados em duas etapas: uma referente à fase de construção, correspondente a implementação do projeto, e outra à fase de operação, que trata dos efeitos existentes após a etapa de construção do projeto. Adicionalmente, empregou-se uma análise alternativa, o do PMI, que fornece indícios sobre a viabilidade econômica do projeto.

### **5.1.1 Resultados da Fase de Construção**

Nesta fase, os resultados foram construídos considerando-se os efeitos diretos dos investimentos realizados em cada estado que possui trecho da rodovia a sofrer intervenção. Isso se refere ao fechamento de curto prazo, em que são implementados os choques descritos no capítulo anterior correspondente a fase de construção, seguindo suas hipóteses e ajustes. Vale lembrar que os resultados foram obtidos utilizando-se o método de Euler para uma aproximação em 1 passo.

A tabela 12 apresenta os resultados agregados mais importantes sobre os estados do Nordeste, que recebem diretamente os investimentos da BR 101, e os impactos totais sobre a economia brasileira.

**TABELA 12 – Impactos macroeconômicos na fase de construção sobre o Brasil e sobre os estados selecionados no projeto**

	Alagoas	Bahia	Paraíba	Pernambuco	Rio Grande do Norte	Sergipe	Brasil
Consumo das Famílias	0,48	0,08	0,12	0,13	0,05	0,24	-0,03
Investimento	5,13	0,51	1,78	0,97	0,97	4,28	0,20
Exportações	-0,09	-0,03	-0,12	-0,05	-0,02	-0,14	0,00
Importações	0,43	0,11	0,25	0,22	0,13	0,17	0,02
PIB real	0,32	0,07	0,13	0,12	0,07	0,16	0,02
Emprego	0,54	0,14	0,18	0,19	0,12	0,30	0,03
Deflator do PIB	1,74	0,35	0,75	0,61	0,36	0,84	0,04
IPC	0,23	0,06	0,08	0,09	0,06	0,09	-0,03
Preço das Exportações	0,08	0,03	0,08	0,04	0,02	0,10	0,00

Fonte: Elaboração própria.

O efeito do investimento reflete o aumento anual adicional do investimento exógeno principalmente em Alagoas e Sergipe, em 5,1% e 4,3%, respectivamente. O consumo também cresceu nos estados selecionados. As famílias destes estados financiam o aumento do investimento, mas recebem também um impacto positivo da expansão do emprego. Assim, são dois os efeitos nestes estados: um positivo sobre o nível de atividade e outro negativo, referente ao financiamento do investimento. No Nordeste, o resultado líquido destes efeitos mostra-se positivo. Para o Brasil como um todo, o aumento do investimento provocou queda no consumo das famílias, o que mostra que a expansão do emprego e, conseqüentemente da renda, não foi suficiente para gerar um resultado positivo.

O saldo comercial regional reduziu em todos os estados da tabela, em razão tanto do aumento das importações quanto da diminuição das exportações. O aumento das importações é esperado uma vez que os investimentos demandam, sobretudo, importações de máquinas e equipamentos. Estes são efeitos importantes de vazamentos. Em termos nacionais, há também redução do saldo comercial externo em virtude do aumento das importações acima das exportações.

Ainda com relação a tabela 12, o crescimento do índice de preços (IPC) nos estados, abaixo da elevação do Deflator do PIB, estimula o crescimento do emprego, via variação do salário nominal, que está indexado ao IPC. O aumento do emprego está diretamente



associado à expansão da oferta de bens e serviços da economia. O estado de Alagoas teve aumento adicional do emprego mais significativo (0,23%), bem como do PIB real (0,32%). Vale lembrar que estes resultados são construídos sob a hipótese de imobilidade regional do capital, embora haja substituição entre fatores de produção. Para o Brasil, tem-se que expansão da oferta de bens e serviços na economia, via elevação do emprego, resulta em deflação (queda do IPC). A redução do IPC relativamente ao deflator do PIB estimula o emprego, via variação do salário nominal regional. Como o consumo do governo permanece inalterado na fase de construção, os investimentos não têm impacto sobre o resultado fiscal.

A tabela 13 apresenta o resultado das mesmas variáveis da tabela 12 para os demais estados do Nordeste e para as macrorregiões do Brasil. Como o Nordeste é a região beneficiada com os investimentos, o aumento adicional do seu PIB foi o mais significativo (+0,09%). Os aumentos adicionais do PIB e do emprego das regiões Norte e Sul ocorreram como consequência dos benefícios produzidos pelo investimento na BR-101 na fase de construção. Os impactos não foram substantivos sobre os demais estados do Nordeste não contemplados com investimentos. Destaque para os resultados negativos do PIB, emprego e investimento do Maranhão. Dada a estrutura produtiva deste estado, a queda do PIB ocorre como consequência do financiamento do investimento, redução do consumo das famílias e das exportações. Além disso, a queda do emprego fornece indícios de migração de mão-de-obra deste estado para outras regiões mais competitivas.

**TABELA 13 – Impactos macroeconômicos na fase de construção sobre os outros Estados do Nordeste e as Macrorregiões no projeto da BR-101**

	Maranhão	Piauí	Ceará	Nordeste	Norte	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Consumo das Famílias	-0,07	-0,06	-0,02	0,09	-0,04	-0,06	-0,05	-0,05
Investimento	-0,01	0,08	0,06	1,01	0,10	0,05	0,08	0,09
Exportações	-0,02	0,01	0,00	-0,03	-0,01	0,02	0,00	0,01
Importações	-0,02	0,01	0,05	0,14	0,02	-0,02	0,00	0,00
PIB real	-0,01	0,00	0,02	0,09	0,01	0,00	0,00	0,01
Emprego	-0,01	0,00	0,04	0,15	0,02	0,00	0,01	0,02
Deflator do PIB	-0,04	0,01	0,11	0,45	0,01	-0,05	-0,03	-0,03
IPC	-0,02	-0,01	0,00	0,06	-0,03	-0,05	-0,05	-0,05
Preço das Exportações	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	-0,02	0,00	-0,02

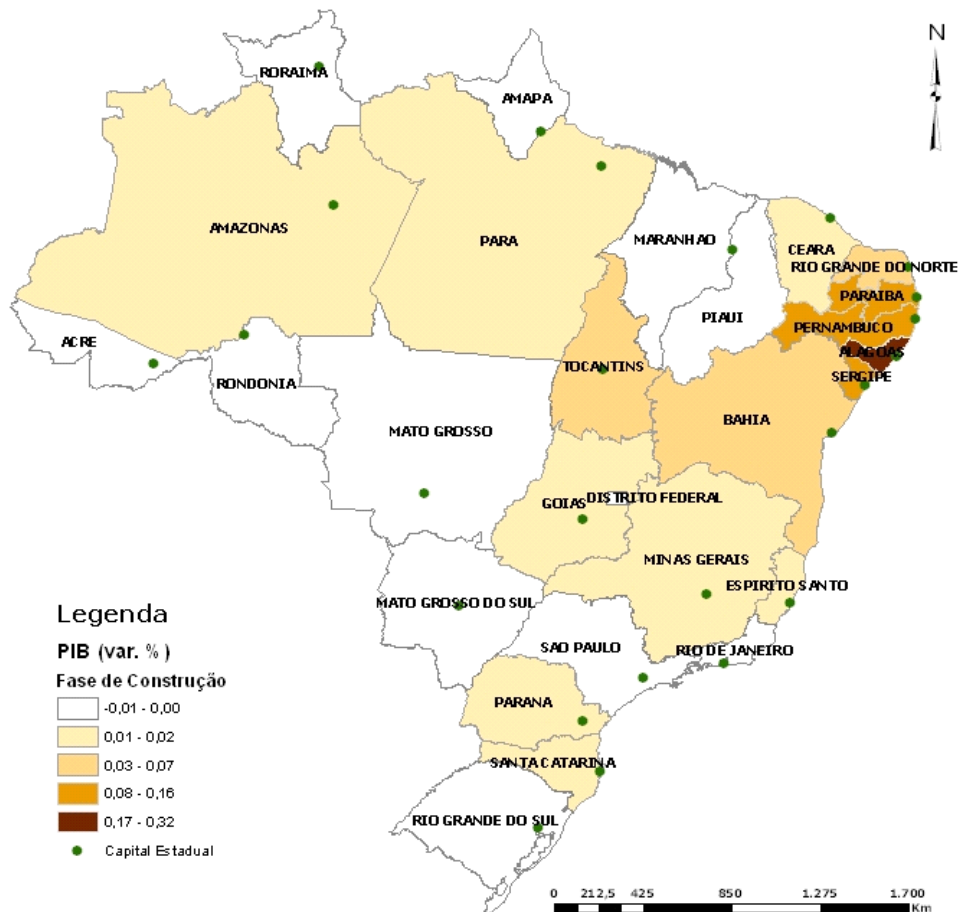
Fonte: Elaboração própria.

A figura 7 apresenta os impactos estaduais dos investimentos previstos na rodovia BR-101 sobre o PIB na fase de construção (variação %). O objetivo é mostrar de forma simplificada a repercussão dos investimentos nos estados selecionados do Nordeste sobre o restante das unidades da federação. As cores mais fortes indicam maiores impactos. O estado mais beneficiado é o de Alagoas, seguido por Sergipe, Paraíba e Pernambuco. Estes quatro estados juntamente com Bahia e Rio Grande do Norte são aqueles que receberiam diretamente os investimentos, o que explica seus melhores desempenhos.

O resultado do impacto estadual depende de diversos fatores, como potencial de internalização dos investimentos dos estados que o recebem diretamente (ou, por outro lado, capacidade de gerar efeitos de transbordamento), nível de conectividade interestadual e estrutura setorial da economia. Por exemplo, dos investimentos realizados em Sergipe, parte permanece no estado e parte repercute sobre outros estados na forma de efeitos de vazamento, inclusive nos estados que também recebem investimentos. Além disso, os efeitos sobre Sergipe parte são próprios do estado e parte vem dos outros (*spillover*). Nota-se que os investimentos beneficiam estados do Norte, Centro-Oeste, Sul e Sudeste do país com a construção deste projeto nos estados do Nordeste. Os resultados também são influenciados pela estrutura da economia. Espera-se que estados intensivos em setores mais dinâmicos ou que sofrem impactos positivos maiores sejam beneficiados.

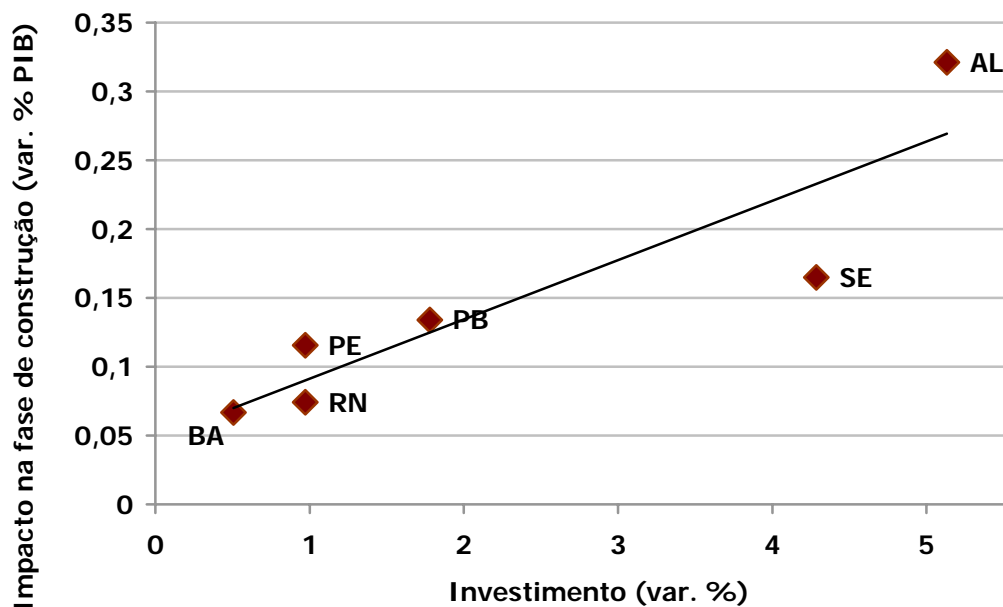
Vale destacar que o projeto avaliado não tem como objetivo obter resultados relacionados à redução de disparidades regionais, mas sim melhorar a eficiência econômica a partir da redução generalizada dos custos de transporte rodoviário.

**FIGURA 7 – Impacto na fase de construção sobre os estados do Projeto Rodoviário da BR-101**



Fonte: Elaboração própria.

**FIGURA 8 – Relação entre o Impacto sobre o PIB e Impacto sobre o Investimento dos estados selecionados (fase de construção)**

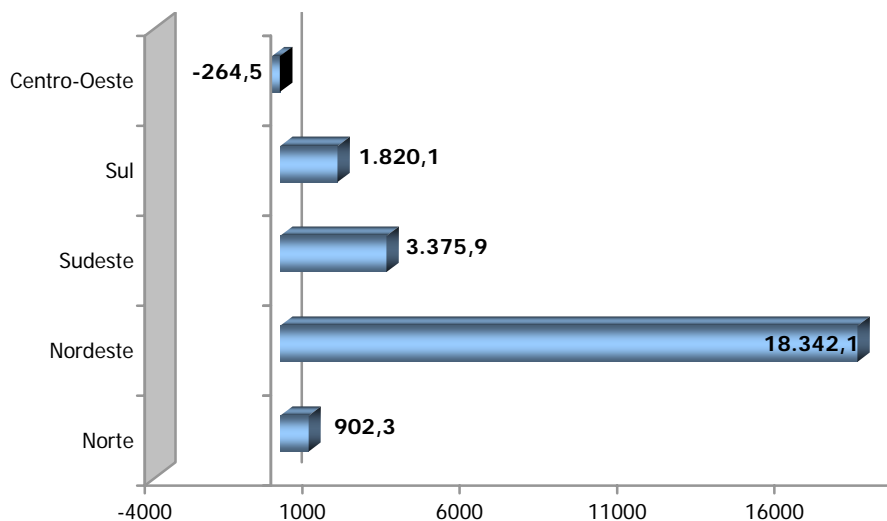


Fonte: Elaboração própria

A figura 8 ilustra a relação entre o impacto sobre o PIB e o impacto sobre o investimento nos estados do Nordeste que recebem investimentos na fase de construção do projeto. Há uma relação positiva entre variação (%) no PIB e variação (%) no investimento. Tal figura, no entanto, representa apenas uma visualização da relação entre estas duas variáveis, sem fornecer indícios mais profundos de uma relação causal. Isso ocorre porque a relação mostrada é uma aproximação, por desconsiderar os efeitos inter-regionais. Significa que o efeito sobre o PIB de um estado não é decorrente apenas dos investimentos realizados no mesmo, mas também dos investimentos feitos em outros estados. Assim, a existência de efeitos de vazamento torna esta análise apenas uma aproximação.

A figura 9 apresenta, em termos monetários, a contribuição das macrorregiões para o crescimento do PIB nacional na fase de construção do projeto de investimento da BR-101. A maior contribuição para o aumento do PIB nacional foi o Nordeste, uma vez que os investimentos são realizados nesta região. A região Centro-Oeste teve impacto negativo no PIB, mostrando que em geral, em um ambiente de competição regional por fatores determinados pela intervenção rodoviária da BR-101, esta região não é beneficiada. Fatores (mão-de-obra) deixam esta região em direção a regiões mais competitivas.

**FIGURA 9 – Contribuição macrorregional à variação do PIB nacional na fase de construção (em R\$ milhões)**



Fonte: Elaboração própria.

Os impactos setoriais adicionais mais significativos dos investimentos sobre o Brasil estão relacionados diretamente com incremento em infra-estrutura. Os setores mais beneficiados foram o de construção civil (+0,19%), de produtos minerais não-metálicos (+0,10%), máquinas e equipamentos (+0,09%) e outros metalúrgicos (+0,04%). Além de estes setores fornecerem suporte básico à construção de infra-estrutura, produzem também efeitos multiplicadores intersetoriais que atingem o conjunto total de setores, favorecendo as indústrias de bens intermediários, de outros bens de capital e bens de consumo durável.

### 5.1.2 Resultados da Fase de Operação

A simulação na fase de operação busca captar os efeitos dos investimentos após a construção dos projetos, quando tais projetos passam a operar de fato nas economias regional e nacional. Os choques são detalhados no capítulo 4, bem como as hipóteses inerentes ao fechamento de longo prazo e seus ajustes. Vale lembrar que no modelo EGC a variável impactada é a “ATRADMAR”, que é referente ao componente de margem de transporte inter e intra-estadual utilizada na realização dos choques.

A tabela 14 apresenta os impactos macroeconômicos do projeto de investimento da rodovia BR-101 nos estados selecionados e no Brasil. Na fase de operação são avaliados apenas os efeitos gerados pela redução do custo de transporte intra e interestadual. Os impactos são

menores do que aqueles referentes à fase de construção, que consideram o impacto dos investimentos diretos realizados nos estados selecionados.

**TABELA 14 – Impactos macroeconômicos na fase de operação sobre o Brasil e os estados selecionados no projeto**

	Alagoas	Bahia	Paraíba	Pernambuco	Rio Grande do Norte	Sergipe	Brasil
Consumo das Famílias	0,10	0,02	0,05	0,03	0,09	0,08	0,01
Investimento	0,16	0,01	0,07	0,05	0,06	0,07	0,01
Consumo do Governo	0,05	0,01	0,03	0,02	0,05	0,04	0,01
Exportações	0,03	0,02	0,10	0,05	0,11	0,08	0,00
Importações	0,14	0,00	0,02	0,02	0,04	0,05	0,00
PIB real	0,17	0,03	0,09	0,10	0,10	0,11	0,01
Emprego	0,05	0,01	0,02	0,01	0,04	0,03	0,00
Salário real	0,07	0,03	0,04	0,03	0,06	0,05	0,02
Estoque de Capital	0,21	0,01	0,09	0,06	0,06	0,08	0,01
Deflator do PIB	-0,04	-0,02	-0,08	-0,12	-0,09	-0,07	0,00
IPC	-0,03	-0,03	-0,07	-0,08	-0,08	-0,06	-0,01
Preço das Exportações	-0,04	-0,02	-0,09	-0,05	-0,09	-0,08	0,00

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados da tabela 14 indicam que o investimento é positivo para a economia nacional e para os estados analisados. Dada a oferta de trabalho fixa, a expansão do PIB pode ser explicada, em parte, pela elevação do estoque de capital. Além disso, o aumento do nível de atividade com a oferta de trabalho fixa nacionalmente implica na elevação do salário real, o que contribui para o aumento da renda nominal e consumo das famílias. Embora a oferta de trabalho seja fixa nacionalmente, há mobilidade interestadual deste fator, sendo as variações regionais da demanda por trabalho resultantes dos diferenciais de salário real entre os estados. O IPC e o deflator do PIB caem nos estados e no Brasil, refletindo a redução dos custos de transporte. Em termos nacionais, o resultado positivo da diferença entre o deflator do PIB e o IPC evidencia queda dos custos de produção, ou aumento da produtividade, o que ajuda a explicar o aumento do PIB. A queda do IPC acima do deflator se deve à necessidade de ajuste dos termos de troca, para que o saldo comercial em relação ao PIB fique constante.

O preço das exportações diminuiu tanto para os estados quanto para o Brasil, sendo este um resultado importante para o chamado “Custo Brasil”. De acordo com Martins & Santos (1996) este termo refere-se ao custo adicional que as exportações brasileiras sofrem em virtude da perda de competitividade causada por ineficiência do setor de infra-estrutura, do sistema tributário e da qualificação da mão-de-obra. O investimento em infra-estrutura rodoviária discutido neste trabalho, ao gerar redução do preço das exportações, via melhoria das condições de transporte, reduz em certo grau a ineficiência deste setor e torna os produtos nacionais mais baratos e com isso, mais competitivos.

Em termos gerais, os estados selecionados tiveram impactos importantes sobre o PIB real. O estado de Alagoas foi o que apresentou maior impacto (+0,17%). Isso ocorreu por dois motivos. Primeiro, que parte significativa do trecho rodoviário da BR-101 a sofrer intervenção está localizada neste estado. Segundo, Alagoas possui um PIB relativamente baixo comparado a outros estados do Nordeste, logo uma base baixa tende a produzir efeitos maiores. Esta explicação pode ser usada para a expansão do investimento neste estado (+0,16%). Embora existam outros fatores a serem considerados, como efeitos de vazamento e *spillover* entre os estados, há uma correlação positiva entre variação (%) do PIB e variação (%) do investimento.

**TABELA 15 – Impactos macroeconômicos na fase de operação sobre os outros Estados do Nordeste e as Macrorregiões no projeto da BR-101**

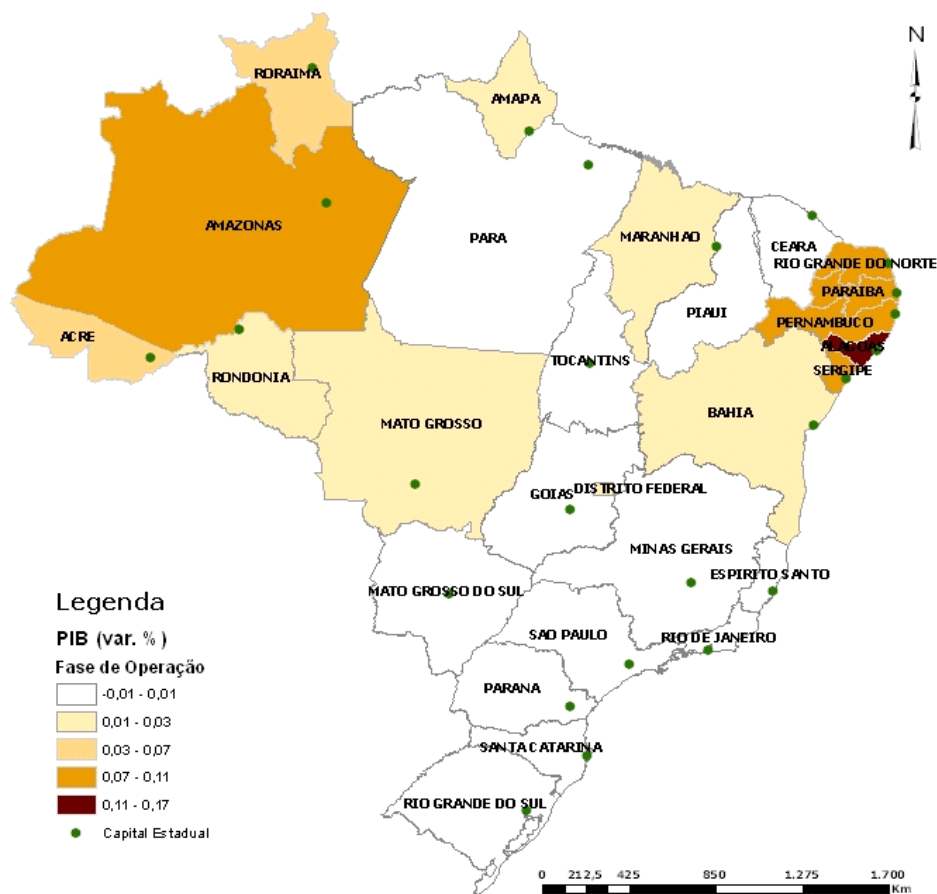
	Maranhão	Piauí	Ceará	Nordeste	Norte	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Consumo das Famílias	0,04	0,01	0,00	0,02	0,03	0,03	0,01	0,00
Investimento	0,04	0,00	-0,01	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01
Consumo do Governo	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00
Exportações	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	-0,01	0,00	0,00
Importações	0,02	-0,02	-0,03	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
PIB real	0,02	0,00	0,00	0,04	0,06	0,01	0,00	0,00
Emprego	0,01	0,00	-0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	-0,01
Salário real	0,03	0,02	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
Estoque de Capital	0,03	0,00	-0,01	0,02	0,04	0,02	0,00	0,00
Deflator do PIB	0,01	0,00	-0,03	-0,04	-0,05	0,02	0,00	0,01
IPC	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	0,00	0,00	0,00
Preço das Exportações	-0,02	0,00	-0,02	-0,03	-0,03	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaboração própria.

A tabela 15 apresenta os impactos sobre os estados do Nordeste não tratados anteriormente e sobre as macrorregiões do Brasil. Todas as unidades tratadas nesta tabela tiveram aumento do PIB. Apenas o estado do Ceará apresentou variação negativa do investimento. Em termos gerais, os resultados positivos, principalmente no aumento do PIB e do investimento e na redução dos preços das exportações, devem-se ao benefício generalizado da melhoria das condições da malha rodoviária brasileira. O aumento da qualidade da infra-estrutura de transporte associado aos ganhos potenciais de eficiência sistêmica fornece significativamente apoio às atividades econômicas e à competitividade regional, o que explica, em parte, os resultados.



**FIGURA 10 – Impacto na fase de operação sobre os estados do Projeto Rodoviário da BR-101**



Fonte: Elaboração própria.

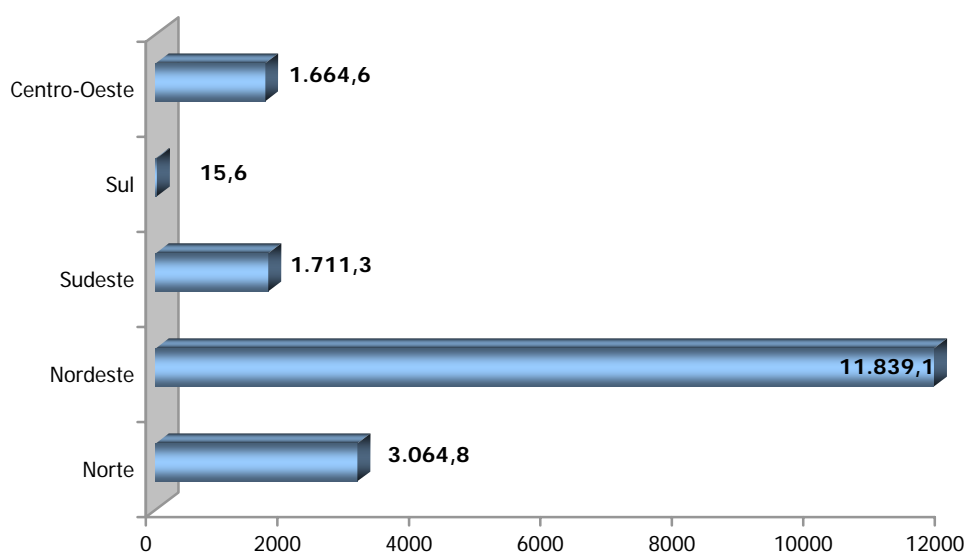
A figura 10 mostra os efeitos da redução do custo de transporte produzidos pelos investimentos na BR-101 sobre o PIB dos estados. Percebe-se que os estados mais beneficiados localizam-se no Nordeste, com exceção do estado do Amazonas, por onde não passa o trecho rodoviário a ser duplicado. O objetivo desta figura é justamente mostrar os efeitos de vazamento dos investimentos para regiões que não recebem diretamente recursos. O estado mais beneficiado fora do Nordeste é o Amazonas, mas pode-se observar que outros estados do Norte e Centro-Oeste também são favorecidos. Isso ocorre em virtude da ampliação do acesso destas regiões ao Nordeste, uma vez que a duplicação de uma rodovia trás benefícios na redução de custos (vide capítulo 4) e dado que não há muitas alternativas de ligação entre o Norte e o Nordeste do país que não utilizem a BR-101.

Assim, em termos de eficiência sistêmica, os estados da região Nordeste, do Centro-Oeste 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-Norte. O ganho positivo significativo do estado do Amazonas pode estar relacionado à melhor acessibilidade aos mercados localizados mais ao Sul e Nordeste do país. Vale ressaltar que os efeitos do aumento da eficiência no sistema de transporte, por meio de um processo de redução dos custos de transferência, são variados sobre a competição entre os espaços econômicos. Estados em que os efeitos após a construção do projeto operam de forma mais significativa tendem a apresentar vantagens comparativas.

A figura 11 mostra a contribuição das macrorregiões para o crescimento do PIB nacional na fase de operação do projeto de investimento da BR-101. A região Nordeste apresentou a maior contribuição para o aumento do PIB nacional. Isso é esperado, visto que após a construção do projeto, a operação do mesmo ocorre nesta região. A região Sul teve a menor contribuição. Os resultados da fase de operação mostram que os investimentos possuem um perfil nitidamente desconcentrador, o que implica que a redução de custos acaba gerando efeitos competitivos que beneficiam as regiões atingidas pelos investimentos. Analisando as figuras 10 e 11 em conjunto fica evidente que as economias estaduais do Sul e Sudeste são menos favorecidas, e as economias estaduais do Norte e Nordeste as mais favorecidas.

**FIGURA 11 – Contribuição macrorregional à variação do PIB nacional na fase de operação (em R\$ milhões)**

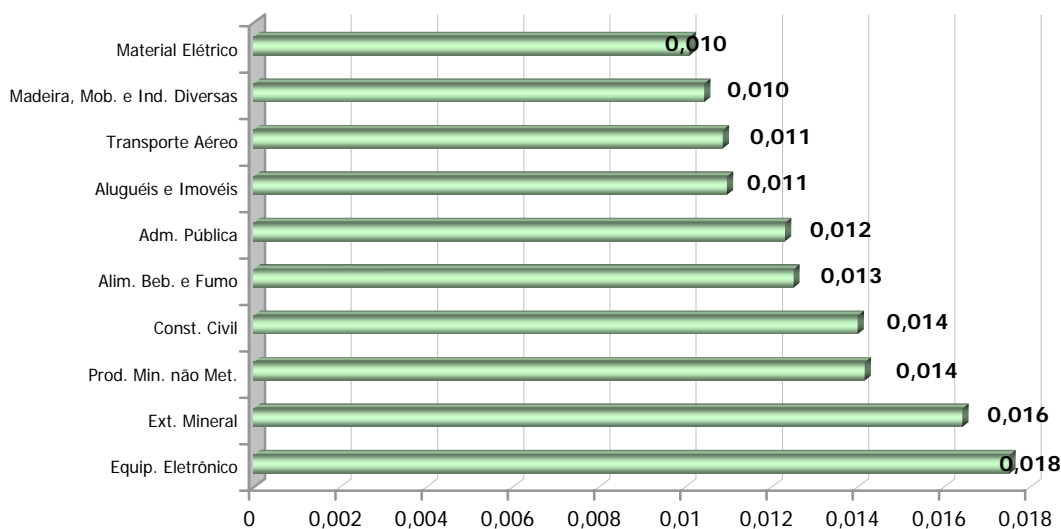


Fonte: Elaboração própria.

Os impactos setoriais da fase de operação mais importantes recaíram principalmente sobre os setores mais diretamente favorecidos pelos efeitos de redução de custos de transporte e relacionados com as atividades que dão suporte a melhoria da infra-estrutura, embora de forma mais incipiente que na fase de construção (figura 12). O setor de equipamentos eletrônicos é o mais beneficiado (+0,018%), seguido por extrativa mineral (+0,016), produtos minerais não-metálicos e construção civil (ambos +0,014%). O setor de transporte rodoviário, como esperado, é o que apresenta maior queda (-0,18%), uma vez que a redução nos custos de transporte rodoviário e a elevação da produtividade deste serviço diminuem seu custo e, portanto, a necessidade de sua utilização. Este resultado do setor de transporte libera fatores de produção para os demais setores da economia, repercutindo positivamente sobre estes.

Os impactos setoriais da fase de operação diferem daqueles da fase de construção, embora setores ligados ao incremento de infra-estrutura sejam afetados em ambas as fases. Na fase de construção o setor de construção civil é o mais impactado e de forma bem superior aos demais. Já na fase de operação, o setor de construção tem apenas o quarto maior impacto. Isso ocorre porque na fase de construção é simulada a implementação do projeto, demandando bens principalmente de setores locais ligados a construção e bens intermediários. Na fase de operação o projeto está em funcionamento, o que explica o choque sobre setores de serviços e de transporte.

**FIGURA 12 – Impactos setoriais do Projeto da rodovia BR-101 na fase de operação (var % do PIB setorial)**



Fonte: Elaboração própria.

### 5.1.3 Produtividade Marginal dos Investimentos (PMI)

Esta seção apresenta um enfoque alternativo na avaliação do projeto de investimento rodoviário estudado. No enfoque do PMI o objetivo é maximizar o produto nacional ou regional, avaliando a produtividade marginal em diferentes aplicações ou projeto. De acordo com Haddad (2004b), a utilização deste enfoque na seleção de projetos não é usual, em razão das dificuldades de se mensurar o produto marginal que se pode atribuir a um dado fator de produção em determinada utilização. No presente trabalho, este problema será tratado utilizando-se os resultados das simulações.

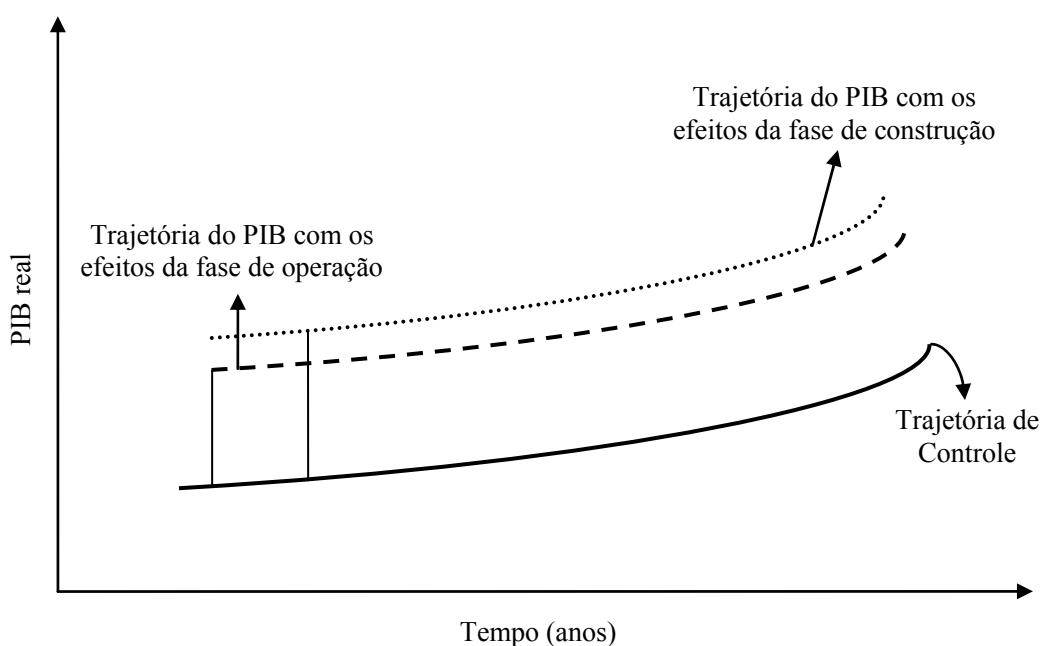
Os resultados das simulações, sob os dois tipos de fechamentos adotados, fornecem estimativas anuais da variação do fluxo da renda com a operação da rodovia duplicada. Essa variação reflete um desvio em relação a uma trajetória hipotética de evolução da renda da economia. Seguindo a abordagem desenvolvida em Haddad (2004b), tem-se que os mecanismos de ajustamento são importantes para a interpretação das novas trajetórias. As simulações foram realizadas de acordo com dois fechamentos: um referente a fase de construção e outro, a fase de operação. Na primeira fase é considerado o impacto dos investimentos sobre a economia, retratando aos efeitos dos primeiros anos de operação do

projeto. Na segunda, é reportado o impacto da redução dos custos de transporte sobre a economia, com referência aos resultados prováveis para os anos futuros.

Os investimentos envolvidos na fase de construção geram um impacto adicional sobre o crescimento nacional potencial de 0,0155% (variação do PIB real), o que equivale a R\$ 241,5 milhões. Na fase de operação o impacto da redução custo de transporte gera uma variação de 0,0118% do PIB real, o que representa R\$ 183,3 milhões. O método do PMI constitui-se em um exercício de estática comparativa para projetar o fluxo marginal do PIB. A informação do tempo de duração do projeto é importante para a avaliação temporal alternativa das simulações. Adotou-se uma vida útil para a duplicação da rodovia de 20 anos. De posse deste parâmetro, foi possível calcular o valor presente (VP) do fluxo marginal do PIB, contínuo e constante ao longo do tempo. Esta idéia pode ser vista pela ilustração da figura 13. As taxas de desconto utilizadas foram 3%, 5% e 8%.

A tabela 16 mostra as estimativas do VP dos fluxos marginais do PIB nos dois fechamentos, em R\$ milhões de 2003. A tabela 17 apresenta os resultados do PMI. Tal indicador também foi construído na análise realizada por Haddad (2004b) e é calculado como a razão entre o VP dos fluxos marginais do PIB e o valor do investimento.

**FIGURA 13 – Trajetórias Temporais Alternativas do PIB Real da Economia Nacional**



**TABELA 16 – VP dos Fluxos Marginais do PIB (em R\$ milhões de 2003)**

Taxa de Desconto	Fase de construção	Fase de operação
3%	3.594,5	2.726,5
5%	3.010,9	2.283,9
8%	2.372,1	1.799,3

OBS: Valor do Investimento = R\$ 2,8 bilhões.

Fonte: Elaboração própria.

**TABELA 17 – Produtividade Marginal dos Investimentos**

Taxa de Desconto	Fase de construção	Fase de operação
3%	1,63	1,23
5%	1,36	1,03
8%	1,07	0,81

OBS: Valor do Investimento = R\$ 2,8 bilhões.

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados indicam que o VP dos fluxos marginais do PIB é menor na fase operação do que na fase de construção. Isso ocorre em razão desta fase prever os efeitos diretos dos investimentos, enquanto que a outra fase trata apenas da redução de custos de transporte. Assim, a produtividade marginal do projeto é maior na fase de construção do que na fase de operação. Isso pode estar ligado ao fato dos investimentos gerarem potencialmente mais efeitos deslocamento de mão-de-obra em direção a setores e regiões com maiores possibilidade de crescimento, relação esta que é captada pelo modelo na fase de construção. Esta abordagem pode subsidiar na avaliação de projetos alternativos. O PMI, por exemplo, indicaria o projeto com maior índice.

## 5.2 Rodovia BR-163

Há uma grande discussão em torno da construção do projeto de pavimentação da BR-163. Basicamente existem duas vertentes. Uma argumenta que a implementação do projeto representaria prejuízos sócio-ambientais de grande escala. As conseqüências seriam, dentre outras, o avanço da soja no entorno do Parque Indígena do Xingú (PA), a contaminação das nascentes de rios da região, a ocupação irregular de terras públicas, conflitos pela posse de terras e o desmatamento de grandes áreas na Amazônia. Esta vertente avalia que os

impactos diretos do asfaltamento seriam negativos sobre estas questões e que, adicionalmente, estimularia atividades que acelerariam este processo, como ocupação desordenada da terra, expulsão de agricultores familiares e de população indígena e aumento da produção da soja e de suas conseqüências sobre o meio ambiente.

A outra vertente defende a implementação do projeto sob o argumento de que, além do benefício direto fornecido, via redução de custo de transporte, a melhoria de infra-estrutura viabilizaria o plantio de soja no entorno dessa estrada e permitiria que a política de preservação ambiental do governo fosse mais eficiente do que a existente atualmente. Além disso, defendem que o asfaltamento, independente do efeito positivo que ele terá sobre a atividade econômica no entorno da estrada, teria um impacto muito positivo sobre as regiões do Centro-Oeste (especialmente Mato Grosso) que necessitam de condições mais adequadas de transporte. A pavimentação facilitaria o acesso destas regiões ao porto de Santarém no Pará. A Zona Franca de Manaus se beneficiaria graças à redução do custo de transporte de sua produção comercializada no Centro-Sul e o Nordeste seria beneficiado em razão da possibilidade de importar alimentos do Centro-Oeste a um custo menor. A maior ligação com o Sudeste e Sul do país significaria ainda uma estratégia alinhada com a proposta de promoção da integração nacional.

A promoção da pavimentação da rodovia BR-163 pode ter uma implicação importante sobre movimento migratório no território brasileiro. Uma característica que envolve esta rodovia é a reduzida ou inexistente ocupação do espaço no seu entorno. O presente trabalho não tem como objetivo avaliar os possíveis impactos migratórios da construção deste projeto. Há na literatura estudos preocupados com esta questão (Chein, 2006; Chein *et al.*, 2008). No entanto, um projeto de asfaltamento deste porte pode atrair população para ocupação do espaço no entorno, em virtude das possibilidades econômicas que oferece. Dentre elas pode-se citar: i) as atividades ligadas diretamente ao plantio da soja, como fornecimento de mão-de-obra, e indiretamente, como a comercialização de máquinas e insumos agrícolas, serviços de transporte de carga, produção de alimentos com suporte a atividade principal; ii) a necessidade de ofertar serviços públicos e urbanos, como conseqüência da expansão da urbanização; e iii) incentivo a atividade industrial de pequeno porte de implementos agrícolas.

A discussão acerca do projeto de pavimentação da rodovia BR-163 envolve, neste sentido, duas visões. De um lado, há preocupação com seus impactos sobre o meio ambiente e de

outro, com eficiência econômica. Neste trabalho foram analisados apenas aspectos relacionados com os efeitos dos ganhos de eficiência sistêmica, sem aludir às questões discutidas em torno dos possíveis efeitos sobre a degradação ambiental, migração regional e ocupação do espaço. A seguir são apresentados os resultados em que são simuladas a construção e a operação do projeto de investimento da BR-163, a partir do modelo EGC.

### **5.2.1 Resultados da Fase de Construção**

Os resultados desta fase referem-se aos efeitos diretos dos investimentos realizados nos estados de Mato Grosso e Pará, que são os estados que detêm trechos da rodovia a ser pavimentada. A tabela 18 apresenta os resultados macroeconômicos mais importantes sobre estes estados, sobre as macrorregiões do Brasil e sobre a economia nacional. Os choques, simulações, hipóteses e ajustes neste caso são análogos àqueles mencionados no projeto da BR-101 na fase de construção.

A interpretação da tabela 18 é análoga a realizada na avaliação do projeto da BR-101 na fase de construção. Os estados do Mato Grosso e Pará tiveram aumentos significativos do investimento exógeno anual adicional (+0,31% e +3,53%, respectivamente). O incremento do investimento no Pará foi significativamente maior em relação ao Mato Grosso em virtude de grande parte do projeto ser implementado naquele estado. Houve aumento do consumo das famílias em ambos os estados. O investimento é financiado pelas famílias, isto é, o consumo ajusta-se endogenamente para acomodar as necessidades de investimento, e um resultado comum seria a redução do consumo com o aumento do investimento. O resultado positivo do consumo nestes estados é reflexo da expansão da renda. Este efeito sobrepôs ao impacto negativo sobre o consumo causado pelo financiamento do investimento, produzindo efeitos positivos nestes estados. Isso não é observado para as macrorregiões e para o resultado nacional. O efeito do aumento na renda não foi suficiente para gerar expansão do consumo, sendo o efeito do financiamento do investimento maior. A exceção foi a região Norte, cujo resultado é afetado pelos impactos no Pará.

As importações crescem mais que as exportações para os estados analisados, e macrorregiões, exceto Sul e Centro-Oeste e Brasil. Na etapa de construção do projeto, as regiões afetadas pelo investimento demandam importação de insumo e máquinas para a sua



implementação. Em virtude disso, o impacto sobre as importações do Pará e Norte são bem maiores que nas outras regiões.

Os efeitos sobre o PIB estadual (em termos de variação %) em geral são menores comparados aos observados no projeto da BR-101. O aumento mais significativo ocorreu no Pará (+0,33%), sendo a expansão observada no Norte (+0,13%), influenciada pelo resultado deste estado. O aumento do emprego em todas as regiões ocorre tanto como consequência da expansão do nível de atividade e do investimento quanto pelo aumento inferior do IPC em relação ao aumento do deflator do PIB. Neste último caso o estímulo ao emprego deve-se a redução do salário nominal. Os diferenciais de salários regionais também contribuem para o resultado do emprego. Parte da expansão do PIB é consequência da expansão do emprego visto que o estoque de capital permanece inalterado. O consumo do governo é nulo. Na fase construção assume-se gasto real do governo exógeno.

**TABELA 18 – Impactos macroeconômicos na fase de construção sobre o Brasil, as Macrorregiões e os Estados selecionados no projeto da BR-163**

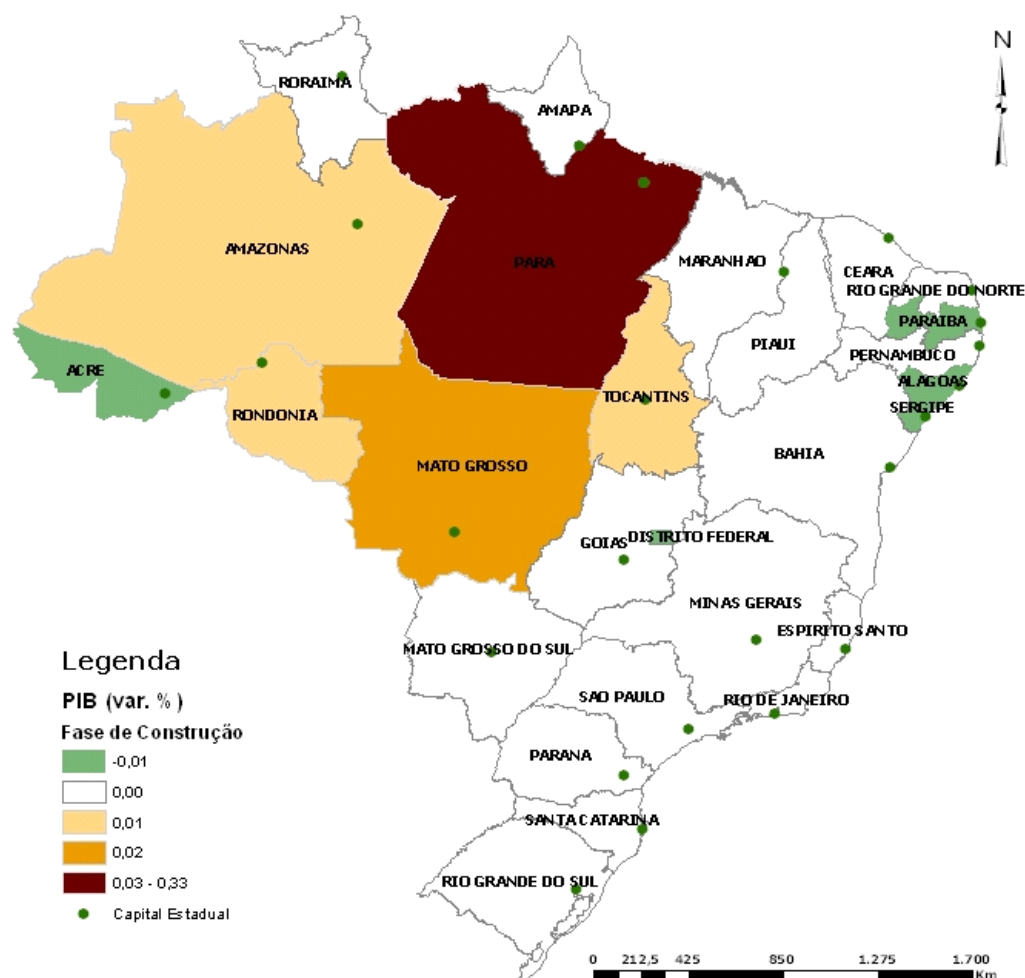
	Mato Grosso	Pará	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
Consumo das Famílias	0,00	0,57	0,20	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,02
Investimento	0,31	3,53	1,37	0,04	0,08	0,04	0,05	0,11
Exportações	0,00	-0,06	-0,04	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Importações	0,02	0,51	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
PIB real	0,02	0,33	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Emprego	0,04	0,60	0,22	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02
Deflator do PIB	0,08	1,71	0,66	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	0,02
IPC	-0,01	0,26	0,09	-0,02	-0,02	-0,03	-0,02	-0,02
Preço das Exportações	0,00	0,05	0,03	0,00	-0,01	0,00	-0,01	0,00

Fonte: Elaboração própria.

A figura 14 apresenta os impactos estaduais sobre o PIB (variação %) do projeto de investimento da rodovia BR-163. O objetivo é mostrar os efeitos de transbordamento sobre os estados com a implementação do referido projeto no Pará e Mato Grosso. O estado do Pará é o mais beneficiado, seguido por Mato Grosso, Tocantins, Amazonas e Rondônia. Os

resultados dos dois primeiros estados são esperados por receberem diretamente os investimentos, enquanto que os impactos positivos sobre os outros três deve-se aos efeitos de vazamento dos investimentos sobre a demanda de bens setoriais localizados nestes estados. Na etapa de construção, parte considerável da demanda recai sobre bens de setores locais.

**FIGURA 14 – Impacto na fase de construção sobre os estados do Projeto Rodoviário da BR-163**



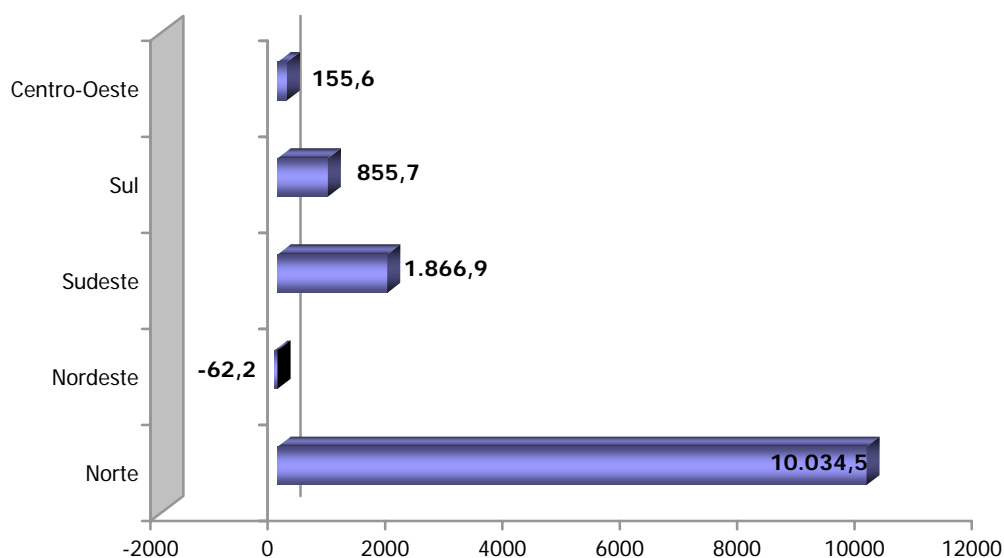
Fonte: Elaboração própria.

Por outro lado, estados como Paraíba, Acre, Alagoas e Sergipe têm impacto negativo do PIB. Na fase de construção a queda estadual ou regional do PIB está associada às características impostas pelas hipóteses deste fechamento, como imobilidade de capital e dos resultados do consumo das famílias, investimento e saldo comercial. Nestes estados ocorre uma combinação, observada na queda do consumo das famílias, do investimento e

do saldo comercial, que culminou com a contração dos seus respectivos níveis de atividade.

A figura 15 apresenta a contribuição das macrorregiões para o crescimento do PIB nacional na fase de construção do projeto de investimento da BR-163. Como os investimentos são realizados em grande parte no Pará, a região Norte teve a maior contribuição para o aumento do PIB nacional. A região Nordeste teve contribuição negativa para o impacto do PIB. A explicação é análoga ao caso do projeto da BR-101, sendo isso resultado da competição regional por fatores. Fatores de produção, neste caso mão-de-obra, deixam o Nordeste e destinam-se a regiões mais dinâmicas, cuja demanda aumentou.

**FIGURA 15 – Contribuição macrorregional à variação do PIB nacional na fase de construção (em R\$ milhões)**



Fonte: Elaboração própria.

Com relação aos impactos setoriais adicionais, tem-se que os mais beneficiados foram o de construção civil (+0,1%), de produtos minerais não-metálicos (+0,06%), máquinas e equipamentos (+0,05%) e material elétrico (+0,02%). Os três primeiros setores foram também os mais impactados na mesma simulação do projeto de investimento da BR-101, apesar dos impactos terem sido menores no projeto da BR-163. Em ambos os casos isso ocorreu por tais setores fornecerem suporte direto a atividade de construção, com mobilização adicional de setores da indústria de bens de capital e intermediários.

### 5.2.2 Resultados da Fase de Operação

Nesta fase, a simulação tem como objetivo projetar os impactos dos investimentos após a construção dos projetos, isto é, são avaliados apenas os efeitos gerados pela redução do custo de transporte intra e interestadual. Os choques podem ser vistos mais detalhadamente no capítulo 4, bem como as hipóteses inerentes a fase de operação e o processo de ajustamento que ajudam a explicar e entender os resultados que aqui se observam.

A tabela 19 apresenta os impactos macroeconômicos do projeto de investimento da rodovia BR-163 nos dois estados que recebem diretamente os investimentos, nas macrorregiões e no Brasil. Os efeitos são menores do que aqueles referentes à fase de construção e os resultados nacionais, inferior a que aqueles do projeto da BR-101 na fase de operação.

**TABELA 19 – Impactos macroeconômicos na fase de operação sobre o Brasil, as Macrorregiões e os Estados selecionados no projeto da BR-163**

	Mato Grosso	Pará	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
Consumo das Famílias	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01
Investimento	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01
Consumo do Governo	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
Exportações	0,00	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Importações	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
PIB real	0,02	0,03	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01
Emprego	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Salário real	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Estoque de Capital	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
Deflator do PIB	0,01	-0,02	-0,04	-0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
IPC	0,00	-0,01	-0,02	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Preço das Exportações	0,00	-0,03	-0,03	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados da tabela 19 mostram que o PIB aumentou nos estados selecionados, nas macrorregiões e no Brasil. O aumento mais significativo foi na região Norte (0,04%), indicando que alguns estados dessa região tiveram maior impacto no PIB que o Pará

(+0,03%). Os efeitos sobre o PIB são explicados principalmente pela elevação do estoque de capital, além da variação do investimento exógeno, uma vez que a oferta nacional de trabalho é mantida fixa nesta fase. Nacionalmente, o aumento do PIB associado a uma oferta fixa de trabalho provoca aumento da demanda por trabalho e elevação do salário real. A variação do emprego entre as regiões deve-se ao diferencial de salário real. Assim, o aumento do emprego de uma região está relacionado à redução do emprego em outra região, sendo as regiões mais dinâmicas (que detêm maiores salários neste caso) atradoras de mão-de-obra.

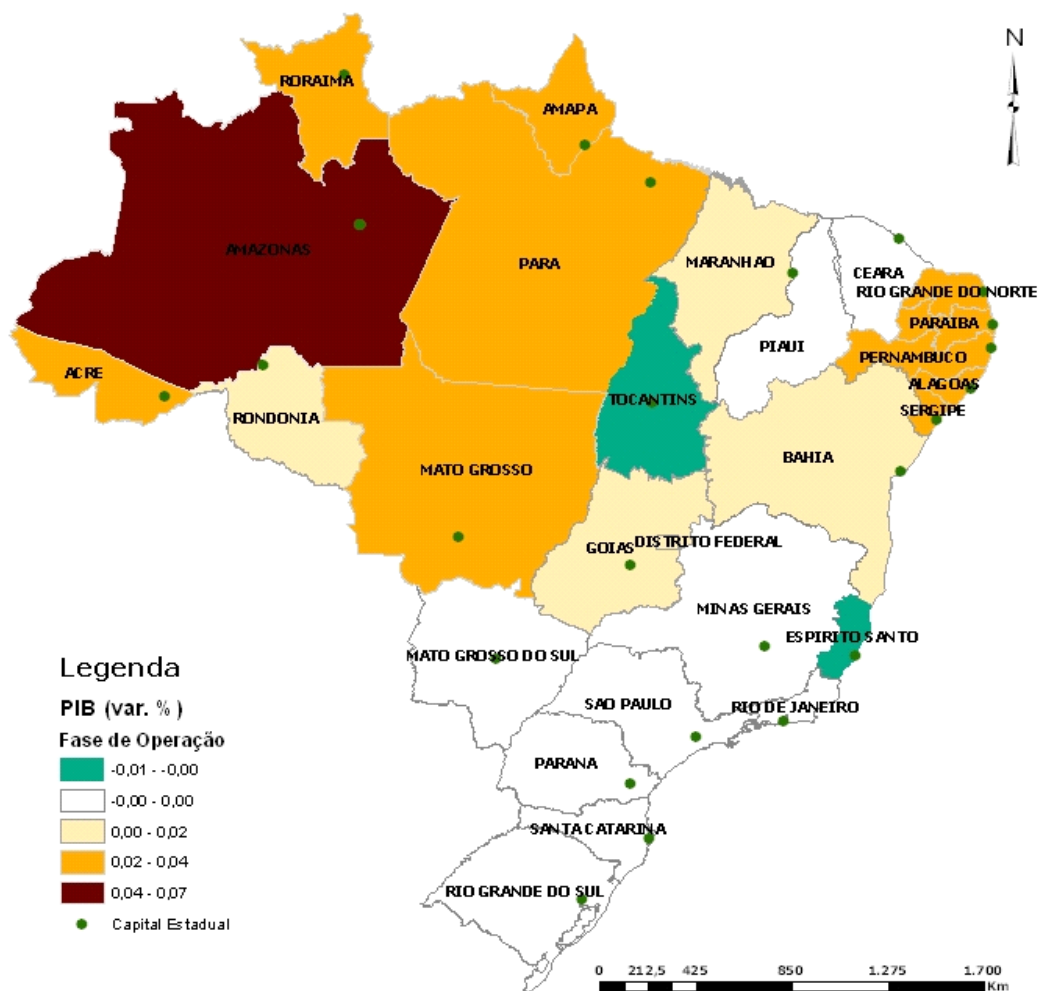
A redução do custo de transporte se reflete em grande parte no IPC e no preço das exportações. A redução do deflator do PIB acima da redução do IPC, exceto no Mato Grosso e Centro-Oeste, sugere redução dos custos de produção, com implicações positivas sobre o PIB. Já a redução do preço das exportações mostra, via impacto sobre o PIB, os ganhos proporcionados pela melhoria da infra-estrutura de transporte. O aumento da eficiência sistêmica é refletido em maior de competitividade produtiva, elevando a capacidade exportadora das regiões e do país.

A figura 16 mostra os efeitos sobre o PIB dos estados, em variação (%), da redução do custo de transporte gerada pelos investimentos na BR-163. Os estados do Norte, alguns do Nordeste e o Mato Grosso foram os mais beneficiados. O destaque é o resultado do estado Amazonas, que obteve o impacto mais positivo sobre o PIB. A região Norte apresentou tal resultado devido às vantagens que a melhoria das condições da infra-estrutura oferece. Na fase de operação, quando o projeto passa a funcionar, as regiões mais beneficiadas são aquelas que desfrutam dos ganhos da elevação da eficiência no sistema de transporte. A pavimentação da BR-163 significa incremento da eficiência do transporte, sobretudo na região Norte, configurando-se um corredor não apenas de ligação hidroviária para exportação da soja, mas também uma rota melhor estruturada entre os mercados da Zona Franca de Manaus e do Sudeste.

Os estados de Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Pernambuco também apresentam impactos positivos significativos sobre o PIB. Observa-se um corredor que liga Mato Grosso a estes estados, passando por Goiás e Bahia. Com a melhoria das condições de transporte da BR-163, as facilidades de comércio entre as regiões Norte e Nordeste aumentam, dado que existem poucas ligações entre elas. O aumento da acessibilidade entre os mercados dessas regiões configura-se em maior entrada de produtos da Zona Franca no

Nordeste. Esta região, por sua vez, beneficia-se pela compra de insumos mais baratos do Centro-Norte, permitindo que eleve a eficiência produtiva e reduza custos.

**FIGURA 16 – Impacto na fase de operação sobre os Estados do Projeto Rodoviário da BR-163**



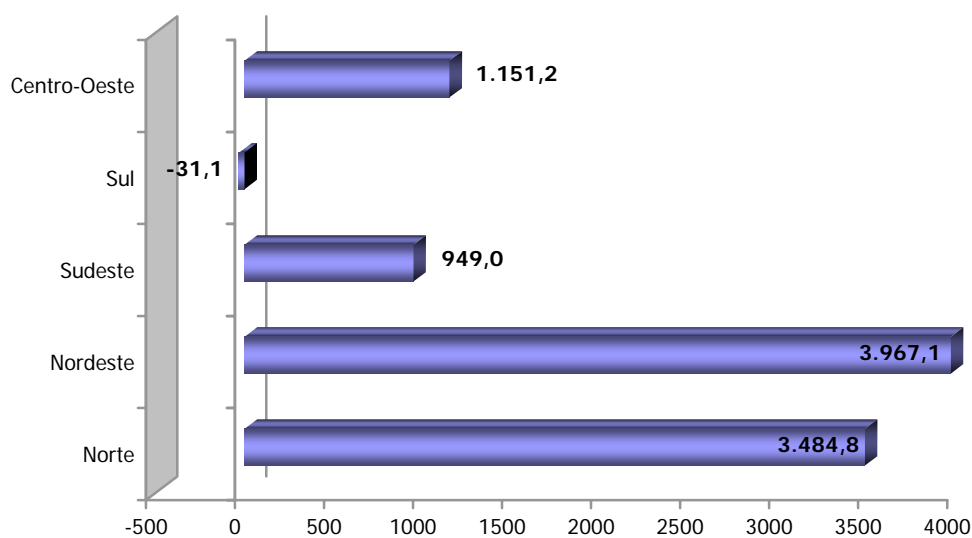
Fonte: Elaboração própria.

O resultado negativo sobre o Estado do Espírito Santo pode ser consequência dos efeitos competitivos criados pelo aumento da eficiência sistêmica. Regiões diretamente afetadas pelo projeto de investimento, no caso o Norte e o Centro-Oeste, geralmente se beneficiam porque a operação da redução dos custos de transporte na malha rodoviária recai, em especial, sobre os estados destas regiões. Uma conexão importante da BR-163 é a ligação da atividade produtiva da soja no Mato Grosso e o Porto de Santarém no Pará. As melhores condições dessa rodovia implicam em maior utilização dessa rota de escoamento da

produção de soja, reduzindo a utilização de outros portos brasileiros. O resultado negativo do Espírito Santo pode estar ligado, em parte, a estes efeitos de competição.

A figura 17 mostra a contribuição das macrorregiões para o impacto sobre o PIB nacional na fase operação do projeto da rodovia BR-163. O Nordeste foi à região com maior contribuição para o aumento do PIB, seguido pelo Norte e Centro-Oeste. A melhoria das condições de transporte simulada pelo projeto de investimento em questões beneficia mais o conjunto dos estados do Nordeste. A redução dos custos de transporte, com implicações sobre o aumento da eficiência sistêmica, implica em benefícios maiores para o Nordeste, em termos de maior acesso a bens e insumos do Norte e Centro-Oeste, em relação às outras regiões. O resultado negativo da região Sul mostra que os efeitos competitivos gerados provocam migração de fatores dessa região em direção a outras mais dinâmicas a partir da intervenção na malha rodoviária.

**FIGURA 17 – Contribuição macrorregional à variação do PIB nacional na fase de operação (em R\$ milhões)**

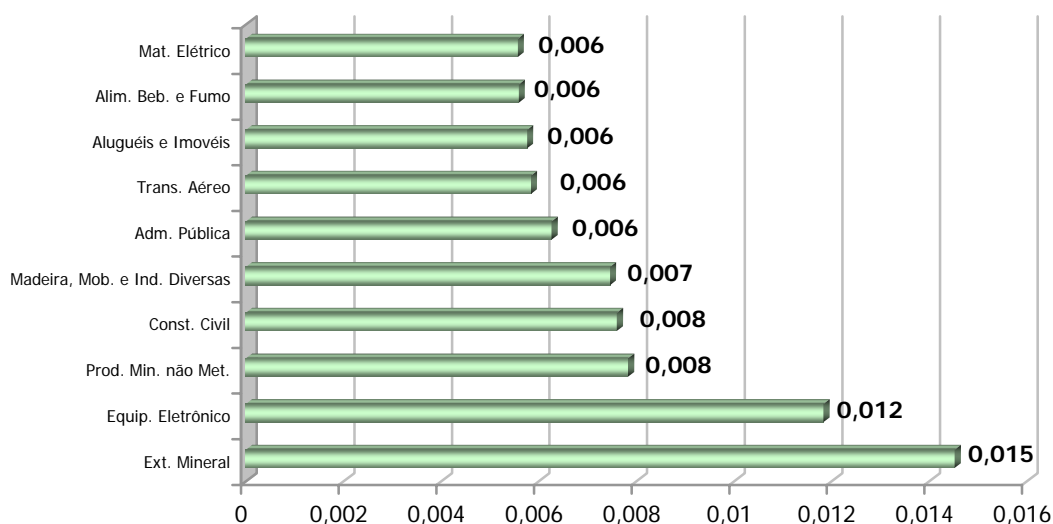


Fonte: Elaboração própria.

A figura 18 representa o impacto nacional sobre os setores da economia na fase de operação dos investimentos com o projeto da BR-163. O resultado é bem parecido com aquele obtido na análise do projeto da BR-101, isto é, após a construção do projeto setores relacionados à oferta de serviços e bens de consumo aparecem dentre os mais dinâmicos. Mesmo assim, setores de suporte a melhoria da infra-estrutura são os mais afetados: extrativa mineral (+0,015), equipamentos eletrônicos (+0,012%), produtos minerais não-

metálicos e construção civil (ambos +0,08%). Os efeitos setoriais no projeto da BR-163 são inferiores aos observados pelo projeto da BR-101.

**FIGURA 18 – Impactos setoriais do Projeto da rodovia BR-163 na fase de operação (var % do PIB setorial)**



Fonte: Elaboração própria.

**TABELA 20 – Impactos setoriais principais na fase de operação sobre os estados selecionados**

	Pará	Mato Grosso	Amazonas
Celulose, Papel e Gráfica	0,07	-	-
Alimentos, Bebidas e Fumo	0,07	0,05	0,13
Metalurgia Básica	0,05	0,03	0,09
Outros Metalúrgicos	0,05	0,04	0,14
Material Elétrico	0,04	0,03	0,06
Extrativa Mineral	0,04	-	0,53
Peças e Outros Veículos	0,04	-	0,17
Calçados e Couro	0,03	0,03	-
Produtos Mineraiis não Metálicos	0,03	0,06	-
Máquinas e Equipamentos	0,03	-	0,07
Transporte Aquaviário	0,03	-	0,05
Construção Civil	0,02	0,03	-

Fonte: Elaboração própria.

A tabela 20 mostra o impacto sobre os setores selecionados dos estados do Pará, Mato Grosso e Amazonas, que estão entre os mais beneficiados com o projeto da BR-163 na fase



de operação. Os efeitos sobre os setores do Amazonas são superiores aos observados no Pará e Mato Grosso. O ponto a ser observado no resultado do Amazonas é a heterogeneidade do impacto, uma vez que setores de diversos segmentos apresentaram variação significativa. O destaque foi o setor extrativo mineral (+0,53%), mas setores de bens intermediários, como metalurgia básica, outros metalúrgicos e máquinas e equipamentos e de bens de consumo, como de alimentos e de peças, foram bem afetados.

### 5.2.3 Produtividade Marginal dos Investimentos (PMI)

Análise empregada para a avaliação do PMI é análoga a aquela empregada no projeto da BR-101. Os investimentos envolvidos na fase de construção do projeto da BR-163 geram um impacto adicional sobre o crescimento nacional potencial de 0,0082% (variação do PIB real), o que equivale, em termos monetários, a R\$ 128,2 milhões. Na fase de operação o impacto da redução custo de transporte gera uma variação de 0,0061% do PIB real, o que representa R\$ 95,1 milhões. A proposta representa um exercício de estática comparativa para projetar o fluxo marginal do PIB. O tempo de vida útil adotado para o projeto de pavimentação da rodovia foi de 20 anos. Utilizou-se adicionalmente, taxas de desconto de 3%, 5% e 8% para calcular o VP do fluxo marginal do PIB.

A tabela 21 apresenta as estimativas do VP dos fluxos marginais do PIB nas fases de construção e operação, em R\$ milhões de 2003, e a tabela 22, os resultados do indicador PMI, construído a partir das informações do VP dos fluxos marginais do PIB e do valor do investimento.

**TABELA 21 – VP dos Fluxos Marginais do PIB (em R\$ milhões de 2003)**

Taxa de Desconto	Fase de construção	Fase de operação
3%	1.907,2	1.414,2
5%	1.597,6	1.184,6
8%	1.258,6	933,3

OBS: Valor do Investimento = R\$ 1,5 bilhões.

Fonte: Elaboração própria.

**TABELA 22 – Produtividade Marginal dos Investimentos**

Taxa de Desconto	Fase de construção	Fase de operação
3%	1,61	1,19
5%	1,35	1,00
8%	1,06	0,79

OBS: Valor do Investimento = R\$ 1,5 bilhão.

Fonte: Elaboração própria.

Assim como no projeto da BR-101, os resultados do VP dos fluxos marginais do PIB são menores na fase operação do que na fase de construção. Os impactos projetados mostraram-se superiores na fase de construção em relação à fase de operação. Isso ocorre em razão desta fase tratar apenas dos efeitos de redução de custos após o funcionamento do projeto, enquanto que naquela fase é simulada a construção do projeto, o que envolve mobilização maior de fatores. Como consequência, a produtividade marginal do projeto é maior na fase de construção do que na fase de operação. A aplicação direta dos investimentos, que é simulada na fase de construção, gera potencialmente efeitos deslocamento maior no fator trabalho (no caso deste fechamento o capital é fixo) em direção a setores e regiões com maiores possibilidade de crescimento. Como variável auxiliar na indicação de projetos eficientes, o PMI indicaria aqueles com índice superior a unidade. Para a avaliação de projetos alternativos, o PMI indicaria, em termos comparativos, aquele com maior índice.

### 5.3 Comparação entre os Projetos e Ressalvas

Os exercícios realizados neste trabalho dizem respeito à construção individual de cada projeto de investimento. Significa que na avaliação do projeto da BR-101, por exemplo, admitiu-se que nenhuma outra intervenção na malha rodoviária estava sendo realizada. Isso foi feito para que apenas os efeitos desejados dos projetos individuais fossem captados.

O projeto da BR-101 apresentou impactos maiores aos do projeto da BR-163, tanto em termos de redução dos custos de transporte intra e inter-regionais, quanto sobre a eficiência sistêmica ou PIB real, em ambas as fases. Isso pode ter acontecido por duas razões. Primeiramente, os investimentos planejados para a duplicação da rodovia BR-101 prevêm gastos em torno de R\$ 2,8 bilhões, enquanto a pavimentação da rodovia BR-163, um gasto

de R\$ 1,5 bilhão. Os efeitos destes investimentos são sentidos nos resultados da fase de construção, assim, um investimento maior implica em maior mobilização de fatores demandados. Grande parte desta demanda recai sobre setores locais, beneficiando a região a receber investimentos. Além disso, a capacidade de gerar efeitos transbordamento tem influência direta sobre o resultado de outras regiões. O projeto da BR-101 representa um investimento cerca de 87% maior do que o investimento da BR-163, e produz um impacto sobre o PIB real nacional na fase de construção 88% maior. Embora esta análise necessite ser controlada, é um indicativo aproximado da capacidade de promover eficiência sistêmica relativa.

Segundo, os estados do Nordeste a sofrerem intervenção, tomados em conjunto, configuram-se uma região que apresenta maior PIB que o Pará e o Mato Grosso. A BR-101 é uma das principais rodovias do país e tem papel fundamental na ligação do Sul e Sudeste com o Nordeste do país. Ademais, tal rodovia representa uma rota alternativa importante de ligação entre o Norte e o Sul, dadas a oferta reduzida de rodovias entre essas regiões.

Vale salientar que comparações profundas entre os efeitos encontrados entre os dois projetos de investimento estudados devem ser vistos com cautela. Cada rodovia tem um significado e particularidades que se distinguem das demais, por se localizar em regiões diferentes e por serem utilizadas de forma distinta. A migração e o impacto sobre urbanização regional representam um exemplo importante. Espera-se que, tanto na etapa de implementação quanto na etapa de funcionamento do projeto da BR-163, ocorram movimentos migratórios em direção à região do entorno desta rodovia, trazendo consigo efeitos sociais e ambientais. Estes fenômenos estariam ausentes sobre as regiões localizadas entorno da BR-101, por serem já ocupadas e consolidadas em termos urbanos. Assim, para a região entorno da BR-163, a pavimentação desta rodovia significaria um fenômeno novo, cujos impactos extrapolam os elementos econômicos. No caso do projeto da BR-101 os aspectos não econômicos seriam menores.

Outra ressalva é com relação a uma limitação do modelo EGC. Modelos de equilíbrio geral fazem exercícios de estática comparativa, isto é, avaliam uma situação antes de um fenômeno ocorrer e após sua realização e compara os dois equilíbrios, antes e depois da intervenção. Uma hipótese inerente a esta metodologia é a de que o valor nulo inicial inerente a uma variável de uma região permanece nulo após o choque. Assim, a

comparação entre os resultados dos dois projetos é limitada por esta hipótese, uma vez que o projeto da BR-163 contempla expansão da oferta em localidades vazias.

## 6 CONCLUSÃO

Esta dissertação utilizou um modelo EGC capacitado para a realização de simulações de políticas de transporte. O tratamento metodológico envolveu a integração do modelo EGC com um modelo de transporte geo-referenciado. O objetivo foi projetar efeitos econômicos de melhorias na infra-estrutura de transporte rodoviária do Brasil. A temática que envolve investimento em infra-estrutura, custo de transporte e possíveis repercussões sobre a atividade econômica mostram-se pertinentes tanto em termos metodológicos, quanto para a avaliação de projetos de iniciativa pública. A integração de modelos EGC a modelos de transporte geo-referenciado potencializa a capacidade de análise de políticas de transporte localizadas no território, permitindo incorporar aspectos teóricos a questões de planejamento regional.

O modelo de transporte utilizado nesta dissertação forneceu as estimativas necessárias de variação de custo de transporte na malha rodoviária brasileira, decorrentes das intervenções selecionadas, tomando os estados como referência. A projeção dos impactos foi analisada de acordo com a definição das simulações, sob dois fechamentos: um referente à fase de construção e outro à fase de operação. A fase de construção retrata o período em que os investimentos são realizados na economia, levando em consideração sua localização espacial. Regiões beneficiadas com os investimentos apresentam vantagem comparativa em relação as demais regiões, atraindo fatores de produção, especialmente mão-de-obra. Nesta fase, parte considerável dos efeitos sobre o nível de atividade econômica deve-se à expansão da demanda local e do emprego nacional e regional.

A fase de operação refere-se ao período pós-construção, quando os investimentos estão de fato implementados e em operação. A simulação desta fase no modelo EGC utilizou estimativas da redução generalizada dos custos de transporte na malha rodoviária do Brasil, decorrentes de um modelo de transporte, o que significa que os efeitos projetados nesta fase refletem os benefícios gerados pelo aumento da eficiência sistêmica. A redução do custo de transporte tem implicações econômicas importantes, que podem ser visualizadas de várias formas, como no aumento da produtividade das firmas e na redução dos custos dos insumos e dos bens ao consumidor. Nesta fase, em especial, observa-se os efeitos da melhoria das condições de transporte sobre a integração entre as regiões. O

incremento da infra-estrutura de transporte gera maior acessibilidade das regiões mais beneficiadas aos mercados, mas também aumenta a competição com produtos importados de outras regiões. Além disso, a melhoria de um trecho específico pode configurar-se uma rota alternativa de conexão entre regiões remotamente interligadas, podendo estimular fluxos de bens e serviços.

Os impactos econômicos de projetos de investimentos em melhoria na infra-estrutura rodoviária são potencialmente elevados no caso brasileiro, que possui alta dependência deste tipo de transporte. A aplicação da metodologia desenvolvida foi utilizada para a avaliação de dois projetos de investimentos específicos previstos pelo Governo Federal em obras de infra-estrutura: o da BR-101, que prevê a duplicação do trecho da rodovia entre as cidades de Feira de Santana (BA) e Natal (RN), e do BR-163, que prevê a pavimentação da rodovia entre Guarantã do Norte (MT) e Santarém (PA).

Os resultados encontrados, em ambos os projetos, indicam tanto o impacto potencial sobre alguns estados do Nordeste, Mato Grosso e Pará (aqueles que recebem diretamente os investimentos), como sobre os estados indiretamente afetados e sobre a economia nacional. Com relação aos estados selecionados nos projetos de investimento, tem-se elevação do nível de atividade e emprego nos dois fechamentos (fase de construção e fase de operação). O mesmo resultado é obtido para o Brasil como um todo, decorrentes de efeitos de vazamento e *spillover*. Ademais, como mostram os resultados deste trabalho, os efeitos dos investimentos geram competição regional e setorial, tanto em relação a demanda de bens, quanto de fatores de produção.

No projeto da BR-101, os resultados da fase de construção mostraram que os estados mais beneficiados foram aqueles localizados no Nordeste e que estão diretamente relacionados com esse investimento. No entanto, estados de outras regiões também se beneficiaram, especialmente na fase de operação. Isso ocorreu devido aos efeitos positivos da duplicação sobre a integração regional. Fora do Nordeste, o destaque foi o estado do Amazonas. O impacto significativo sobre este estado e outros das regiões Norte e Centro-Oeste deveu-se à maior facilidade criada pela duplicação na ligação entre estas regiões. Com relação aos resultados do projeto da BR-163, a fase de construção revelou que, assim como no projeto da BR-101, os estados mais beneficiados em termos de renda e emprego foram aqueles diretamente beneficiados com investimento, com o Pará, concentrando parte considerável dos efeitos. Outros estados da região Norte apresentaram impactos positivos importantes,

com destaque para o Amazonas, cuja ligação com os mercados do Sudeste e Nordeste é facilitada para as mercadorias da Zona Franca. Em termos gerais, todos os estados do Norte apresentaram impacto positivo do PIB, com exceção do Tocantins. O incremento das condições de transporte de insumos, *commodities* agrícolas, bens de consumo, dentre outros, para mercados localizados em outras regiões explicam, em parte, este resultado.

A análise da produtividade marginal do investimento foi uma alternativa de avaliação dos projetos, como sugerida em Haddad (2004). Tal índice indicou, em ambas as análises, maior potencialidade na fase de construção, quando os efeitos são conseqüências do aumento da demanda local por fatores (principalmente de mão-de-obra) e bens nos primeiros anos do projeto. O projeto da BR-101 apresentou um PMI de 1,03 na fase de operação a uma taxa de desconto de 5%, enquanto o projeto da BR-163 teve um PMI de 1,00 nesta mesma fase e sob a mesma taxa de desconto. As comparações que podem ser feitas entre as possibilidades observadas em diferentes cenários de um projeto e entre projetos alternativos, a partir da análise do PMI, podem ser utilizadas de forma oportuna na avaliação da eficiência dos projetos e, assim, subsidiar em processos decisórios de políticas públicas. Por exemplo, se um planejador deve decidir em qual projeto investir, o da BR-101 ou o da BR-163, tomando como base apenas esta medida de eficiência, o PMI indicaria a realização do investimento da BR-101, pois este apresenta um coeficiente mais elevado.

Este trabalho, em resumo, contribui para a implementação da metodologia de integração de modelos EGC e de transporte em um estudo aplicado para a economia brasileira. A escassez de dados regionais para a economia brasileira aparece muitas vezes como um obstáculo importante a realização de estudos em economia regional e aplicação de modelos EGC. A projeção de efeitos a partir da conjugação de um modelo desenvolvido na ótica da economia regional com custos de transporte constitui um dos principais méritos deste trabalho. Podem ser elencados, entretanto, passos importantes para a continuidade e desenvolvimento não apenas deste trabalho, mas também da metodologia empregada, como: i) modelagem do sistema de transporte de forma adequada à estrutura do modelo EGC, para gerar efeitos de *feedback* entre os mesmos; ii) projeção de efeitos a níveis territoriais menores (e.g. microrregional e municipal) a partir de uma modelagem com mais regiões e; iii) considerar possibilidades alternativas quanto a economias de escala, imperfeições de mercado, custo de transporte e aglomeração espacial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, P. D.; HORRIDGE, M.; PARMENTER, B. R. *MMRF-GREEN: a dynamic, multi-sectoral, multi-regional model of Australia*. Australia: Monash University, Centre of Policy Studies, 2000. (Preliminary Workpaper, OP-94).

ALMEIDA, E. S. D.; GUILHOTO, J. J. M. O custo de transporte como barreira ao comércio na integração econômica: o caso do nordeste. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 38, n. 2, p. 224-243, abr. 2007.

ALMEIDA, E. S. D.; HADDAD, E. A.; HEWINGS, G. J. D. The Transport-Regional Equity Issue Revisited. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 31., 2003, Porto Seguro, BA. *Anais...* [S.l.]. ANPEC, 2003. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, E. S. D. *Um modelo de equilíbrio geral aplicado espacial para planejamento e análise de políticas de transporte*. 2003. 258 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Instituto de Pesquisas Econômicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

ALVIM, A. M. M.; CARVALHO, P. F. B.; OLIVEIRA, P. A. B. *Análise da microrregião de Divinópolis: sua dinâmica econômica e populacional*. 2006 Disponível em: <[http://paulofernando.mat.br/documents/PUB\\_divinopolis\\_final\\_PFBC.PDF](http://paulofernando.mat.br/documents/PUB_divinopolis_final_PFBC.PDF)>. Acesso em: 10 de abr. 2008.

ARAÚJO, T. B. O elogio à diversidade regional brasileira. In: MINEIRO, A. S.; ELIAS, L. A.; BENJAMIN, C. (Orgs.). *Visões da crise*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1998. p. 161-182.

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

ARNOTT, R. J.; STIGLITZ, J. E. Aggregate land rents and aggregate transport costs. *The Economic Journal*, London, v. 91, n. 362, p. 331-347, Jun. 1981.

BECKER, B. K. Amazônia: nova geografia, nova política regional e nova escala de ação. In: COY, M.; KOHLHEPP, G. *Amazônia sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2005. p. 23 – 44.

BECKER, B. K. *Amazônia*. São Paulo: Ática, 1990. (Princípios, 192).

BECKER, B. K. Amazonian frontiers at the beginning of the XXI century. In: HOGAN, D.; TOLMASQUIN, M. *Human dimensions of global environmental change*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001.

BECKER, B. K. Cenários de curto prazo para o desenvolvimento da Amazônia. *Cadernos IPPUR*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 53-85, jan./jul. 1999.



BILGIC, A. *et al.* Estimates of U.S. regional commodity trade elasticities. *Journal of Regional Analysis and Policy*, Lincoln, v. 32, n. 2, 2002.

BRASIL. Ministério da Fazenda. *Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)*. 2007. Disponível em: < www.fazenda.gov.br>. Acesso em: 10 abr. 2008.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Política Nacional de Desenvolvimento Regional. *Plano estratégico de desenvolvimento sustentável do nordeste: desafios e possibilidades para o nordeste do século XXI*. Recife, 2006. (Documento de Base, 4).

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

BRÖCKER, J; SCHNEIDER, M. How does economic development in Eastern Europe affect Austria's regions? A multiregional general equilibrium framework. *Journal of Regional Science*, Malden, v. 42, n. 2, p. 257-285, May. 2002.

BRÖCKER, J. Spatial effects of european transport policy: a CGE approach. In: HEWINGS, G. J. D.; SONIS, M.; BOYCE, D. (Ed.). *Trade, networks and hierarchies: modeling regional and interregional economies*. New York: Springer, 2002. p. 11-28.

BRÖCKER, J. *Spatial effects of transport infrastructure: the role of market structure*. Dresden: Dresden University of Technology, 1998. (Texto para Discussão, 5/98).

CAIADO, A. C. S. *Desconcentração industrial regional no Brasil (1985-1998): pausa ou retrocesso?* 2002. 289 f. Tese (Doutorado em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

CASSING, J. H. Transport costs in international trade theory: a comparison with the analysis of nontraded goods. *The Quarterly Journal of Economics*, Cambridge, v. 92, n. 4, p. 535-550, Nov. 1978.

CAVALCANTI, B. S. Reformas e políticas regulatórias na área de transportes. In: CONGRESO INTERNACIONAL DEL CLAD SOBRE LA REFORMA DEL ESTADO Y DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA, 7., 2002, Lisboa, Portugal. *Anais...* Lisboa: CLAD, 2002.

CHEIN, F. L. F.; ASSUNCAO, J. J.; LEMOS, M. B. Migration and regional labor market. In: RSAI WORLD CONFERENCE. 8., *Anais...* São Paulo: Regional Science Association International, 2008.

CHEIN, F. L. F. *Desigualdade regional, migração e urbanização: três ensaios sobre desenvolvimento*. 2006. 142 f. Doutorado (Doutorado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

CHIANG, A. *Fundamental methods of mathematical economics*. 2<sup>nd</sup>. New York: McGraw-Hill, 1974.

CHRISTALLER, W. *Central places in southern Germany*. New Jersey: Prentice-Hall, 1966.

COLE, L. M. Transport investment strategies and economic development. *Land Economics*, Madison, v. 44, n. 3, p. 307-317, Aug. 1968.

DICKINSON, H. D. Von. Thunen's economics. *The Economic Journal*, London, v. 79, n. 316, p. 894-902, Dec. 1969.

DINIZ, C. C. *A dinâmica regional recente da economia brasileira e suas perspectivas*. Rio de Janeiro: IPEA, 1995. (Texto para Discussão, 375).

DINIZ, C. C. *Globalização, escalas territoriais e política tecnológica regionalizada no Brasil*. Belo Horizonte: CEDEPLAR, 2001. (Texto para Discussão, 168).

DIXON, P. B. *et al. Orani, a multisectoral model of the Australian economy*. Amsterdam: North-Holland Pub, 1982.

DOMINGUES, E. P. Dimensão regional e setorial da integração brasileira na Área de Livre Comércio das Américas. 2002. 228 f. Tese (Doutorado em Economia)- Instituto de Pesquisas Econômicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

DOMINGUES, E. P. *et al.* Redução das desigualdades regionais no Brasil: os impactos de investimentos em transporte rodoviário. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA. 35., Recife. *Anais...* Recife: ANPEC, 2007.

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; FARIA, W. R. Impacto dos investimentos do PAC em Minas Gerais: Efeitos sobre crescimento e desigualdade. In: SEMINÁRIO SOBRE A ECONOMIA MINEIRA. 13., 2008, Diamantina. *Anais...* Diamantina: CEDEPLAR/UFMG, 2008.

DOMINGUES, E. P.; OLIVEIRA, H. C.; VIANA, F. D. F. Investimentos em infraestrutura no Nordeste: projeções de impacto e perspectivas de desenvolvimento. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS. 5., Recife. *Anais...* Recife: ABER, 2007.

FALVEY, R. E. Transport costs in the pure theory of international trade. *The Economic Journal*, London, v. 86, n. 343, p. 536-550, Sept.. 1976.

FERREIRA FILHO, J. B. S.; HORRIDGE, M. J. Economic integration, poverty and regional inequality in Brazil. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v. 60, n.4, p. 363-387, out./dez. 2006.

FINGER, J. M.; YEATS, A. J. Effective protection by transportation costs and tariffs: a comparison of magnitudes. *The Quarterly Journal of Economics*, Cambridge, v. 90, n. 1, p. 169-176, Feb. 1976.

FOX, K. A. Allocation in space: production, transport and industrial location. Resenha de: LEFEBER, Louis. *Econometrica*, v. 27, n. 4, p. 718-720, Oct. 1959.

FRISCH, R. A complete scheme for computing all direct and cross demand elasticities in a model with many sectors. *Econometrica*, Chicago, v. 27, n. 2, p. 177-196, Apr. 1959.

FUJITA, M.; KRUGMAN, P.; VENABLES, A. J. *Economia espacial*. Cambridge: The MIT Press, 2002.

GERACI, V. J.; PREWO, W. Bilateral trade flows and transport costs. *The Review of Economics and Statistics*, Cambridge, v. 59, n. 1, p. 67-74, Feb. 1977.

GUILHOTO, J. J. M. *Um modelo computável de equilíbrio geral para planejamento e análise de políticas agrícolas (PAPA) na economia brasileira*. 1995. 258 f. Tese (Livredocência em Economia) – ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

HADDAD, E. A.; DOMINGUES, E. P. EFES – um modelo aplicado de equilíbrio geral para a economia brasileira: projeções setoriais para 1999-2004. *Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 89-125, jan. 2001.

HADDAD, E. A. *et al.* Assessing the Economic Impacts of Transportation Infrastructure Policies in Brazil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS, 5., Recife. *Anais...* Recife: ABER, 2007.

HADDAD, E. A.; HEWINGS, G. J. D. Analytically important transportation links: a field of influence approach to CGE Models. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA. 35., 2007, Recife. *Anais ...* Recife: ANPEC, 2007.

HADDAD, E. A.; HEWINGS, G. J. D. Transportation costs and regional development: an interregional CGE analysis. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA. 27., 1999, Belém. *Anais...* Belém: ANPEC, 1999.

HADDAD, E. A. *Linking interregional CGE models with geo-coded transportation network infrastructure models*. São Paulo: Nereus, 2004a. (Texto para Discussão, 04).

HADDAD, E. A.; PEROBELLI, F. S. Trade liberalization and regional inequality: do transportation costs impose a spatial poverty trap? In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 32., 2004, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: ANPEC, 2004.

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

HADDAD, E. A. *Retornos crescentes, custos de transporte e crescimento regional*. 2004. 207 f. Tese (Livredocência em Economia) – Instituto de Pesquisas Econômicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004b.

HADDAD, E. A. Transporte, eficiência e desigualdade regional: avaliação com um modelo CGE para o Brasil. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, v. 36, n. 3, p. 413-448, dez. 2006.

HADDAD, P. R. A experiência brasileira de planejamento regional e suas perspectivas. In: FUNDAÇÃO KONRAD-ADENAUER-STIFTUNG; IPEA. *A política regional na era da globalização*. São Paulo: Fundação Konrad-Adenauer-Stiftung, IPEA, 1996. (Debates, 12).

HOOVER, E. M.; GIARRATANI, F. *An introduction to regional economics*. 3<sup>rd</sup> ed.. Virginia: Regional Research Institute, 1999. Disponível em: <<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Giarratani/chapterone.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2008.

HORRIDGE, M.; MADDEN, J.; WITWER, G. The impact of the 2002-2003 drought on Australia. *Journal of Policy Modeling*, New York, v. 27, n. 3, p. 285-308, Apr. 2005.

HORRIDGE, M. *ORANI-G: a general equilibrium model of the Australian economy*. Australia: Centre of Policy Studies, Monash University, 2000. (Working Paper, OP-93). Disponível em: <[www.monash.edu.au/policy/elecpar/op93.htm](http://www.monash.edu.au/policy/elecpar/op93.htm)>. Acesso em: 04 abr. 2008.

HORRIDGE, M. *ORANI-G: a generic single-country computable general equilibrium model*. Australia: Centre of Policy Studies and Impact Project, Monash University, 2001. Disponível em: <<http://www.monash.edu.au/policy/oranig.htm>>. Acesso em: 02 abr. 2008.

ISARD, W. *Location and space-economy*. Cambridge: MIT Press, 1956.

ISARD, W. *et al. Methods of interregional and regional analysis*. Ashgate: Aldershot, 1998.

KILKENNY, M. Transport costs and rural development. *Journal of Regional Science*, Amherst, v. 38, n. 2, p. 293-312, May. 1998.

KIM, E.; HEWINGS, G. J. D. *An application of integrated transport network-multiregional cge model II: calibration of network effects of highway*. Urbana-Champaign: Regional Economic Applications Laboratory, University of Illinois, 2003. (Discussion Paper, REAL 03-T-24).

KIM, E.; HEWINGS, G. J.; HONG, E. C. An Application of an Integrated Transport Network- Multiregional CGE Model: a Framework for the Economic Analysis of Highway Projects. *Economic Systems Research*, Abingdon, v. 16, n. 3, p. 235-258, Sept. 2004.

KOHLHEPP, G. Desenvolvimento sustentável na Amazônia? Dúvidas na consolidação do programa piloto, as recentes estratégias e a realidade amazônica. In: COY, M.; KOHLHEPP, G. *Amazônia sustentável*. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2005. p. 23-44.

KORZHENEVYCH, M. A. A.; SCHÜRMAN, D. I. C. *Testing the european-wide spatial equity and efficiency impacts of the priority ten-t projects*. University of Maryland, 2007. Disponível em: <[http://www.tu-dresden.de/www/leeg/events/transatlantic\\_infraday/2007/Papers/korzhenevych\\_tai.pdf](http://www.tu-dresden.de/www/leeg/events/transatlantic_infraday/2007/Papers/korzhenevych_tai.pdf)> Acesso em: 10 abr. 2008.

KUHN, T. E. Transport investment and economic development. Resenha de FROMM, Gary. *The American Economic Review*, Nashville, v. 55, n. 5, p. 1235-1238, Dez. 1965.

LEME, R. *A contribuição à teoria da localização industrial*. São Paulo: IPE-USP, 1982.

LEMOS M. B. *Estado e capital: um estudo sobre a dinâmica centro X periferia*. 1988. Tese (Doutorado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1988.

LESSA, C. *A estratégia de desenvolvimento 1974-1976: sonho e fracasso*. 190 f. Tese (Professor Titular) – Faculdade de Economia e Administração, UFRJ, Rio de Janeiro, 1978.

LIMA, J. P. R. Traços gerais do desenvolvimento recente da economia do nordeste. *Revista Economica do Nordeste*, Fortaleza, v. 36, n. 1, p. 20-42, jan./mar. 2005.

LOPES NETO, A. *Lessons from Brazil's regional development programs*. XI' An, People's Republic of China, 2001. (OECD – Chine Conference, Paper 1). Disponível em: <<http://www.oecd.org/dataoecd/58/29/2369827.pdf>>. Acesso em: 10 de nov. 2008.

LOSCH, A. *The economics of location*. New Haven: Yale University Press, 1954.

McCANN, P. Classical and neo-classic location-production models. In: McCANN, P. *Industrial location economics*. Cheltenham/Northampton: Edward Elgar, 2002. p. 3-31.

MARTELLO, A. *Ipea: pedágio sobe 45% acima da inflação*. 2007. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/003/00301009.jsp?ttCD\\_CHAVE=2204](http://www.ipea.gov.br/003/00301009.jsp?ttCD_CHAVE=2204)>. Acesso em 09 de abr.

MARTINS, R. S.; SANTOS, C. V. “Custo Brasil” e exportações agroindustriais: o impacto do sistema portuário. *Teoria e Evidência Econômica*, Passo Fundo, v. 4, n. 7/8, p. 23-36, maio/nov. 1996.

MELLO, N. A.; PASQUIS, R.; THÉRY, H. A Amazônia “sustentável” de Marina e Lula. In: COY, M.; KOHLHEPP, G. *Amazônia sustentável*. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2005. p. 23-44.

MELO, J. de; ROBINSON, S. *Product differentiation and foreign trade in CGE models of small economies*. Washington, DC: World Bank, 1989.(Policy, Planning, and Research Working Papers,144.)

MELVIN, J. R. The regional economic consequences of tariffs and domestic transportation costs. *The Canadian Journal of Economics*, Toronto, v. 18, n. 2, p. 237-257, May. 1985.

MEYER, J. R. Transport Technologies for Developing Countries. *The American Economic Review*, Nashville, v. 56, n. 1/2, p. 83-90, Mar. 1966.

MINAS GERAIS. Governo do Estado. Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. *PELT – Minas: Plano Estratégico de Logística de Transportes*. Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <[www.transportes.mg.gov.br](http://www.transportes.mg.gov.br)>. Acesso em 10 abr. 2008.

PAAR, J. B. The location of economic activity: central place theory and the wider urban system. In: McCANN, P. *Industrial location economics*. Cheltenham: Edward Elgar, 2002. p. 32-82.

PARTRIDGE, M. D.; RICKMAN, D. S. Regional computable general equilibrium modeling: a survey and critical appraisal. *International Regional Science Review*, Morgantown, v. 21, n. 3, p. 205-248, Dec.1998.

PÊGO FILHO, B.; CÂNDIDO JÚNIOR, J. O.; PEREIRA, F. *Investimentos e financiamento da infra-estrutura no brasil: 1990/2002*. Brasília: IPEA, 1999. (Texto para Discussão, 680).

PERRONI, C.; RUTHERFORD, T. F. Regular flexibility of nested CES functions. *European Economic Review*, Amsterdam, v. 39, n. 2, p. 335-343, Feb. 1995.

PETER, M. W. *et al. The theoretical structure of Monash-MRF*. Australia: Monash University, Centre of Policy Studies, 1996.

QUINZII, M.; THISSE, J. F. On the optimality of central places. *Econometrica*, Chicago, v. 58, n.5, p. 1101-1119, Sept. 1990.

RIGOLON, F. J. Z. O Investimento em infra-estrutura e a retomada do crescimento econômico sustentado. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 129-158, abr. 1998.

ROBERTS, P. O.; KRESGE, D. T. Simulation of transport policy alternatives for Colombia. *The American Economic Review*, Nashville v. 58, n. 2, p. 341-359, May 1968 .

ROLIM, C. *Reestruturação produtiva, mundialização e novas territorialidades: um novo programa para os cursos de economia regional e urbana*. Trabalho apresentado ao ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA PARA O DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 1998, Coimbra. Disponível em: <[http://www.economia.ufpr.br/departamento/docente/cassio\\_material/Restrukturacao%20Produtiva%20e%20Novas%20Territorialidades.pdf](http://www.economia.ufpr.br/departamento/docente/cassio_material/Restrukturacao%20Produtiva%20e%20Novas%20Territorialidades.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2008.

ROTH, G. J. Techniques of transport planning. Resenha de MEYER., John R. *The Economic Journal*, London, v. 82, n. 326, p. 744-745, June. 1972.

ROUSSLANG, D. J.; TO, T. Domestic trade and transportation costs as barriers to international trade. *The Canadian Journal of Economics*, Toronto, v. 26, n. 1, p. 208-221, Feb. 1993.

SAMUELSON, P. A. The transfer problem and transport costs: the terms of trade when impediments are absent. *The Economic Journal*, London, v. 62, n. 246, p. 278-304, June. 1952.

SHIUE, C. H. Transport costs and the geography of arbitrage in eighteenth-century China. *The American Economic Review*, Nashville, v. 92, n. 5, p. 1406-1419, Dec. 2002.

SILVA, G. J. C.; FORTUNATO, W. L. L. Infra-estrutura e crescimento: uma avaliação do caso brasileiro no período 1985-1998. Trabalho apresentado ao XII ENCONTRO REGIONAL DE ECONOMIA., Fortaleza, 2007. Disponível em: <<http://www.bnb.com.br/content/aplicacao/Eventos/ForumBNB2007/docs/infra-estrutura-crescimento.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2008.

SMERALDI, R. Análise das principais grandes obras de infra-estrutura do Plano Plurianual (PPA) 2004-2007 na Amazônia. In: COY, M.; KOHLHEPP, G. *Amazônia sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2005. p. 23-44

SONIS, M. *et al.* Linkages, key sectors and structural change: some new perspectives. *The Developing Economies*, Tokyo, v. 33, n. 3, p. 233-270, Sept. 1995.

USHER, D. The transport bias in comparisons of national income. *Economica*, London, v. 30, n. 118, p. 140-158, May. 1963.

VASCONCELOS, J. R. D.; OLIVEIRA, M. A. D. *Análise da matriz por atividade econômica do comércio interestadual no Brasil - 1999*. Rio de Janeiro: IPEA, 2006. (Texto para Discussão, 1159).

WEBER, A. *Theory of the location of industries*. Chicago: Chicago University, 1969.

WEISBROD, G.; TREYZ, F. Productivity and accessibility: bridging project-specific and macroeconomic analysis of transportation investments. *Journal of Transportation and Statistics*, Washington, v. 1, n. 3, p. 65-79, Oct. 1998.

WIGLE, R. M. Transportation costs in regional models of foreign trade: an application to Canada-U.S. trade. *Journal of Regional Science*, Amherst, v. 32, n. 2, p. 185-207, May. 1992.