

Cenários de Mudanças Climáticas e Agricultura no Brasil: Impactos Econômicos na Região Nordeste

RESUMO

Analisa o impacto de mudanças climáticas no Nordeste a partir de estimativas das implicações sobre a disponibilidade de terras aptas para a atividade agrícola em um conjunto de cultivos. Estas informações, baseadas em cenários de aquecimento global do *International Panel of Climate Change* (IPCC), alimentam um modelo inter-regional de equilíbrio geral computável para o Brasil, o que possibilita desenvolver uma análise em vários aspectos das implicações econômicas regionais desse fenômeno. Os resultados encontrados indicam um elevado potencial de perdas econômicas no Nordeste, especialmente nos estados mais pobres, apontando para a necessidade de políticas de mitigação e de controle de emissões. Na ausência destas políticas, os efeitos econômicos sobre o emprego, por exemplo, podem gerar impactos significativos sobre os fluxos migratórios, repercutindo na forma de elevada pressão sobre os serviços de infraestrutura urbana das metrópoles do Nordeste e de outras regiões do país.

PALAVRAS-CHAVE

Mudanças Climáticas. Meio Ambiente. Economia Regional. Equilíbrio Geral.

Edson Paulo Domingues

- Professor Adjunto do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) e Faculdade de Ciências Econômicas (FACE), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG);
- Pesquisador de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);
- Pesquisador do Programa Pesquisador Mineiro da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig) e RedeClima.

Aline Souza Magalhães

- Doutoranda em Economia UFMG/Face e Cedeplar
- Bolsista CNPq e RedeClima

Ricardo Machado Ruiz

- Professor Adjunto UFMG/Face e Cedeplar;
- Pesquisador de Produtividade em Pesquisa CNPq

1 – INTRODUÇÃO

O meio ambiente tem sido considerado pela teoria econômica um típico recurso de uso comum, do qual a atividade humana extrai benefícios e o afeta com subprodutos dessa atividade (lixo e poluição). Se classificado como um recurso de uso comum, seu preço seria nulo e o acesso permitido a toda atividade econômica, de pessoas e empresas. Ar e água seriam então exemplos típicos de bens livres, disponíveis em quantidades ilimitadas e a preço zero. No caso de recursos de uso comum, o conhecido exemplo da “tragédia dos comuns” mostraria o efeito do uso livre desses recursos: há uma tendência à superutilização do recurso e diminuição dos benefícios coletivos. As externalidades cruzadas negativas dos diversos agentes na utilização destes recursos comuns (meio ambiente) podem implicar que, no longo prazo, o meio ambiente, como sistema de suporte à vida no planeta, esteja comprometido, gerando perdas irreparáveis às futuras gerações.

As evidências do impacto da atividade econômica sobre o meio ambiente têm-se acumulado nos últimos 50 anos do século XXI. Do ponto de vista econômico, pode-se considerar que o meio ambiente passou de um recurso de uso comum e disponibilidade ilimitada para a categoria de bem escasso. (SIEBERT, 2008). Esta escassez implica que, para uma determinada quantidade de um dado bem (meio ambiente), nem todas as demandas podem ser atendidas. O meio ambiente é utilizado como bem público de consumo, recurso natural ou receptáculo de lixo. Como esta demanda para diferentes usos parece estar bastante acima da oferta, alguns dos usos competitivos devem ser reduzidos ou eliminados.

Um dos efeitos mais discutidos da atividade econômica sobre o meio ambiente são as mudanças climáticas originadas pela acumulação de Gases de Efeito Estufa (GEE). Ao longo dos anos, fortaleceram-se as evidências empíricas de que a atividade humana alterou de maneira significativa a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. (IPCC, 2007). Essa acumulação de GEE tem sido vista como a causa mais provável da elevação da temperatura e de outras mudanças climáticas observadas no século XX. As

projeções climáticas indicam que a magnitude do impacto será suficiente para mudar largamente o clima na Terra e afetar intensamente diversas regiões, países e continentes.

A consequência do aumento dos gases GEE na atmosfera é uma alteração do sistema climático que pode ter diversos impactos sobre as condições de vida na terra: elevação do nível dos oceanos, derretimento de geleiras, mudança no regime de chuvas, desertificação, aumento de incidência de doenças, entre outras. No nível regional, os impactos das mudanças climáticas podem ser bastante profundos e heterogêneos. O relatório do IPCC projetou, para a América Latina, alguns exemplos de impactos esperados:

1. Até meados do século, os aumentos de temperatura e decréscimo associado da água no solo projetam uma reposição gradual da floresta tropical pela savana no sudeste da Amazônia. A vegetação semiárida tenderá a ser substituída pela vegetação árida;
2. Existe um risco significativo de perda de biodiversidade através da extinção de diversas espécies em muitas áreas tropicais da América Latina;
3. As mudanças no padrão de chuvas e o desaparecimento de glaciares projetam um efeito significativo sobre a disponibilidade de água para consumo humano, agrícola e geração de eletricidade;
4. A produtividade de alguns cultivos agrícolas importantes tende a cair e, também, a produtividade da pecuária deve declinar, com implicações adversas sobre a segurança alimentar. Nas zonas temperadas a produção de soja projetada pode aumentar.

Estudo recente da Embrapa (EMBRAPA, 2011) avaliou os impactos que o aquecimento global poderá causar às principais culturas agrícolas do país nas próximas décadas. Segundo esse estudo, “o aquecimento global pode provocar perdas nas safras de grãos de R\$ 7,4 bilhões já em 2020 – número que pode subir para R\$ 14 bilhões em 2070 – e alterar profundamente a geografia da produção agrícola no Brasil”. Além disso, a ausência de medidas de

mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e de adaptação de cultivos pode ocasionar o deslocamento de plantações para áreas nas quais, atualmente, não se verifica sua ocorrência, como forma de aproveitar as condições climáticas mais adequadas. O estudo conclui que:

Áreas que atualmente são as maiores produtoras de grãos podem não estar mais aptas ao plantio bem antes do final do século. A mandioca pode desaparecer do semi-árido, e o café terá poucas condições de sobrevivência no Sudeste. Por outro lado, a região Sul, que hoje é mais restrita às culturas adaptadas ao clima tropical por causa do alto risco de geadas, deve experimentar uma redução desse evento extremo, tornando-se assim propícia ao plantio de mandioca, de café e de cana-de-açúcar, mas não mais de soja, uma vez que a região deve ficar mais sujeita a estresses hídricos. Por outro lado, a cana pode se espalhar pelo país a ponto de dobrar a área de ocorrência. (EMBRAPA, 2011, p. 7).

Os impactos diretos do clima sobre a produção e a distribuição da produção agrícola no país são apenas alguns dos efeitos econômicos causados por esse fenômeno. A atividade agrícola, afetada diretamente pela mudança climática, repercute sobre diversos setores econômicos. Por exemplo, aumenta o custo de produção agrícola e da pecuária, eleva o custo dos insumos para o setor de alimentos e para o consumo das famílias. Assim, gera queda de atividade econômica em vários setores, que acabam espalhando seu impacto no sistema econômico. Algumas regiões, beneficiadas pela introdução ou ampliação de cultivos, podem atrair fatores produtivos (capital e trabalho) e serviços, deslocando a atividade econômica de outras regiões.

Estudos econométricos *ex post*, provavelmente, são incapazes de identificar e analisar tais fenômenos, uma vez que a dinâmica das variáveis econômicas regionais observadas é determinada por fatores conjunturais e estruturais (macroeconômicos, demográficos e políticas públicas, por exemplo) e as alterações percebidas até hoje, nas temperaturas e condições climáticas, são pequenas. É o caso clássico do domínio de aplicabilidade de modelos econômicos: a ausência de tal fenômeno no passado impede a estimativa adequada de seu impacto futuro.

Assim, modelos de projeção *ex ante* são os mais aconselháveis no estudo do impacto de mudanças

climáticas. Além disso, por ser um fenômeno que pode afetar diversos setores da economia, cujos efeitos podem-se amplificar ou anular dentro da cadeia de inter-relações econômicas, análises em equilíbrio geral são as mais adequadas ao tema. Os modelos de equilíbrio geral computável (EGC) têm sido amplamente utilizados no estudo de mudanças climáticas e políticas de mitigação (taxação de carbono) devido a essas capacidades. Manne (2005) apresenta uma resenha da utilização desses modelos em estudos de mudanças climáticas globais. Para o Brasil, Tourinho; Motta e Alves (2003) e Ferreira Filho e Rocha (2007a, 2007b) apresentam modelos EGC em estudos de políticas de taxação de carbono. Guilhoto; Lopes e Motta (2000) analisaram cenários ambientais e regionais para o Brasil, mas a partir de um modelo de insumo-produto. Entretanto, permanece uma lacuna na utilização de modelos EGC regionais, nesse tema, que tratem especificamente dos impactos locais das mudanças climáticas ou de políticas de mitigação. Pelo que se conhece da literatura, este artigo é o primeiro a estimar os impactos de mudanças climáticas no Brasil a partir de um modelo EGC multirregional e sua integração a um estudo específico do impacto dessas mudanças sobre a agricultura brasileira.

Este trabalho pretende contribuir nessa direção ao utilizar um modelo EGC inter-regional para o Brasil no estudo dos impactos das mudanças climáticas. Especificamente, tratar-se-á dos impactos climáticos sobre a atividade agrícola, utilizando-se de informações disponibilizadas pela Embrapa.¹ Estas informações, adaptadas à estrutura do modelo EGC, permitem projetar seu impacto econômico sobre as regiões brasileiras (estados e municípios).

Este trabalho está organizado em três seções, além desta introdução. Um resumo do modelo EGC é apresentado na seção 2 (detalhes do modelo são apresentados no APÊNDICE A). Simulações e resultados são discutidos na seção 3. A seção 4 tece considerações finais.

¹ Estas informações foram produzidas no âmbito da pesquisa "Migration, Climate Change and Public Health / Security", financiada pelo Global Opportunities Fund (GOF), UK Ministry of Foreign Affairs, através da Embaixada Britânica no Brasil. Sua utilização neste trabalho é de responsabilidade dos autores.

2 – PROJEÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO NORDESTE

Neste trabalho, utilizou-se o modelo de equilíbrio geral computável multirregional IMAGEM-B, calibrado para informações da economia brasileira. O modelo segue a estrutura teórica do modelo TERM, um acrônimo em inglês para *The Enormous Regional Model* (HORRIDGE, MADDEN, 2005), é um modelo do tipo Johansen, no qual a estrutura matemática é representada por um conjunto de equações linearizadas e as soluções são obtidas na forma de taxas de crescimento.

O IMAGEM-B é um modelo EGC multirregional *bottom-up*, em que resultados nacionais são agregações de resultados estaduais. 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). Na sua configuração completa, o modelo possui 36 setores em cada uma das 27 regiões (26 Estados e o Distrito Federal), 36 setores/produtos em cada região, matrizes de comércio interestadual para cada um dos produtos e fluxos de comércio externo (exportações e importações) mapeados de acordo com o estado de saída ou entrada. O modelo já foi utilizado em diversos trabalhos, como na análise dos impactos de investimentos em infraestrutura (DOMINGUES et al., 2007; DOMINGUES et al., 2008), transportes (DOMINGUES et al., 2007; FARIA; MAGALHÃES, 2008) e na análise de comércio inter-regional. (MAGALHÃES, 2009; MAGALHÃES; FARIA, 2008).

A utilização do modelo neste projeto requer a sua operacionalização na forma de decomposição e projeção, pois o ponto de partida são fenômenos ou choques econômicos sobre um cenário macroeconômico predeterminado. Os modelos EGC nesta configuração, com fechamentos de projeção e de simulação, têm sido muito utilizados em modelos da tradição de Johansen, como no modelo Monash para a Austrália (DIXON; RIMMER, 2002) e EFES para o Brasil. (HADDAD; DOMINGUES, 2001). Como documentado em Dixon e Rimmer (2002), esta forma de operacionalização dos modelos possibilita a

integração consistente de projeções macroeconômicas (cenários) e de simulações de impacto, como as mudanças climáticas. A utilização de modelos EGC multirregionais em exercícios de simulação de políticas fiscais, a partir de cenários-base, pode ser encontrada em Giesecke (2003).

A construção dos choques e das simulações é mostrada a seguir. Uma descrição do modelo é apresentada no Apêndice A.

2.1 – Construção dos Choques e Simulações

Os cenários da Embrapa sobre oito cultivos agrícolas (arroz, feijão, milho, algodão, mandioca, soja, cana-de-açúcar e girassol) afetados pela mudança climática são as informações trabalhadas para alimentarem o modelo EGC. (EMBRAPA, 2011). Assim, assume-se que a única alteração relativa ao cenário econômico tendencial refere-se a esses choques no setor agrícola.

Os dados dos cenários agrícolas municipais da Embrapa foram trabalhados para a alimentação do modelo. Os cenários são denominados A2 e B2, em referência aos dois cenários de trabalho do IPCC (IPCC, 2007), de alta elevação da temperatura (A2) e baixa elevação da temperatura (B2). Para cada município analisado, o impacto médio dos oito produtos foi aplicado às respectivas culturas, em termos de impacto nas terras aptas e inaptas. A estrutura da agropecuária em cada município, em termos de área agrícola e área de pastagens, foi obtida dos resultados preliminares do Censo Agropecuário do IBGE 2006. Cada município teve sua “área agropecuária” calculada pela soma das áreas dedicadas aos oito cultivos citados acima, um agregado dos demais cultivos temporários, dos cultivos permanentes e da área de pastagens. A média do impacto dos oito cultivos selecionados foi calculada a partir do peso, em cada município, da área cultivada destes produtos nesse agregado de oito culturas temporárias. A área apta de um município para o agregado desses oito cultivos varia, ao longo dos cenários climáticos, de acordo com a aptidão ou não para a respectiva cultura e a área cultivada no ano-base. Esse impacto médio foi então atribuído também ao restante dos cultivos temporários, permanentes e pastagem. Assim, foi obtido um impacto médio na área

da agropecuária do município, que pode ser agregado para as respectivas unidades da federação. Esta etapa de agregação regional e setorial é necessária pois o modelo EGC está configurado para os estados da federação, e os cultivos agrícolas e a pecuária estão agregados em um único setor/produto (agropecuária).

Esse choque agregado no setor agropecuário de cada estado representa a *proxy* para a variação na disponibilidade de terras para a agropecuária ao longo dos cenários climáticos, para cada um dos nove quinquênios das simulações, de 2010 a 2050. A tabela abaixo apresenta o resultado total da variação de oferta de terras para a agropecuária em cada estado. Estas variações são colocadas como choques no modelo de equilíbrio geral. Nota-se que o cenário A2 é o de maior impacto para a maioria dos estados. A Tabela 1 abaixo apresenta os resultados para a variação média de terras aptas no agregado para todo o setor agrícola, em cada cenário. A ordenação dos impactos estaduais não se altera entre os cenários. Ceará, Piauí e Paraíba são os estados mais afetados na disponibilidade de terras no cenário A2: a disponibilidade de terras em 2050 no Ceará seria quase 79% menor, devido à alteração na quantidade de terras aptas. Bahia e Sergipe seriam os menos afetados na diminuição de terras aptas.

Tabela 1 – Variação na Oferta do Fator Terra para a Agropecuária no Nordeste nos Cenários Climáticos (Var % Total de 2005 a 2050)

	Cenário	
	A2	B2
Maranhão	-40.3	-35.9
Piauí	-70.1	-58.1
Ceará	-79.6	-79.0
Rio Grande do Norte	-47.2	-44.7
Paraíba	-66.6	-65.1
Pernambuco	-64.9	-64.9
Alagoas	-40.7	-36.9
Sergipe	-5.3	-1.1
Bahia	-29.0	-28.3

Fonte: Embrapa (2011).

Os dados de mudança na disponibilidade de terras por estado representam os choques sobre a disponibilidade do fator de produção terra na agropecuária. Como decorrência destes choques a economia do Nordeste, e do Brasil, é negativamente

afetada. Deve-se lembrar que todos os componentes do cenário tendencial se mantêm nessas simulações, o que implica o mesmo crescimento nacional da população e do fator trabalho na economia nacional. Os choques de disponibilidade de terras afetam a rentabilidade do setor agrícola, diminuindo seu nível de atividade e o uso de fator trabalho. Estes fatores tendem a ser atraídos pelas regiões e setores menos afetados, gerando efeitos migratórios e de deslocamento de capital.

A operacionalização do modelo para a geração de cenários setoriais e regionais endógenos, a partir de um cenário macroeconômico de referência, requer a elaboração de um fechamento de projeção que permite acomodar as estimativas do cenário. A partir deste fechamento de projeção, um fechamento de simulação, para a análise de impacto das mudanças climáticas, pode ser elaborado. Neste fechamento, as hipóteses de mobilidade de fatores (capital e trabalho) são utilizadas (vide Apêndice A, fechamento de longo prazo). Assim, são estimados os impactos de desvio do cenário tendencial da economia induzidos pelas mudanças climáticas. Neste artigo, serão reportados apenas os resultados de desvio do cenário tendencial para o Nordeste, resultantes dos choques de mudanças climáticas na agropecuária em todo o Brasil. As simulações representam o impacto, relativo a um cenário sem mudanças climáticas, em nove quinquênios: 2005-2010, 2010-2015, 2015-2020, 2020-2025, 2025-2030, 2030-2035, 2035-2040, 2040-2045, 2045-2050.

2.2 – Resultados

A Tabela 2 descreve o impacto negativo sobre o Produto Interno Bruto (PIB) e o emprego no Nordeste em cada ano dos cenários A2 e B2. Como os efeitos sobre o nível da atividade econômica se acumulam ao longo do período, o diferencial de impacto da mudança é crescente. Assim, em 2050, o PIB do Nordeste é -13,1% menor do que seria sem a alteração climática (cenário A2), e o emprego seria -5,95% menor. A preços de 2005, isso representaria uma perda de R\$ 36,75 bilhões de reais em atividade econômica na região. Essa perda equivale a cerca de dois anos de crescimento da economia da região, tendo como base o crescimento entre 2000 e 2005.

Tabela 2 – Efeito da Mudança Climática sobre a Atividade Econômica na Região Nordeste: Impacto sobre o PIB e o Emprego (Pontos Percentuais A.A.)

	Cenário A2		Cenário B2	
	PIB	Emprego	PIB	Emprego
2005/2010	-0.12	-0.05	-0.03	0.00
2010/2015	-2.12	-1.07	-2.06	-1.04
2015/2020	-0.02	0.01	-0.02	0.01
2020/2025	-0.02	0.00	-0.02	0.00
2025/2030	-0.04	0.00	-0.06	-0.01
2030/2035	-0.21	-0.10	-0.02	0.01
2035/2040	0.08	0.10	0.20	0.01
2040/2045	-0.17	-0.09	0.31	0.09
2045/2050	0.00	0.01	0.35	0.08

Fonte: Elaboração Própria dos Autores a partir dos Resultados do Modelo IMAGEM-B.

A Tabela 3 apresenta os impactos das mudanças climáticas sobre a evolução do PIB estadual no período todo. Assim, de 2010 a 2050, a economia do Maranhão acumulou uma perda de -9,2% de seu nível de atividade (cenário A2), relativamente ao que ocorreria sem os choques climáticos. Deve-se ressaltar que este impacto sobre as economias estaduais é decorrente dos choques em todos os estados do Brasil, já que a estrutura de equilíbrio geral inter-regional do modelo leva em conta todos os efeitos de encadeamento e *spillovers* dos setores e regiões. Pernambuco, Piauí, Paraíba e Ceará são os estados mais afetados em ambos os cenários; Alagoas, Rio Grande do Norte, Sergipe e Bahia são os estados menos afetados. Contribui para estes resultados tanto a menor intensidade dos choques de disponibilidade de terras nesses estados como a menor integração desses estados a outras economias regionais, em termos do volume dos fluxos de comércio.

O efeito da mudança climática sobre a atividade agropecuária nos estados é resumido na Tabela 4, com a variação percentual acumulada entre 2010 e 2050. As variações na atividade são bastante significativas, especialmente em Pernambuco, Piauí, Paraíba e Ceará. No Ceará, a agropecuária estaria 70,6% menor em 2050, relativamente ao seu nível na ausência de mudanças climáticas (cenário A2). Novamente, a hierarquia dos estados mais afetados

segue a intensidade dos choques na disponibilidade de terras, a importância do setor na economia estadual e a inserção regional da sua economia. Nesse aspecto, vale notar o resultado da Bahia, que, embora não tenha uma alteração de disponibilidade de terras tão grande, também é afetada nos dois cenários. Apenas Sergipe é relativamente beneficiado nos dois cenários.

Tabela 3 – Efeito da Mudança Climática sobre a Atividade Econômica Estadual 2010/2050: Impacto sobre o PIB Estadual (Var %)

Total	Cenário A2		Cenário B2	
	Média 2010/50	Efeito 2050	Média 2010/50	Efeito 2050
Maranhão	-0.2	-9.2	-0.1	-4.0
Piauí	-0.4	-17.5	-0.2	-9.7
Ceará	-0.4	-16.4	-0.3	-11.6
Rio Grande do Norte	-0.2	-7.0	-0.1	-3.5
Paraíba	-0.4	-17.7	-0.3	-11.7
Pernambuco	-0.5	-18.6	-0.3	-13.1
Alagoas	-0.2	-9.1	-0.1	-2.2
Sergipe	-0.1	-3.6	0.0	1.3
Bahia	-0.2	-8.3	-0.1	-2.5

Fonte: Elaboração Própria dos Autores a partir dos Resultados do Modelo IMAGEM-B.

Tabela 4 – Efeito da Mudança Climática sobre a Atividade Econômica Estadual 2010/2050: Impacto sobre o PIB da Agropecuária (var %)

Agropecuária	Cenário A2		Cenário B2	
	Média 2010/50	Efeito 2050	Média 2010/50	Efeito 2050
Maranhão	-0.7	-27.5	-0.4	-17.1
Piauí	-2.0	-59.7	-1.2	-41.5
Ceará	-2.7	-70.6	-2.5	-67.3
Rio Grande do Norte	-0.9	-32.9	-0.6	-25.1
Paraíba	-1.8	-55.1	-1.5	-48.5
Pernambuco	-1.7	-53.3	-1.5	-48.2
Alagoas	-0.7	-28.2	-0.5	-19.1
Sergipe	0.2	7.6	0.4	19.3
Bahia	-0.4	-16.9	-0.2	-9.9

Fonte: Elaboração Própria dos Autores a partir dos Resultados do Modelo IMAGEM-B.

A Tabela 5 apresenta os resultados médios sobre o setor industrial em cada estado nos dois cenários. Os estados mais afetados são aqueles nos quais

o impacto sobre a agropecuária foi mais relevante, evidenciando as relações de insumo-produto nas economias estaduais do Nordeste.

Tabela 5 – Efeito da Mudança Climática sobre a Atividade Econômica Estadual 2010/2050: Impacto sobre o PIB Industrial (var %)

Indústria	Cenário A2		Cenário B2	
	Média 2010/50	Efeito 2050	Média 2010/50	Efeito 2050
Maranhão	-0.1	-6.4	-0.1	-3.3
Piauí	-0.6	-23.6	-0.3	-13.2
Ceará	-0.5	-19.1	-0.3	-14.2
Rio Grande do Norte	-0.2	-7.3	-0.1	-5.3
Paraíba	-0.4	-17.6	-0.3	-13.8
Pernambuco	-0.7	-26.6	-0.5	-21.5
Alagoas	-0.3	-13.5	0.0	-1.9
Sergipe	-0.1	-5.0	0.0	-1.5
Bahia	-0.1	-6.0	-0.1	-2.5

Fonte: Elaboração Própria dos Autores a partir dos Resultados do Modelo IMAGEM-B.

Para a obtenção dos impactos sobre a migração, os resultados de interesse são as variações de emprego nas economias estaduais do Nordeste. A Tabela 6 apresenta os resultados estaduais nos dois cenários. Pernambuco, Piauí, Paraíba e Ceará são os estados mais afetados nos dois cenários. Como a variação da população e do emprego nacionais são exógenas, os resultados indicam que a variação do emprego é positiva no restante do Brasil, sinalizando o potencial de migração inter-regional decorrente dos choques climáticos.

O módulo de decomposição municipal do modelo (vide Apêndice A) permite que os resultados sejam consistentemente decompostos para os municípios do Nordeste. Estas estimativas representam o impacto esperado nas economias municipais levando-se em conta a estrutura setorial dessas regiões e sua vantagem/desvantagem comparativa na economia do respectivo estado. Assim, como o principal setor afetado nas simulações é a agropecuária, municípios com estrutura setorial concentrada nessa atividade tendem a ser mais afetados, gerando efeitos

multiplicadores locais negativos sobre o nível de atividade, emprego e rendas dessas regiões.

O Mapa 1 ilustra as variações do nível de emprego relativamente ao cenário tendencial, decorrentes das mudanças climáticas estudadas. Como esperado, a distribuição territorial dos impactos é bastante semelhante nos dois cenários, uma decorrência da metodologia de decomposição dos resultados. A região oeste de Pernambuco e sul do Maranhão são as áreas mais afetadas. A região do Semiárido do Ceará e da Zona da Mata da Paraíba também são particularmente afetadas. Os relativamente baixos impactos nas áreas metropolitanas de diversos estados indica um potencial de atração de fluxos migratórios, que serão tratados na próxima seção.

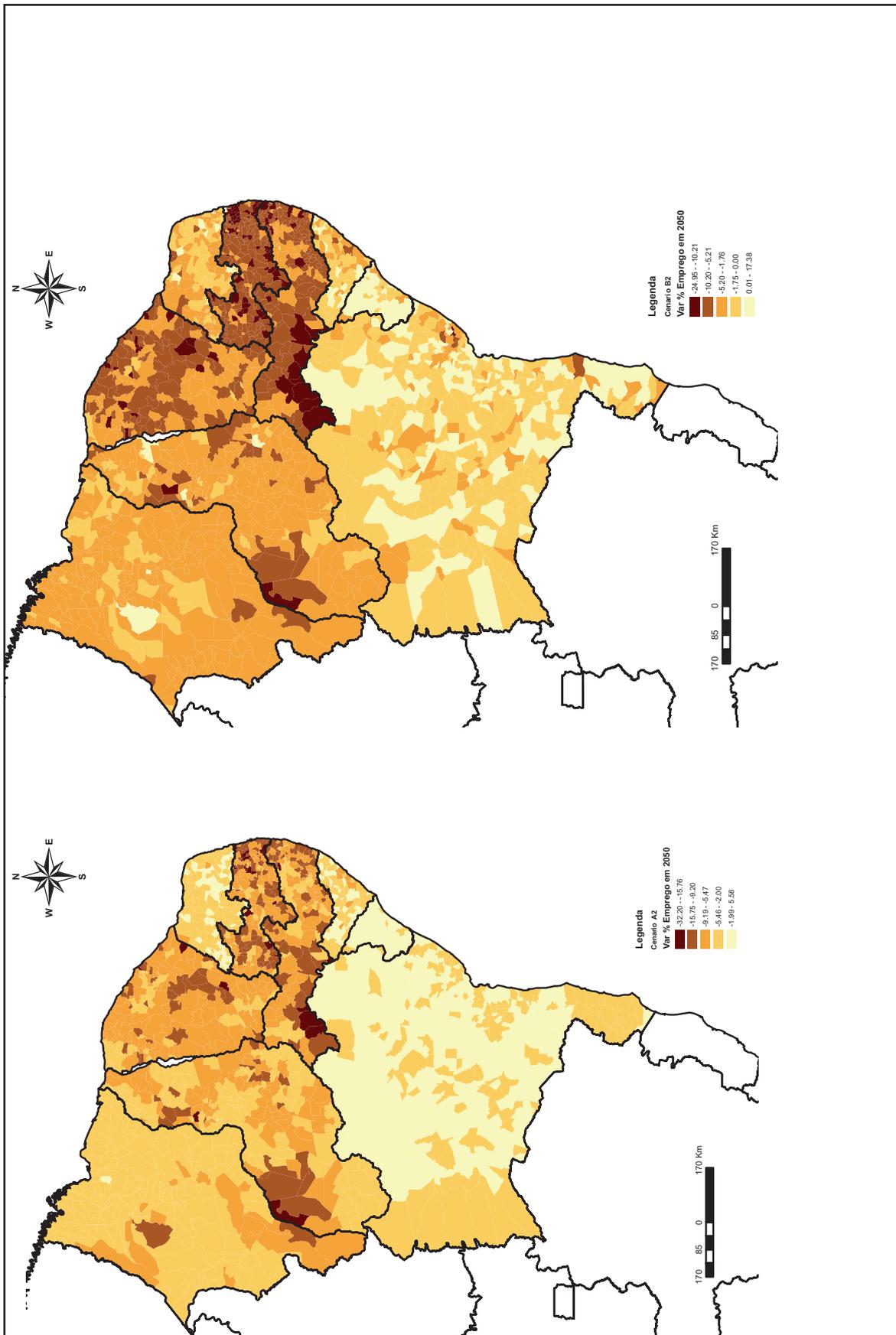
Tabela 6 – Efeito da Mudança Climática sobre o Emprego Estadual no Cenário A2 (Pontos Percentuais a.a., 2010-2050)

	Cenário A2	Cenário B2
Maranhão	-0.11	-0.05
Piauí	-0.17	-0.11
Ceará	-0.17	-0.14
Rio Grande do Norte	-0.07	-0.06
Paraíba	-0.25	-0.17
Pernambuco	-0.21	-0.17
Alagoas	-0.08	-0.04
Sergipe	-0.01	0.02
Bahia	-0.07	-0.04

Fonte: Elaboração Própria dos Autores a partir dos Resultados do Modelo IMAGEM-B.

3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo projetar o impacto das mudanças climáticas no Nordeste, de acordo com os cenários de aquecimento global fornecidos pelo IPCC. No estágio atual das pesquisas em que este trabalho se insere, apenas o efeito da mudança climática sobre alguns cultivos agrícolas foram utilizados. Estudo desenvolvido pela Embrapa (EMBRAPA, 2011) permitiu informações sobre estes impactos no Brasil e tais informações foram utilizadas



Mapa 1 – Impactos sobre o Emprego Municipal Decorrentes da Mudança Climática (em 2050, Pontos Percentuais)

Fonte: Elaboração Própria dos Autores a partir dos Resultados do Modelo IMAGEM-B.

em um modelo de equilíbrio geral para a projeção dos impactos econômicos. Estas simulações devem, no futuro, incorporar outros efeitos das mudanças climáticas, como a disponibilidade de água para consumo humano e na produção de energia elétrica, efeitos sobre produtividade do trabalho, entre outros. O diálogo multidisciplinar neste tipo de pesquisa é fundamental para que informações de outras áreas do conhecimento sobre o tema possam ser utilizadas no modelo.

Os resultados analisados indicam um elevado potencial de perdas econômicas no Nordeste, especialmente nos estados mais pobres, apontando para a necessidade de políticas de mitigação e de controle de emissões. Na ausência destas políticas, os efeitos econômicos sobre a expansão do emprego tendem a gerar impactos significativos nos fluxos migratórios, repercutindo, por exemplo, na forma de elevada pressão sobre serviços de infraestrutura urbana das metrópoles do Nordeste e de outras regiões do país.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e FAPEMIG pelos financiamentos a essa pesquisa

ABSTRACT

This article analyses the impact of climate change in the Northeast from estimates of the availability of land suitable for agricultural activity in a range of cultures. This information, based on global warming scenarios from the International Panel of Climate Change (IPCC), supply an inter-regional computable general equilibrium model for Brazil, which allows the development of analysis on various aspects of regional economic implications of this phenomenon. The obtained results indicate a high potential for economic losses in the Northeast, especially in poorer states, pointing to the need for policies to mitigate and control Greenhouse Gases (GHG) emissions. In the absence of such policies, the economic effects on employment can cause significant impacts on migratory flows, creating, for example, more pressure on infrastructure urban services in the metropolitan areas on the Northeast and other regions of the country..

KEY WORDS

Climate Changes. Environment. Regional Economics. General Equilibrium.

REFERÊNCIAS

ADAMS, P. D., HORRIDGE, M. **MMRF-GREEN: a dynamic, multi-sectoral, multi-regional model of Australia**. Victoria: Monash University, 2000.

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**, v. 38, n. 2, p. 24-243, 2007.

DIXON, P. B.; PARMENTER, B. R. **Orani, a multisectoral model of the Australian economy**. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1982.

DIXON, P. B.; RIMMER, M. T. **Dynamic general equilibrium modelling for forecasting and policy**. Amsterdam: Elsevier, 2002. (Contributions to Economic Analysis, 256).

DOMINGUES, E. P. et al. The economic impacts, national and regional, of the 2008-2011 Brazilian Federal Government's Pluriannual Plan. **Regional Science Conference**, São Paulo, 2008.

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

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; FARIA, W. R. Impactos dos investimentos do PAC em Minas Gerais: uma análise de equilíbrio geral computável. In: SEMINÁRIO DE DIAMANTINA, 8., 2008, Diamantina. **Anais...** Diamantina, 2008.

DOMINGUES, E. P.; OLIVEIRA, H. C.; VIANA, F. D. F. Investimentos em infra-estrutura no Nordeste: projeções de impacto e perspectivas de desenvolvimento. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS

E URBANOS, 5., 2007, Recife. **Anais...** Recife, 2007.

EMBRAPA. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. São Paulo, 2008.

Disponível em: <www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/aquecimentoglobal.pdf>. Acesso em: 2011.

FARIA, W. R.; MAGALHÃES, A. S. Avaliação dos impactos regionais do projeto da rodovia BR-101: uma análise de equilíbrio geral computável. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS, 6., 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2008.

FERREIRA FILHO, J. B. D. S.; ROCHA, M. T. Avaliação econômica e políticas públicas visando redução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil. In: ENCONTRO DA SOBER, 2007, Maringá. **Anais...** Maringá, 2007a.

FERREIRA FILHO, J. B. D. S.; ROCHA, M. T. **Avaliação econômica de políticas públicas visando redução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil**: relatório final de projeto de pesquisa. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2007b.

GIESECKE, J. Targeting regional output with state government fiscal instruments: a dynamic multi-regional CGE analysis. **Australian Economic Papers**, v. 42, n. 2, p. 214-233, 2003.

GUILHOTO, J. J. M.; LOPES, R. L.; MOTTA, R. S. **Impactos ambientais e regionais de cenários de crescimento da economia brasileira: 2002-2012**. Brasília, DF: IPEA 2000. (Texto para Discussão, n. 892).

GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimativa da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. **Economia Aplicada**, v. 9, n. 2, p. 277-299, abr./jun. 2005.

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

HADDAD, E. A. **Retornos crescentes, custos de transporte e crescimento regional**. 2004.

203 f. Tese (Livre-docência em Economia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

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

IPCC. **Climate Change 2007**: synthesis report: contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Geneva, 2007.

LEONTIEF, W. et al. The economic impact industrial and regional of an arms cut. **The Review of Economic Statistics**, v. 47, n. 3, p. 217-241, 1965.

MAGALHÃES, A. S. **O comércio por vias internas e seu papel sobre crescimento e desigualdade regional no Brasil**. 2009. 135 f. Dissertação (Mestrado em Economia) -Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

MAGALHÃES, A. S.; DOMINGUES, E. P. Relações interestaduais e intersetoriais de comércio no Brasil: uma análise gravitacional e regional. **Revista da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 2, p. 76-105, 2008.

MAGALHÃES, A. S.; FARIA, W. R. Comércio interestadual brasileiro do setor agropecuário: uma análise de equilíbrio geral computável. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS, 6., Aracaju, 2008. **Anais...** Aracaju, 2008.

MANNE, A. S. General equilibrium modeling for global climate change. In: KEHOE, T. J.; SRINIVASAN, T. N. (Ed.). **Frontiers in applied general equilibrium modeling**. New York: Cambridge University Press, 2005.

MAS-COLLEL, A.; WHINSTON, W.; GREEN, J. **Microeconomic theory**. Oxford: University Press, 1995.

NORDHAUS, W. D. **Managing the global commons**: the economics of climate change. Cambridge: MIT Press, 1994.

MOTTA, R. S.; OLIVEIRA, J. M. D. D.; MARGULIS, S. **Proposta de tributação ambiental na atual reforma tributária brasileira**. Brasília, DF: IPEA, 2000. (Texto para Discussão, n. 738).

PETER, M. W.; HORRIDGE, M. **The theoretical structure of Monash-MRF**. Victoria: Monash University, 1996.

SIEBERT, H. **Economics of the environment: theory and policy**. Berlin: Springer, 2008.

TOURINHO, O. A. F.; MOTTA, R. S.; ALVES, Y. L. B. **Uma aplicação ambiental de um modelo de equilíbrio geral**. Brasília, DF: IPEA, 2003. (Texto para Discussão, 976).

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. (Textos para Discussão, 1159).

Recebido para publicação em 31.05.2010.

APÊNDICE A – MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL MULTIRREGIONAL IMAGEM-B

O modelo utilizado neste artigo é denominado *Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model - Brazil* (IMAGEM-B), devido à especificação multirregional integrada: é um modelo *bottom-up* para os 27 estados e *top-down* para as 558 microrregiões do Brasil.² Na especificação *bottom-up*, o comportamento dos agentes é modelado em nível estadual (regiões endógenas) e, neste sentido, os resultados nacionais são agregações dos resultados estaduais. A especificação *top-down* para microrregiões permite uma decomposição consistente dos resultados estaduais nesse nível de regionalização.³ O modelo permite simular políticas geradoras de impactos sobre preços específicos das regiões endógenas, 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 direcionadas à melhoria da infraestrutura de transportes, por exemplo, sejam detalhadamente especificadas.

O módulo *bottom-up* do modelo segue a estrutura teórica do modelo TERM. (HORRIDGE; MADDEN, 2005). O IMAGEM-B é um modelo do tipo Johansen, no qual a estrutura matemática é representada por um conjunto de equações linearizadas e as soluções são obtidas na forma de taxas de crescimento.

Uma das principais características do IMAGEM-B, comparativamente aos modelos regionais baseados no Monash-MRF (ADAMS; HORRIDGE, 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 multirregional. O modelo assume que todos os usuários, numa região em particular, de bens industriais, por exemplo, utilizam 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 destas informações no banco de dados. Esta especificação do modelo é uma vantagem 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), mas não a informação sobre a destinação por uso nas regiões compradoras. Esta informação foi utilizada para calibrar as matrizes de comércio do IMAGEM-B, o que o distingue das versões do TERM calibradas para outros países.

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

Mecanismo de composição por origem das demandas regionais

A Figura 1A representa o sistema de composição por origem das demandas do modelo e representa a composição da demanda das famílias de Minas Gerais por alimentos. 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. 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 σ_x . Este parâmetro costuma ser específico por bem mais 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.

2 Um modelo EGC bottom-up microrregional mostra-se impraticável por duas razões. Primeiramente, a base de dados desse modelo teria que ser quase totalmente produzida a partir de métodos de calibragem, uma vez que a maior parte das informações necessárias não existe, especialmente matrizes de comércio. Essa necessidade provavelmente implicaria numa definição setorial bastante agregada. Computacionalmente, mesmo a teoria mais “enxuta” do IMAGEM-B poderia ser extremamente complexa na implementação de uma simulação, requerendo várias horas de processamento.

3 A especificação dessa decomposição top-down segue o modelo delineado em Leontief et al. (1965) e implementado em Dixon e Parmenter (1982), no modelo Orani.

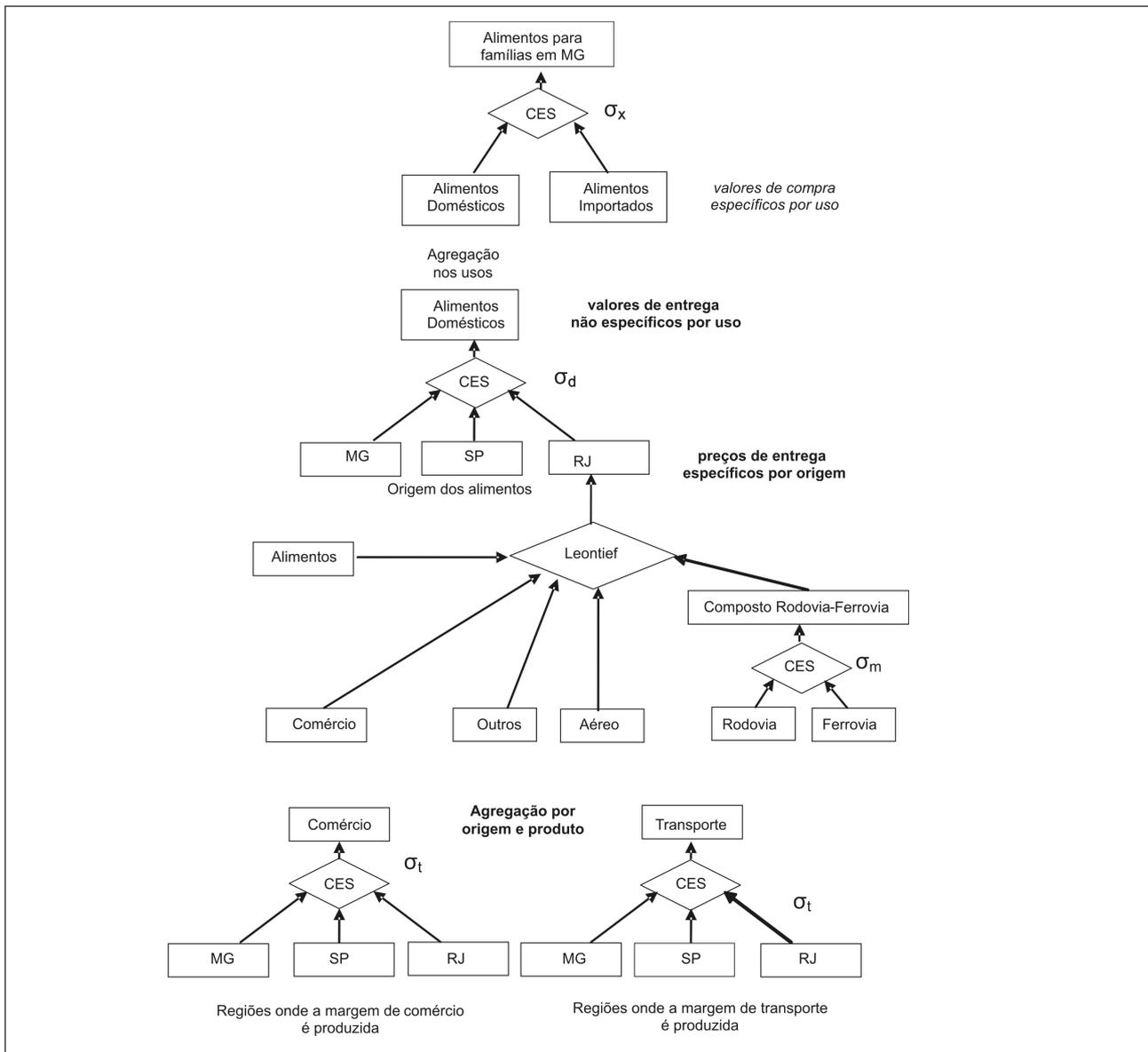


Figura 1A – Mecanismo de Composição da Demanda no Modelo IMAGEM-B

Fonte: Elaboração Própria dos Autores.

O segundo nível (II) trata da 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 σ_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 σ_r . Esta elasticidade pode capturar certa capacidade dos transportadores realocarem 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, digamos, 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 e capital e terra. Esta opção é tratada a partir de hipóteses de separabilidade que reduzem a necessidade de parâmetros. Assim, a função de produção genérica de um setor é composta de dois blocos: um que diz respeito à composição da produção setorial e outro que diz respeito à utilização dos insumos. Na composição dos insumos, há substituição entre fatores primários (terra, trabalho e capital) e entre o composto de fatores primários e insumos intermediários. A substituição por origem segue a explicitada na Figura 1. Ademais, o fator terra (utilizado pela Agropecuária, Extrativa Mineral, Petróleo e Gás e Eletricidade) é fixo. A tecnologia de produção possui retornos constantes de escala.

A utilização de retornos crescentes de escala em modelos EGC regionais/estruturais não é uma hipótese usual, ao contrário dos modelos econométricos reduzidos da Nova Geografia Econômica. Teoricamente, a introdução dessa hipótese em um modelo de equilíbrio geral pode causar problemas de existência ou multiplicidade de equilíbrios. (MAS-COLLEL; WHINSTON; GREEN, 1995). Uma abordagem paramétrica de retornos crescentes em um modelo EGC regional para o Brasil pode ser encontrada em Haddad (2004). Nesse trabalho, entretanto, apenas um conjunto de oito setores foi especificado, e os parâmetros de retorno foram estimados em uma *cross-section* estadual. Inexistem, entretanto, estimativas econométricas para retornos de escala no nível setorial e regional do modelo deste artigo. Assim, existem razões teóricas e práticas para a manutenção da hipótese de retornos constantes. Pode-se considerar, a princípio, que os resultados obtidos das simulações correspondam ao limite inferior dos benefícios dos investimentos; retornos crescentes homogêneos (nos setores regionais) tenderiam a ampliar os impactos positivos e minimizar impactos negativos (decorrentes das hipóteses de fatores fixos no curto ou longo prazo).

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. (PETER; HORRIDGE, 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 e Parmenter (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 modelo, um vetor de elasticidades (diferenciado por produto, mas não por região de origem) representa resposta da demanda externa a alterações no preço *Free On Board* (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 Secex (Secretaria de Comércio Exterior) 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.

Mercado 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 intersetorial 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 modelo deste trabalho é um dos primeiros modelos EGC, para o Brasil, que implementa a

possibilidade de substituição entre modais de transporte (usos de margens de transporte).⁴ Na versão corrente, existe possibilidade de substituição entre as margens de transporte rodoviárias e ferroviárias. 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

Os dados utilizados na calibragem da extensão microrregional foram as participações de cada microrregião nos setores do modelo, obtidas a partir das informações do PIB microrregional e de emprego.⁵ Portanto, o módulo requer uma matriz de dimensão 558 x 36, representando a participação de cada microrregião nos 36 setores do modelo. Uma matriz de mapeamento 558 x 27, das microrregiões para os estados, também foi necessária para relacionar a microrregião ao respectivo estado.

O módulo microrregional é uma extensão ao conjunto de equações do modelo *bottom-up*, que decompõe os resultados estaduais para microrregiões que constituem cada unidade da federação. A especificação desse módulo garante que os resultados 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; PARMENTER, 1982). Esse sistema de equações parte da classificação dos setores 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

4 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.

5 O Produto Interno Bruto (PIB) municipal para quatro grandes setores (Agropecuária, Indústria, Serviços e Administração pública) foi obtido diretamente das informações disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) para massa salarial, por município, permitiram desagregar Indústria e Serviços nos demais 34 setores do modelo. Estas participações municipais foram então agregadas para microrregiões.

mesma taxa em todas as microrregiões do respectivo 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. Formalmente, para setores “estaduais”, a decomposição *top-down* se processa assumindo que a variação percentual da produção (e também no emprego) do setor j na microrregião r , $x(j,r)$, é igual à mudança percentual do setor estadual, $x(j)$, isto é:

$$\mathbf{x}(j,r) = \mathbf{x}(j), \text{ para todas as microrregiões num estado} \quad (1)$$

Sujeita à restrição:

$$\sum \mathbf{S}(j,r) \mathbf{x}(j,r) = \mathbf{x}(j), \text{ para todos os setores "estaduais"} \quad (2)$$

Na qual, $S(j, r)$ representa a parcela da região r na produção nacional do setor j . Assim garante-se que a soma ponderada das variações setoriais microrregionais seja igual à variação do setor estadual.

Para os setores denominados “microrregionais”, a decomposição baseia-se na variação da demanda na microrregião, calculada por via da participação das microrregiões no consumo das famílias. Assim, apenas o comportamento do consumo das famílias é distinto entre as microrregiões de um estado. Logo, o efeito diferencial na demanda local, que gera a alteração na demanda dos setores “microrregionais”, não é influenciado por outros componentes da demanda final (investimento, gastos do governo e exportações).

Formalmente, tem-se:

$$\mathbf{x}(j,r) = \mathbf{y}(r) \text{ para os setores "microrregionais"}, \quad (3)$$

na qual $y(r)$ representa a mudança percentual da demanda da microrregião r .

Desta forma, no caso dos setores definidos como “microrregionais”, há alteração da participação do setor na economia do estado, gerando um efeito multiplicador diferenciado no território. Sete 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 29 setores são definidos como “estaduais”.

Base de Dados e Parâmetros

O ano-base do banco de dados é 2003. O núcleo do banco de dados do modelo são dois conjuntos de matrizes representativas do uso de produtos em cada estado e dos fluxos de comércio. O primeiro conjunto de matrizes, denominado USE, representa as relações de uso dos produtos (domésticos e importados) para 40 usuários em cada um dos 27 estados: 36 setores e quatro demandantes finais (famílias, investimento, exportações, governo). Vale destacar que todos os valores no conjunto USE são de “entrega”: incluem os valores de margem de comércio e transporte utilizados para trazer o bem até seu usuário regional. O conjunto TRADE representa o fluxo de comércio entre os estados para cada um dos 36 produtos do modelo (vide Apêndice A), nas duas origens (doméstica e importada). Nesse conjunto, o fluxo doméstico origem-destino de um determinado produto representa o fluxo monetário entre dois estados, para todos os usos no estado de origem, inclusive exportações.

Um grande conjunto de informações secundárias foi utilizado na construção desses dois conjuntos de dados, que pode ser mais bem visualizado a partir da Figura 2A, a seguir:

Um dos principais dados primários são as contas completas da matriz de insumo-produto nacional de 2003 (GUILHOTO; SESSO FILHO, 2005), agregadas em 31 setores. Informações mais detalhadas das diversas fontes dos dados utilizados e dos procedimentos de ajuste da matriz podem ser encontradas em Domingues; Magalhães e Faria (2008).

Os dados utilizados na calibragem do módulo *top-down* microrregional são as participações de cada microrregião nos 36 setores do modelo. Os dados utilizados foram o PIB municipal/setorial do IBGE (quatro grandes setores), dados setoriais/municipais de emprego da RAIS (36 setores do modelo) e o mapeamento de estados, microrregiões e municípios, também do IBGE (todos referentes a 2003). As participações foram implementadas de forma a manter a consistência com a estrutura agregada em quatro setores do PIB municipal do IBGE, em cada estado.

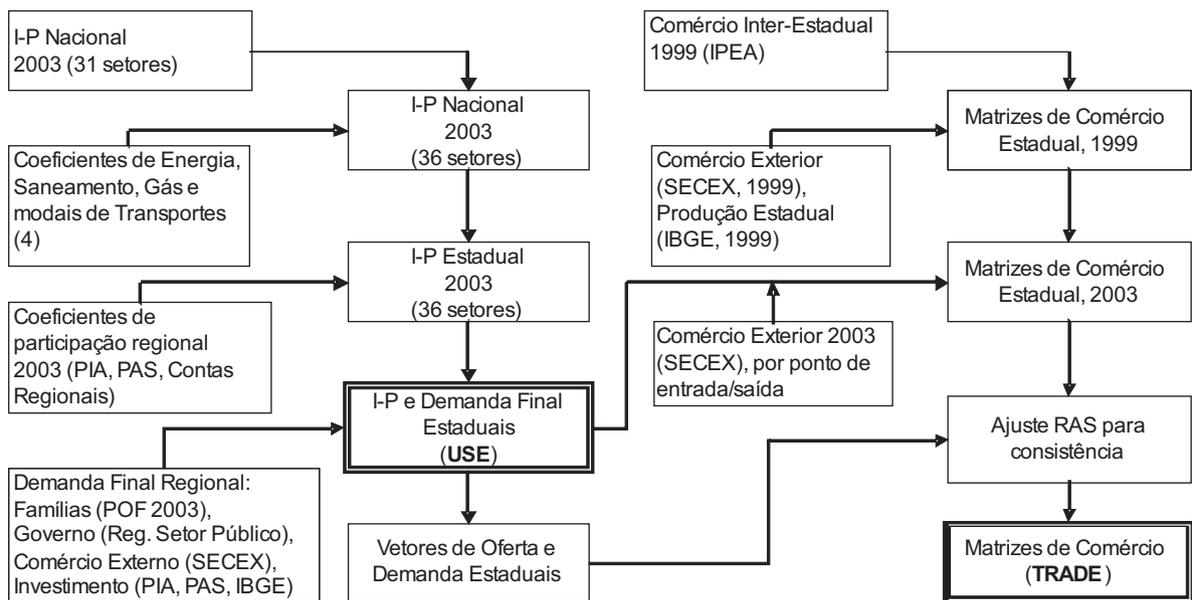


Figura 2A – Construção da Base de Dados do Modelo IMAGEM-B

Fonte: Elaboração Própria dos Autores.

Todo o procedimento de geração do banco de dados do modelo e teste de consistência foi implementado no GEMPACK, de forma que sua atualização para novas informações (e.g., Contas Regionais, Censo Agropecuário e Contas Nacionais) pode ser facilmente realizada.