**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem
de equilíbrio geral inter-regional**

Andressa Rodrigues Pavão

**Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre
em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada**

**Piracicaba
2008**

Andressa Rodrigues Pavão
Bacharel em Ciências Econômicas

Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional

Orientador:
Prof. Dr. **JOAQUIM BENTO DE SOUZA FERREIRA FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba
2008

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Pavão, Andressa Rodrigues

Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional / Andressa Rodrigues Pavão. - - Piracicaba, 2008.
110 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Economia regional 2. Milho - Impactos econômicos 3. Organismos geneticamente modificado I. Título

CDD 338.17315
P337i

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo e à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade concedida.

Ao meu orientador, Profº Drº Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho, um educador que demonstra em cada gesto o quanto ama o que faz. Obrigada pelos ensinamentos, sugestões e valiosas informações quanto ao tema escolhido.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo auxílio concedido para que eu pudesse desenvolver adequadamente esta pesquisa.

À profª Heloisa Lee Burnquist, ao profº Lucílio Alves e ao colega Julcemar Bruno Zilli que prontamente aceitaram colaborar com este trabalho, contribuindo com preciosas informações e sugestões.

À Maria Aparecida Maielli Travalini pela paciência, compreensão e consideração em todos os momentos e à Helena Aparecida Cardoso pela ajuda nos últimos acertos dessa dissertação.

À Jaqueline Carolino, pela amizade e incentivo na escolha pelo mestrado na ESALQ/USP.

Às minhas amigas e colegas de profissão, Jaqueline Severino da Costa e Kalinca Léia Becker, sem as quais a vida longe da minha família, dedicada exclusivamente ao mestrado, teria ficado ainda mais árdua.

Ao meu amado irmão, que sempre acreditou na minha capacidade e me encorajou nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais que sempre acreditaram que a educação e o conhecimento são o que de mais sagrado e indelével o ser humano pode construir.

Aos meus mentores espirituais e terrenos, estes por mostrar um caminho para os diversos saberes a serem sempre cultivados e aqueles por terem me inspirado no processo de amadurecimento das idéias contidas neste trabalho.

A todas as pessoas que contribuíram para a elaboração deste trabalho.

A Deus, razão da minha existência.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Justificativa.....	11
1.2 Importância econômica do milho para o Brasil.....	13
1.3 Objetivos.....	18
1.4 Estrutura do estudo	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Diferenças entre o cultivo de milho convencional e resistente a insetos.....	20
2.2 Evolução da comercialização do milho GM.....	22
2.2.1 A evolução das liberações e adoção de milho GM no mundo.....	22
2.2.2 A situação do milho GM no Brasil.....	27
2.3 Impactos econômicos decorrentes da adoção de lavouras de milho GM no mundo.....	28
2.3.1 Estados Unidos	30
2.3.2 Argentina	31
2.3.3 Perspectivas para o Brasil.....	32
2.4 Impactos econômicos da adoção de lavouras GM e metodologias empregadas	36
3 METODOLOGIA.....	46
3.1 Estrutura teórica do TERM-BR.....	47
3.2 Banco de dados do TERM-BR	56
3.2.1 Análise do banco de dados	60
3.3 Fechamento do modelo.....	65
3.4 Simulação dos cenários	66
4 RESULTADOS	74
4.1 Cenário I: adoção de milho GM no Brasil.....	74
4.2 Cenário II: adoção de milho GM no Brasil, exceto Paraná.....	83
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
REFERÊNCIAS	96

ANEXOS 102

RESUMO

Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional

Tendo em vista a importância da cadeia produtiva do milho para a economia de diversas regiões do Brasil e a liberalização do cultivo de milho geneticamente modificado (GM) no país, em 2007, esta dissertação tem por objetivo analisar os impactos econômicos de longo prazo da adoção do milho Bt11 nos setores inter-relacionados na cadeia produtiva do milho. Além disso, pretende-se analisar as consequências da proibição deste cultivo apenas no estado do Paraná, caso a lei estadual nº14162/03 entrasse em vigor. Para tal, utiliza-se um modelo computável de equilíbrio geral inter-regional estático, do tipo *bottom-up*, denominado TERM-BR. O modelo abrange os 27 estados e o Distrito Federal, conseguindo analisar os impactos sobre a economia do país, sem perder os detalhes regionais e setoriais. Os efeitos da adoção do milho Bt11 são transmitidos ao longo da sua cadeia produtiva, gerando aumento do PIB, das exportações e do consumo das famílias. Todavia, os resultados são mais expressivos nos setores e regiões diretamente relacionados com a cadeia de comercialização do milho, tais como os setores de criação animal e carnes, localizados em sua maioria no Sul do país. Ao analisar a adoção ou não no estado do Paraná as principais diferenças encontram-se na origem e no destino dos fluxos de capital e mão-de-obra entre as regiões brasileiras. Na primeira simulação, ao admitir que o estado do Paraná adote milho Bt11, observa-se um deslocamento de estoque de capital e mão-de-obra para a região Sul, apesar do PIB do Centro-Oeste e Sudeste também aumentar. Considerando que o Paraná não adote milho Bt11, observa-se que tanto a mão-de-obra, quanto o estoque de capital se deslocam para o Centro-Oeste, contudo é possível observar um pequeno aumento no PIB e no consumo das famílias da região Sul. Os resultados mais expressivos ocorrem no próprio estado do Paraná, onde não apenas o setor de milho, como também os setores a jusante perdem competitividade, reduzindo o nível de atividade, emprego e consumo das famílias. Como esses setores possuem grande representatividade no PIB do estado, este também apresenta redução.

Palavras-chave: Milho Bt11; Impactos econômicos; Análise regional; Modelos de equilíbrio geral

ABSTRACT

Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional

Due to the importance of the productive chain of corn to the economy of different regions of Brazil and the liberalization of genetically modified (GM) corn cultivation in the country in 2007, this study aims to analyze the long-run economic impacts of the adoption of Bt11 corn in the inter-related sectors of the productive corn chain. Moreover, it is intended to analyze the consequences of banning Bt11 corn cultivation only in Paraná State, if the state law nº14162/03 was legalized. For this purpose, an interregional static general equilibrium computable model, kind of bottom-up, called TERM-BR was used. This model embraces 27 states plus the Federal District and can analyze the impacts on the economy without losing the regional and sectorial details. The adoption effects of the Bt11 corn are transmitted along its supply chain generating the increase of GDP, exports and household consumption. However, the results are more expressive in sectors and regions directly related to the supply chain of corn, sectors such as animal breeding and meat, mostly located in the south of the country. By analyzing the adoption or not in Paraná State, the main results of the study are found on the origin and destination of the flows of capital and labor among the Brazilian regions. In the first simulation, it was admitted that the Paraná State adopts Bt11 corn. A displacement in stock of capital and labor for the southern region was observed, despite the GDP increase of the West-Center and Southeastern regions. In the second simulation, it was admitted that Paraná State doesn't adopt the Bt11 corn. It was observed that both the labor force as well as the stock of capital move to the West-Center, and even so it is possible to see an increase in GDP and consumption of households in the Southern region. The most serious consequences happen in Paraná State, where not only the industry of corn, but also corn downstream industries lose competitiveness, reducing the level of activity, employment and household consumption. As these sectors have a considerable weight in GDP of the state, they also present reduction.

Keywords: Bt11 Corn; Economic impacts; Regional analysis; General equilibrium model

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área global com lavouras GM, 1996-2007 (milhões de hectares).....	11
Figura 2 – Taxa de adoção global para as principais culturas GM em 2007 (em %).....	12
Figura 3 – Produção brasileira de milho, 1977-2008 (milhões de toneladas)	14
Figura 4 – Distribuição da produção de milho por estado brasileiro, safra 2006/07.....	15
Figura 5 – Consumo de milho por setor em 2006 (milhões de toneladas)	16
Figura 6 – Produção de aves (milhões de cabeças)	17
Figura 7 – Exportação de carnes de suínos congeladas (mil toneladas).....	18
Figura 8 – Países produtores de milho GM e ano de adoção	23
Figura 9 – O fluxo da base de dados no TERM-BR.....	48
Figura 10 – Esquema de origem de fluxo para atendimento da demanda no TERM-BR	52
Figura 11 – Estrutura de produção no TERM-BR.....	54
Figura 12 – Estrutura de demanda das famílias no TERM-BR.....	56
Figura 13 – Banco de dados de insumo-produto modificado para o TERM-BR	57
Figura 14 – Valor total produzido pelo setor de milho no Brasil em 2001, por estado (%).....	61
Figura 15 – Consumo de milho por setor no Brasil (2001).....	62
Figura 16 – Participação do milho nos gastos com insumos intermediários.....	62
Figura 17 – Participação de setores a jusante da cadeia produtiva do milho no PIB regional	63
Figura 18 – Custos na produção de milho em grão com bens intermediários.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área global de culturas GM em relação à área global das principais culturas, no período 2002 - 2007 (milhões de hectares)	25
Tabela 2 – Efeitos de produtividade na adoção de milho GM em países selecionados.....	29
Tabela 3 – Taxa de adoção do milho GM e reduções nos custos por setor e estado a serem utilizados nas simulações (em %)	72
Tabela 4 – Cenário I: efeitos de longo prazo sobre os principais agregados macroeconômicos - Brasil e grandes regiões - (em %).....	75
Tabela 5 – Cenário I: variação nos índices de custo total, devido à introdução de milho GM - grandes regiões - (em %)	77
Tabela 6 – Cenário I: variação nos preços, para as famílias, devido à introdução do milho GM - grandes regiões - (em%).....	77
Tabela 7 – Cenário I: variação no consumo das famílias, devido à introdução de milho GM - grandes regiões - (em %)	78
Tabela 8 – Cenário I: variação na exportação devido à introdução de milho GM, Brasil e Paraná (em %)	79
Tabela 9 – Cenário I: setores que apresentam maior crescimento no nível de atividade - Brasil e grandes regiões - (em %)	80
Tabela 10 – Cenário I: variação do nível de emprego em setores selecionados, devido à introdução de milho GM, grandes regiões - (em %).....	81
Tabela 11 – Cenário II: efeitos de longo prazo sobre os principais agregados macroeconômicos - Brasil e grandes regiões - (em %).....	85
Tabela 12 – Cenário II: variação nos índices de custo total, devido à introdução de milho GM - grandes regiões - (em %).....	86
Tabela 13 – Cenário II: variação nos preços, para as famílias, devido à introdução do milho GM - grandes regiões - (em%).....	87
Tabela 14 – Cenário II: variação no consumo das famílias, devido à introdução de milho GM - grandes regiões - (em %).....	88
Tabela 15 – Cenário II: variação na exportação, devido à introdução de milho GM - grandes regiões - (em %)	89

Tabela 16 – Cenário II: setores que apresentam maior crescimento no nível de atividade - Brasil e grandes regiões - (em %)	90
Tabela 17 – Cenário II: variação do nível de emprego em setores selecionados, devido à introdução de milho GM, grandes regiões - (em %)	92

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

O cultivo de lavouras geneticamente modificadas (GM)¹ está aumentando de forma surpreendente no mundo (Figura 1). Em 2007, foram plantados 114,3 milhões de hectares com lavouras GM por cerca de 55 milhões de produtores em 23 países², correspondente a 8% dos 1,5 bilhões de hectares de terras cultiváveis no mundo (JAMES, 2007).

A comercialização de produtos GM teve início em 1996. Desde então, o crescimento apresenta-se contínuo tanto em países desenvolvidos, quanto em países em desenvolvimento, confirmando a grande aceitação dessa tecnologia por parte dos produtores (Figura 1).

Figura 1 – Área global com lavouras GM, 1996-2007 (milhões de hectares)

Fonte: James (2007)

¹ Produto geneticamente modificado é sinônimo de transgênico, porém não deve ser confundido com melhoramento genético. O melhoramento genético é empregado há milênios e consiste na combinação genética de duas plantas do mesmo gênero por meio de cruzamento. Os descendentes desse cruzamento são selecionados, escolhendo-se apenas aqueles com características desejadas, como maior produtividade, resistência a insetos ou doenças. Já a modificação genética ou transgenia, também conhecida como engenharia genética, é uma técnica de biotecnologia que foi introduzida em 1973. Na transgenia, as seqüências do código genético são removidas de um ou mais organismos e inseridos em outro organismo, de espécie diferente. Sua principal implicação é permitir os cruzamentos que seriam impossíveis de ocorrer naturalmente (ROCHA, 2001).

² Portugal, Espanha, França, Alemanha, República Tcheca, Polônia, Eslováquia, Romênia, Honduras e Filipinas produzem apenas milho GM. Canadá, USA, Chile, Argentina, Uruguai e África do Sul produzem, além do milho, outras culturas GM. China, Índia, México, Colômbia, Paraguai, Austrália e Brasil produzem culturas GM, mas não milho (JAMES, 2007).

A grande adoção de lavouras GM ocorre devido aos diversos benefícios obtidos pelos produtores, destacando-se a redução de custos e o aumento da produtividade. Atualmente, os países que são considerados os maiores produtores mundiais de grãos, tais como EUA, Argentina e Brasil, possuem grande percentual de sua produção GM. Nos EUA corresponde a mais de 90% da área plantada com soja (JAMES, 2006).

A taxa de adoção de lavouras GM depende do produto analisado. Em alguns casos os benefícios obtidos com sua adoção incentivam a disseminação entre as diversas regiões produtoras. Contudo, como ainda não existe um mercado regulador forte para diferenciar o produto GM do convencional, os produtores que não o adotam podem perder parte do seu lucro, visto que poderiam produzir mais com um custo inferior, utilizando a mesma área cultivada.

Em relação ao milho GM, sua taxa de adoção no mundo ainda é pequena, se comparado com outras culturas como a soja, pois representa apenas 24% da produção mundial de milho (Figura 2). Uma justificativa plausível encontra-se na baixa competitividade do produto em relação à soja, algodão e canola, visto que o milho enfrenta dificuldades na sua comercialização a longas distâncias, em razão do baixo valor do produto, cultivado em diversas regiões, sem grandes restrições ambientais. Com isso, observa-se uma parte significativa sendo produzida por pequenas propriedades, ainda sem acesso à biotecnologia³.

Figura 2 – Taxa de adoção global para as principais culturas GM em 2007 (em %)

Fonte: Adaptado de James (2007)

³ A expansão ilegal de lavouras de milho GM também é dificultada, pois as características genéticas são introduzidas nos melhores milhos híbridos, que só possuem alta produtividade na primeira geração, o que leva o produtor a adquirir a semente todo ano para plantio.

Apesar do baixo percentual de milho GM, grandes produtores como EUA, Argentina e África do Sul já ultrapassaram 50% de adoção. Dois dos principais motivos para o aumento na quantidade de milho GM são a elaboração e fabricação de álcool a partir de milho nos EUA e o aumento do número de países adotando essa tecnologia.

No Brasil, a primeira cultura GM aprovada foi a da soja RR em 2003/04. A soja RR obteve grande aceitação entre os produtores brasileiros, e desde 2006 posicionou o país como o terceiro maior produtor de cultivos GM, perdendo apenas para EUA e Argentina. Em 2007, a área cultivada com produtos GM no Brasil foi de 15 milhões de hectares, sendo 14,5 milhões de soja e 0,5 milhões de algodão (JAMES, 2007). Utilizando dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2008), sobre área plantada, verifica-se que a taxa de adoção da soja GM é de 70%, enquanto a do algodão é de 44%.

Diante da grande adoção da soja GM, o país vem apresentando novos progressos na biotecnologia. Em 2005 foi liberado o plantio de algodão e em 2007, depois de quase 10 anos tramitando na Justiça, foram liberadas três variedades de milho GM⁴.

Problemas constitucionais que impedem a aceitação de produtos GM no Brasil podem significar perdas consideráveis de competitividade para diversos setores da economia, tendo em vista que o agronegócio representou, em 2007, 23% do PIB brasileiro (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA, 2008). A introdução dessa nova tecnologia no país parece necessária, uma vez que poderá elevar a competitividade em frente ao mercado mundial, principalmente quando se trata de *commodities*, pois estas competem, basicamente, por meio de preços no mercado externo.

1.2 Importância econômica do milho para o Brasil

A demanda mundial de milho vem aumentando nos últimos anos, impulsionada pelo crescimento econômico dos países asiáticos e pela utilização de milho nos Estados Unidos para a produção de etanol. Além disso, o consumo interno também vem aumentando de forma considerável em decorrência do crescimento do setor de carnes, mais especificamente, de aves e suínos.

⁴ Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br/>>. Acesso em: 28 nov. 2008.

A importância do milho no Brasil é ampla, primeiro porque sua produção ocorre tanto em pequenas propriedades, cuja finalidade é subsistência, quanto em grandes extensões de terras para abastecer o mercado⁵; segundo, porque sua importância nutricional torna-o amplamente utilizado, não apenas na alimentação humana, como também em ração animal. Portanto, é um insumo importante para assegurar a competitividade dos setores de criação animal.

O mercado de milho é promissor para os próximos anos. O crescimento da demanda gera expectativas no aumento do preço e incentiva a produção brasileira. De acordo com dados da COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2008, na safra de 2006/07 foram plantados em torno de 14 milhões de hectares de milho, o que produziu 51.370 milhões de toneladas; para a safra de 2007/08 existe uma estimativa de 500 mil hectares a mais, o que corresponde a um aumento de quase 5 milhões de toneladas. Essa produção permite ao Brasil ratificar a sua posição e continuar a ocupar o *ranking* de terceiro maior produtor mundial de milho. Pode-se observar na Figura 3 que, desde a década de 1970, a produção de milho segue tendência de alta, apesar das oscilações, provenientes de intempéries ambientais e outras culturas como a soja que pode tomar seu espaço se o preço for mais vantajoso.

Figura 3 – Produção brasileira de milho, 1977-2008

Fonte: CONAB (2008)

* Dados estimados.

⁵ Segundo Guimarães, Canziani e Watanabe (2005), do total de milho ofertado na safra de 2002-03, 30% foram destinados ao autoconsumo nas propriedades, 32% foram comercializados pelo produtor com cooperativas, 18,4% com cerealistas e 16% foram entregues diretamente às indústrias.

Desde 2001 o Brasil vem se destacando como importante produtor e exportador de milho. Historicamente, os EUA e a Argentina são os maiores exportadores de milho. O Brasil e a China alternam entre o terceiro e o quarto lugar no *ranking* das exportações. Todavia, desde 2000, os EUA são responsáveis por mais de 50% das exportações, sendo que em 2007 responderam por aproximadamente 65% da quantidade exportada de milho no mundo, seguidos pela Argentina (16%) e Brasil (7%) (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2008a). Nesse mesmo período os maiores importadores do milho brasileiro foram o Irã (43%), a Espanha (19%) e a República da Coreia (19%) (BRASIL, 2008a)⁶.

A baixa produtividade do milho, somada a problemas logísticos, eleva o preço do milho que, por sua vez, reflete na baixa participação do Brasil nas exportações mundiais. Portanto, o aumento das exportações brasileiras de milho não se configura em ganhos consideráveis de competitividade, visto que está relacionado com períodos de elevadas taxas de câmbio e aumento do preço mundial devido à escassez do produto (PINAZZA, 2007).

No Brasil, o estado do Paraná responde por mais de um quarto da produção brasileira. Em seguida, estão os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, São Paulo, Goiás, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e Bahia, respectivamente. Os demais estados não possuem produção significativa (Figura 4).

Figura 4 – Distribuição da produção de milho por estado brasileiro, safra 2006/07

Fonte: Elaborado com base nos dados da CONAB (2008)

⁶ O produto utilizado na pesquisa foi milho, código 1005.

Apesar de as exportações de milho estarem aumentando, a grande importância dessa cultura é no consumo interno (Figura 5). A cadeia agroindustrial do milho compõe diversos setores a montante como os setores de máquinas, equipamentos agrícolas, fertilizantes, herbicidas, inseticidas e sementes, e a jusante constituídos pelos setores agroindustriais e de criação animal⁷

Figura 5 – Consumo de milho por setor em 2006 (milhões de toneladas)

Fonte: CONAB (2006)

Dados do Ministério das Relações Exteriores (BRASIL, 2008a), corroborando o que se afirmou, apontam que, em 2006, o Brasil foi o maior exportador de carnes de aves⁸, representando 25% do valor total das exportações, seguido pelos EUA, com 18%. Os países que mais adquiriram carne de aves brasileira foram o Japão (16%), alguns da Europa (16%), Arábia Saudita (12%), Hong Kong (8%) e Federação Russa (7%). Como pode ser observado na Figura 6, o aumento da produção de frango vem crescendo de forma acentuada desde 1970, tendo-se intensificado nos últimos 10 anos.

⁷ A relação do milho com outros produtos será mais bem abordada no capítulo 3, com utilização dos dados do modelo.

⁸ Código 0207 - carnes e miudezas, comestíveis, frescas, refrigeradas ou congeladas, das aves da posição 0105. Dados disponíveis em: <<http://www.braziltradenet.gov.br>>. Acesso em: 28 nov. 2008.

Figura 6 – Produção de aves (milhões de cabeças)

Fonte: IBGE (2007)

Na produção de suínos não se verifica crescimento semelhante, porém, desde 1995, a produção vem aumentando. Em 2006, a produção de suínos foi 14,3% superior a 1995, enquanto no setor de aves o aumento foi de 73% no mesmo período (IBGE, 2007). Diferentemente do que acontece em países como China e Rússia, no Brasil a carne mais consumida é a de aves, por isso o crescimento nesse setor é mais acentuado. Todavia, o Brasil destaca-se como um dos principais exportadores mundiais de carne suína, tendo aumentado as exportações em relação à década de 1990 (Figura 7). Em 2006, os principais importadores de carne suína foram os países Asiáticos,⁹ (BRASIL, 2008a).

⁹ Código 0203 – carnes de animais de espécie suína, frescas, refrigeradas ou congeladas. O Brasil é 9º exportador, com 5% das exportações mundiais, os países Asiáticos importam, aproximadamente, 90% das exportações brasileiras deste produto. A Rússia é o principal importador. Disponível em: <<http://www.traziltradenet.gob.br>>. Acesso em: 28 nov. 2008.

Figura 7 – Exportação de carnes de suínos congeladas

Fonte: Elaborado com dados de Brasil (2008b)

Ao analisar o grande potencial da produção de milho no Brasil e sua importância como insumo para diversos outros setores, verifica-se que é fundamental o investimento em novas tecnologias capazes de aumentar a produtividade e reduzir os custos. Uma das alternativas proposta é a intensificação da produção de milho GM, uma vez que isso, em diversos países, tem proporcionado benefícios como aumento na produtividade e redução nos custos, almejados há muito tempo pelos produtores brasileiros. A partir dessa análise, algumas questões relevantes surgem: quais seriam os ganhos para os diversos setores da economia brasileira se o país adotasse essa nova tecnologia? Quais os estados mais beneficiados? Haveria mudanças nos agregados macroeconômicos?

1.3 Objetivos

Devido à grande importância do milho para diversos setores, este trabalho tem como foco investigar os impactos econômicos causados pela adoção do milho GM em toda sua cadeia produtiva, principalmente nos setores a jusante, no Brasil e em todos os estados da federação, destacando-se as macrorregiões brasileiras e o estado do Paraná.

Para melhor visualizar os impactos da introdução de milho GM no Brasil foram criados dois cenários, envolvendo sua adoção em diversas áreas produtoras do país, em um período de longo prazo. O primeiro cenário considera que todos os estados brasileiros produtores de milho

poderão adquirir sementes GM para o seu cultivo. O outro cenário considera que somente o estado do Paraná, principal produtor de milho do Brasil, não opta pela adoção de milho GM, devido à rejeição à soja GM em 2003.

Apesar de também ter sido liberado o cultivo de milho tolerante a herbicida, o presente trabalho se restringi ao milho Bt11 devido à disponibilidade de dados referentes às expectativas de aumento de produtividade e redução de insumos de acordo com a característica de diversas regiões do Brasil. Cabe destacar que essa restrição não compromete muito os resultados esperados com a introdução do milho GM, pois o milho resistente a insetos é predominante na maioria dos países.

Para simular estes cenários utiliza-se um modelo de equilíbrio geral computável denominado TERM-BR que permite dimensionar e compreender as consequências dos impactos econômicos sobre a economia do país, sem perder os detalhes regionais e setoriais. A base de dados utilizada é de 2001, por ser a mais recente disponível com um maior conjunto de informações para um estudo dessa natureza, no período da elaboração deste trabalho.

1.4 Estrutura do estudo

Esta dissertação é composta por 5 capítulos. No primeiro capítulo encontra-se a introdução, onde é apresentado o problema, discutida a importância do milho para o Brasil e delimitado o objetivo do trabalho. No capítulo 2 é feita uma revisão de literatura em diversos temas relacionados com essa dissertação, começando com as diferenças entre o cultivo de milho convencional e transgênico, passando pelas características das espécies de milho comercializadas no mundo, os impactos resultantes nos países que adotaram essa tecnologia e os estudos que estimaram as consequências dessa adoção para o Brasil. Por último, é realizada uma busca por estudos sobre impactos econômicos das lavouras GM que utilizaram modelos de equilíbrio geral, enfatizando a metodologia utilizada.

No capítulo 3 é descrito o funcionamento do modelo TERM-BR e as principais características da base de dados utilizada, ressaltando os motivos que levaram à sua adoção. Posteriormente, são apresentados o fechamento macroeconômico utilizado, as simulações propostas e as características. No capítulo 4 são realizadas as análises dos resultados seguidas de considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Diferenças entre o cultivo de milho convencional e resistente a insetos

Dos 21,2 milhões de hectares plantados com milho GM no mundo em 2006, 11,3 milhões de hectares (53,3%) era constituído por milho resistente a insetos (Bt), 6,5 milhões (30,7%) por milho Bt e tolerante a herbicidas (HT) e 3,4 (16%) por milho HT. Todavia, cada uma dessas características pode conter eventos diferentes com o intuito de atender às peculiaridades regionais (JAMES, 2007)¹⁰.

O cultivo de milho requer alguns cuidados especiais que devem ser compreendidos para melhor entender quais os benefícios associados à adoção de espécies GM. O milho convencional está exposto a dois grandes riscos: plantas daninhas e pragas¹¹.

Os ataques de pragas podem comprometer grande parte da produção. Mesmo com a aplicação de diversos tipos de inseticidas, destinados às várias espécies de agressores, nem sempre é possível atingir o parasita, como por exemplo, no caso da lagarta-do-cartucho. Sem contar no difícil acesso de tratores quando a cultura se encontra desenvolvida.

Vários insetos atacam as sementes, raízes e plântulas (plantas jovens) do milho. Esses insetos podem ter hábitos subterrâneos ou superficiais e, na maioria das vezes, passam despercebidos pelo agricultor, dificultando o emprego de medidas para o seu controle. A infestação varia de acordo com o local, ano e sistema de cultivo. Dentre as pragas que mais afetam as lavouras de milho encontram-se: Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), Lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*), Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e Broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*).

A Lagarta-do-cartucho é considerada a principal praga da cultura do milho no Brasil e pode reduzir a produção em até 34%, enquanto a Lagarta-da-espiga pode comprometer cerca de 8% dos rendimentos. A Cigarrinha-do-milho e a Broca da cana-de-açúcar constituem um grave problema na região central do Brasil; a primeira pode gerar perdas na lavoura, de 9 a 90%, e a segunda em altas infestações, pode causar perdas de até 21% na produção (CRUZ; VIANA; WAQUIL, 2007).

¹⁰ As especificações da cada evento estão disponíveis em: <<http://www.agbios.com>>. Acesso em: 28 nov. 2008.

¹¹ As diferenças entre o cultivo de milho convencional e tolerante a herbicidas podem ser encontradas em Pereira, Leal e Hussne (2007).

O controle de insetos nas lavouras também pode ser resolvido com a biotecnologia. Ao inserir no genoma da planta um gene proveniente da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), como no caso do milho Bt11, esta codifica a proteína Cry1AB, derivada de *Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki* (Btk) cepa HD-1 (SYNGENTA, 2007), que atua no sistema digestivo dos insetos pertencentes à ordem Lepidóptera, Coleoptera e Dipter¹², causando a morte. O aumento da produtividade observado com o uso de sementes resistentes a insetos corresponde à parte que não foi atacada pelas pragas.

Os benefícios obtidos com a utilização de milho resistente a insetos são proporcionais à incidência de pragas na região. De forma geral, nas regiões com alta infestação de pragas, admite-se que o milho resistente a insetos possa proporcionar aumento na qualidade e na produtividade, reduzindo os riscos de perda da produção e diminuindo os custos com defensivos químicos, sendo menos prejudicial ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores envolvidos na produção.

Ferreira Filho et al. (2008) corroboram esta afirmativa, ao realizarem um trabalho a respeito da economicidade da utilização do milho Bt11 em diferentes regiões produtoras no Brasil. Mantendo o sistema de produção da safra de 2006/07, foram eliminados gastos com a aplicação de inseticidas para lagartas¹³, com exceção daqueles cuja aplicação é efetuada conjuntamente com herbicidas, e realizadas simulações com aumento de 5% e 10% na produtividade. Verifica-se nesse trabalho que a redução no custo de produção com a introdução dessa tecnologia varia entre as regiões, apresentando diferenças para a safra de verão (safra) e safra de inverno (safrinha).

Esse trabalho analisa as localidades representativas da produção de milho nas diferentes regiões produtoras no Brasil, tanto de milho safra, como de milho safrinha. Os municípios analisados foram Unaí e Uberaba (MG); Assis (SP), Campos Novos (SC); Londrina, Cascavel e Guarapuava (PR); Ijuí e Lagoa Vermelha (RS); Chapadão do Sul, Maracajú e Caarapó (MS); Sorriso e Primavera do Leste (MT), Rio Verde (GO); Barreiras (BA);

¹² As principais pragas combatidas com o milho Bt11 são a broca européia do colmo (*Ostrinia nubilalis*), uma praga importante do milho cultivado nos Estados Unidos e Europa, a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), a lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*) e a broca do colmo do milho (*Diatraea saccharalis*) (CEPEA, 2008).

¹³ A eliminação total do uso de inseticidas para lagartas nas simulações dos resultados seguiu a orientação da empresa Syngenta.

Ao não utilizar inseticidas, a redução no custo total médio¹⁴, para a safra de verão, varia de 1,61% (Ijuí) a 7,12% (Londrina) quando, além de não utilizar inseticidas, se obtém um aumento de 10% em relação à lavoura convencional, a redução no custo total médio atinge 8,68% e 14,85%, para as respectivas cidades.

Para as safras de inverno, as reduções nos custos médios são ainda maiores, variam de 5,56% (Rio Verde) a 9,69% (Primavera do Leste) apenas com a não-utilização de inseticidas, chegando a 12,65% e 15,69%, respectivamente, em caso de aumento de 10% na produtividade.

Ao introduzir milho Bt11, cada região possui uma redução de custo de produção diferente. Dentre os motivos apresentados em Ferreira Filho et al. (2008), encontram-se as características do solo, como necessidade de correção de *ph* e/ou maior uso de fertilizantes e variação no índice de incidência de pragas por região, observando-se maiores gastos com produtos químicos. Enfim, como o custo de produção é diferente em cada região, é de esperar que a adoção dessa tecnologia resulte em taxas diferentes de ganhos.

2.2 Evolução da comercialização do milho GM

2.2.1 A evolução das liberações e adoção de milho GM no mundo

O milho transgênico foi produzido para comercialização pela primeira vez em 1996, pelos EUA. Desde então foram aprovados para cultivo, não necessariamente comercial, na Argentina, Japão e Canadá. O Japão neste mesmo ano aprovou e permitiu a importação de milho transgênico para ração, e o Canadá para alimentação humana. Os eventos pioneiros foram B16 (DLL25), T14 e T25 para atribuir tolerância a herbicidas, MON810 para resistência a insetos e MON809, MS3, 176 e Bt11 para combinar as duas características. As empresas que se destacaram nesse período foram a Syngenta Seeds, Pioneer Hi-Bred International, Dekalb Genetics Corporation, Bayer CropScien e Monsanto Company. Todas as aprovações referentes a milho GM, até 2006, encontram-se em James (2006).

¹⁴ O custo total da produção, utilizado no trabalho de Ferreira Filho et al. (2008), corresponde aos gastos com insumos variáveis (insumos, mão-de-obra, combustíveis e manutenção de equipamentos), depreciação de máquinas e equipamentos, remuneração do capital investido, e custo de estocagem. Ao dividir o custo total pela quantidade de sacas produzidas em cada região obtém-se o custo total médio.

No período de 1996 a 2006 foram realizadas 210 aprovações referentes aos 35 eventos¹⁵ existentes com milho transgênicos em 21 países, mais a União Européia (25 países). A empresa que teve mais eventos aprovados foi a Monsanto, com mais de 100, seguida pela Syngenta Seeds, com 30. Os eventos com maior número de aprovações foi o MON810 e o NK603 (tolerante a herbicidas), ambos da Monsanto, com 18 aprovações cada uma¹⁶ (JAMES, 2006).

Entre as aprovações concedidas existem alguns países como Austrália, China, Colômbia, Japão, México, Nova Zelândia, Federação Russa, Singapura, Suíça, Taiwan e Tailândia, onde a comercialização é permitida, mas não existe produção de milho GM para fins comerciais. Os países, que produzem milho GM, bem como o ano de aprovação encontram-se na Figura 8.

Figura 8 – Países produtores de milho GM e ano de adoção

Fonte: Elaborado com base nos dados de James (2002 a 2007)

Nota: A Bulgária produziu milho GM em 2002 e 2003, e a Colômbia em 2006. Portugal não produziu milho no período de 2000 a 2004, e a França no período de 2001 a 2004.

Deve-se ressaltar que alguns países como Portugal e França apesar de terem produzido milho GM na década de 1990 ficaram alguns anos sem produção, devido ao vencimento da

¹⁵ Uma aprovação refere-se a um produto aprovado para importação, para uso como alimento e ração, e para liberação no ambiente. Entretanto, isso não deve ser interpretado como indicação de que o produto esteja sendo plantado comercialmente nesses países. Há muitos exemplos de produtos que receberam aprovação, mas nunca foram comercializados, ou, se foram, deixaram de sê-lo subsequentemente. Um evento se refere a uma recombinação única de DNA que ocorreu em uma célula vegetal, usada para gerar plantas inteiras transgênicas. Todas as células que incorporaram com sucesso o gene de interesse representam um “evento” único (JAMES, 2006).

¹⁶ Descrição sobre a função específica de cada evento aprovado, bem como as recentes aprovações estão disponíveis em: <<http://www.agbios.com>>. Acesso em: 28 nov. 2008.

liberação, mas voltaram a produzir em 2005. Individualmente, os países da Europa, Honduras e Chile ocupam juntos menos de 100 mil hectares com milho GM. Filipinas e Uruguai ocupam em torno de 300 mil. Os principais produtores são os EUA, Argentina, Canadá e África do Sul.

Quanto à comercialização mundial de produtos GM, o Protocolo de Cartagena, que entrou em vigor em 2003, tem como objetivo assegurar um nível adequado de proteção no campo da transferência, da manipulação e do uso seguros dos organismos vivos GM. Todavia, os países possuem legislações distintas e, de acordo com Cardoso, Almada e Miranda (2008), não tendem a convergir para um único padrão mundial. De forma geral, os países podem adotar leis com base no princípio da equivalência substancial como nos EUA e na Argentina, ou no princípio da precaução, como ocorre na UE.

A taxa de adoção do milho GM pelos produtores difere nos diversos países. Nos EUA, em 2007, essa taxa foi superior a 70% da área total ocupada pelo milho. Na Argentina, para o mesmo ano, a taxa de adoção foi superior a 60%, enquanto na África do Sul e no Uruguai a taxa de adoção foi em torno de 50%. Dos países europeus, a Espanha é o que possui a maior taxa de adoção, 21% em 2007.

A taxa de adoção de culturas GM difere não só por região, como também por culturas. A soja, por exemplo, apresentou as maiores taxas de adoção desde o surgimento dos primeiros produtos transgênicos. O milho, objeto de estudo desse trabalho, possui uma taxa de adoção baixa, se comparado às principais culturas GM, porém vem aumentando consideravelmente nos últimos anos. Um dos principais motivos desse aumento é a expansão das lavouras de milho nos EUA para produção de bicomcombustível, tendo em vista que, nos EUA em 2007, foram plantados 7 milhões de hectares a mais, apenas para a produção de etanol, o que corresponde a 20% de toda a área ocupada com milho GM no mundo (JAMES, 2007). A evolução da taxa de adoção para o milho e outras culturas no período de 2002 a 2007 encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Área global de culturas GM em relação à área global das principais culturas, no período 2002 - 2007 (milhões de hectares)

Cultivo	2002			2003			2004		
	Área total	Área com transgênicos	(%)	Área total	Área com transgênicos	(%)	Área total	Área com transgênicos	(%)
Milho	140	12	9	140	16	11	140	20	14
Soja	72	37	51	76	41	54	86	48	56
Algodão	34	7	20	34	7	21	32	9	28
Canola	25	3	12	22	4	16	23	4	19
Total	271	59	22	272	68	11	281	81	29
Cultivo	2005			2006			2007		
	Área total	Área com transgênicos	(%)	Área total	Área com transgênicos	(%)	Área total*	Área com transgênicos	(%)
Milho	151	21	14	148	25	17	148	35	24
Soja	91	54	60	91	59	64	91	59	64
Algodão	35	10	28	35	13	38	35	15	43
Canola	26	5	18	27	5	18	27	6	21
Total	303	90	30	301	102	34	301	114	38

Fonte: James (2002 a 2007)

Obs.: A área total é obtida da FAO e corresponde ao ano anterior.

* A área total foi mantida de 2006 por falta de dados.

Na tentativa de justificar quais os motivos que levam a uma maior taxa de adoção, diversos trabalhos foram realizados. Meijl e Tongeren (2004), por exemplo, relatam que a difusão internacional da tecnologia transgênica não é perfeita e depende da ligação entre o comércio, capacidade de adoção, tamanho das fazendas e aceitação social.

As inovações tecnológicas são sempre desenvolvidas em determinados contextos tecnológico, econômico, social e cultural. Logo, as transferências de tecnologias entre países são mais suscetíveis se houver alguma inter-relação desses fatores nos países receptores e doadores da inovação tecnológica.

Ainda segundo Meijl e Tongeren (2004), os países com baixo nível de educação só conseguem adotar essa nova tecnologia de forma limitada, ou seja, a adoção tecnológica não atinge a todos de maneira uniforme. Cabe inferir ainda que o tamanho da propriedade também é um fator determinante na adoção, espera-se que tanto a soja como o milho GM sejam mais facilmente adotados em países que possuem grandes propriedades. Por último, leva-se em conta a

resistência dos consumidores aos produtos transgênicos. Um exemplo disso é a preocupação dos produtores europeus em frente às tentativas dos processadores de alimento de evitar o produto GM, enquanto nos EUA, Canadá e Argentina não existe tal preocupação.

Gòmez-Barbero et al. (2008), realizando uma pesquisa com 402 produtores de milho na Espanha, no período de 2002-2004, analisaram o perfil socioeconômico de agricultores que optaram pela variedade de milho Bt, comparando com aqueles que optaram pela cultura convencional. Os resultados encontrados demonstraram que, de um lado, os agricultores que optaram pelo cultivo GM pagaram mais caro pelas sementes, mas reduziram o custo de compra e utilização de inseticidas, além de obterem maiores rendimentos, devido à diminuição dos danos causados pela broca do milho e, o mais importante: não verifica-se qualquer diferenciação no preço final do milho produzido GM quando comparado ao convencional. Por outro lado, o principal fato que levou os produtores a não adotarem milho GM foi a aversão a mudanças. Apesar de a pesquisa não ter levado em consideração o tipo de solo, intensidade de irrigação e questões meteorológicas, observa-se que o rendimento está diretamente ligado à escolha por milho GM ou convencional, já que não foram observadas influências de fatores como propriedade da terra, tamanho das fazendas, principal cultivo, nível de estudo, formação agrícola ou anos de experiência cultivando milho.

Todavia, existem fortes indícios para admitir que o tamanho da propriedade seja fator importante para a adoção de lavouras GM. Apesar de existirem 11 milhões de pequenos produtores (90%) localizados em países como China, Índia, África do Sul e Filipinas, eles são responsáveis por apenas 10% da área plantada com culturas GM. A maior parte da área plantada com culturas GM é formada por grandes produtores localizados em países desenvolvidos como Canadá e EUA, e países emergentes como Argentina e Brasil (JAMES, 2007).

No entanto, quando analisados eventos resistentes a insetos, um fator importante para sua adoção consiste na quantidade de pragas existente na região. Quanto maior a infestação, menor é o risco de perda de parte da lavoura e maior a comodidade do produtor que opta pelo cultivo GM.

2.2.2 A situação do milho GM no Brasil

No Brasil, o primeiro evento de milho GM foi liberado para cultivo em 16 de maio de 2007, pela CTNBio. O evento denominado de T25 é tolerante a herbicida e produzido pela empresa Bayer. Após essa liberação ocorreram mais duas no mesmo ano, primeiro ocorreu o evento MON810, resistente a insetos, produzidos pela Monsanto e depois o evento Bt11 da empresa Syngenta Seeds, também resistente a insetos¹⁷.

A autorização para pesquisa e comercialização de plantas GM é concedida pela CTNBio, órgão do Ministério da Ciência e Tecnologia, responsável pela análise e aprovação de experimentos de plantas GM no laboratório, em casa de vegetação e no campo, cuja finalidade é testar sua segurança ambiental e alimentar. Após a aprovação da CTNBio, os dados agronômicos do híbrido GM são submetidos ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento para registro da cultivar, sendo esse órgão responsável também pela fiscalização das pesquisas de campo. Após o registro, o milho GM poderá ser produzido nas regiões indicadas pelo zoneamento agrícola (CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA - CIB, 2006).

Todavia, órgãos de fiscalização como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA podem entrar com recursos contra a decisão da CTNBio. Neste caso, o Conselho Nacional de Biossegurança - CNBS deverá reunir 11 ministros de Estado para verificar eventuais divergências técnicas e conseqüências socioeconômicas das aprovações (ABREU, 2008).

Os conflitos dessas instituições vêm dificultando a efetiva liberação de lavouras GM no Brasil. Por exemplo, o milho Bt11 aprovado pela CTNBio, em 20 de setembro de 2007, só foi ratificado pelo CNBS dia 18 de junho de 2008, quase um ano após a liberação final da CTNBio. Vale relembrar que o milho Bt11 já é comercializado há mais de 10 anos em outros países, inclusive para consumo humano na União Européia¹⁸.

A comercialização de alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano ou animal que contenham ou sejam produzidos a partir de organismos GM deve-se

¹⁷ Mais informações sobre as aprovações brasileiras de produtos GM ver CTNBio disponíveis em: <<http://www.ctnbio.gov.br>>. Acesso em: 28 nov. 2008.

¹⁸ Disponível em: <<http://www.ctnbio.gob.br>>. Acesso em: 28 nov. 2008.

submeter ao Decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003, que exige a rotulagem dos produtos com mais de 1% de organismos GM, informando sobre a natureza da transgenia do produto. Alimentos e ingredientes produzidos a partir de animais alimentados com ração contendo ingredientes GM também devem ser rotulados.

Todavia, esse decreto está tramitando no plenário devido a algumas inconstitucionalidades. Visto que, confunde critérios de detecção e de rastreabilidade, determina aposição de símbolo que induz a juízo de valor negativo sobre o produto, o que é vedado pelo Código de Defesa do Consumidor, determina rotulagem de animais alimentados com ração contendo ingredientes transgênicos, o que não é possível de ser detectado apenas com base na análise do DNA ou da proteína recombinante (ODA, 2003).

Todos esses impasses, tanto sobre a liberalização de culturas GM, como sobre a comercialização dos produtos têm levado o Brasil, grande produtor e exportador de produtos agrícolas, ao atraso tecnológico.

Com isso, o prejuízo não se limita apenas a grandes produtores que necessitam reduzir custos para tornarem-se mais competitivos no mercado externo, mas também afeta milhares de pequenos produtores com poucos recursos, que retiram sua renda dessas pequenas áreas cultivadas. Para efeito de comparação, acredita-se que entre 1996 e 2005 houve um aumento de US\$ 3,2 bilhões em benefício de renda para os fazendeiros que cultivaram milho GM em todo o mundo, sendo que a distribuição de benefícios gerados pela adoção de milho GM atingiu, no mesmo período, US\$ 8,5 bilhões (JAMES, 2006).

2.3 Impactos econômicos decorrentes da adoção de lavouras de milho GM no mundo

A grande propagação das lavouras GM em diversos países nos últimos 12 anos de comercialização gerou diversos impactos ambientais, sociais e econômicos. Porém, neste trabalho serão ressaltados apenas os impactos econômicos a fim de encontrar dados significativos para justificar os choques que serão realizados no modelo¹⁹.

¹⁹ Mais informações sobre os ganhos com a adoção do milho Bt podem ser encontradas em Ferreira Filho et al. (2008).

Brookes e Barfoot (2005) realizaram um levantamento quantitativo do impacto econômico e ambiental da biotecnologia no período de 1996 a 2005, nos países que adotaram culturas GM nesse período. Em relação ao milho, verificaram que as espécies GM que eram resistentes tanto a herbicidas quanto a insetos aumentaram em US\$ 3,1 bilhões o rendimento das fazendas desde 1996. Observa-se ainda, neste período, uma redução de 43,5 mil toneladas de defensivos agrícolas, sendo 36,5 mil toneladas referentes ao milho Bt. Outro aspecto com destaque neste trabalho refere-se a fatores ambientais, pois, ao adotar lavouras GM, observa-se redução de emissão de poluentes e no consumo de combustível, uma vez que, se gasta menos em equipamentos e tratores para controlar os diversos tipos de pragas.

Gruère et al. (2007), utilizando-se dos trabalhos de diversos outros autores descrevem um quadro com alguns efeitos considerados para analisar os impactos da introdução de milho GM em diversos países. Com base na Tabela 2, pode-se observar que o aumento da produtividade das culturas GM varia entre os países, atingindo entre 5% e 34%. A redução de produtos químicos depende da quantidade de pragas na região, sendo significativo nos EUA e nas Filipinas, onde a redução chega a 52%. Por fim, observa-se nessa pesquisa que, de forma geral, os autores costumam trabalhar com uma redução de 5% na mão-de-obra utilizada nas lavouras GM.

Tabela 2 – Efeitos de produtividade na adoção de milho GM em países selecionados

País	Produtividade (%)	Efeitos no insumo (%)	
		Químicos	Trabalho
USA	9	-1,5	-5
Argentina IR	5	0	-5
África do Sul IR	32	0	-5
Filipinas IR	34	-52	-5
Canadá IR	5	0	-5
Espanha IR	6,3	0	-5
Tanzânia e Uganda IR	32	0	-5

Fonte: Elbehri e McDonald, 2004, Qaim e Matuschke, 2005, Marra, Pardey e Alston, 2002, James, 2005 apud Gruère et al. (2007, p. 13)

IR = Resistente a insetos.

Os EUA e a Argentina são os maiores produtores de milho GM e os primeiros a adotarem essa nova tecnologia. Em função da maior produção apresentada por estes países cabe uma análise separada para avaliar os impactos econômicos gerados nesses países.

2.3.1 Estados Unidos

Os EUA é o maior produtor de milho do mundo. Segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2008b), a área plantada com milho em 2007 foi de 37,5 milhões de hectares. Desse total, aproximadamente 27 milhões são GM, ou seja, 77% de toda a área plantada com milho GM no mundo encontra-se nos EUA. A taxa de adoção do milho nos EUA está aumentando, atingindo em torno de 72% em 2007. Isso ocorre devido às facilidades no manejo, redução dos custos e aumento da produtividade (JAMES, 2007).

Dados de Sankula (2006) do National Center for Food and Agricultural Policy - NCFAP comprovam os benefícios da adoção de lavouras GM. Apenas o cultivo de milho tolerante a herbicidas foi responsável pela redução de 9,88 mil toneladas de defensivos agrícolas em 2005 (8,3 mil toneladas para glifosato e 1,58 mil toneladas para glufosinato). Além disso, o plantio desses dois eventos GMs trouxe economia de US\$ 269 milhões aos agricultores. Isso corresponde a uma redução de 22,5% da quantidade de herbicida usado e 25% nos custos com aplicação para o milho Roundup Ready²⁰. Para Liberty Link essa redução é de 38% na quantidade de herbicida utilizado e 28,5% no custo de aplicação de herbicida. O primeiro representava 31% do total de milho produzido nos EUA, enquanto o segundo correspondia a 4%.

Em 2005 existiam três tipos de milho GM resistentes a insetos, correspondendo em torno de 42% do total das lavouras de milho dos EUA: YieldGard Borer (34%), Herculex I (4%) e YieldGard RW (4%)²¹. Sankula (2006) verifica que os ganhos com a adoção do milho YieldGard Borer variou para os EUA, nos últimos 10 anos entre US\$ 58 e US\$ 615 milhões por ano. Porém em alguns estados chegou a apresentar perdas de rendimento. O milho YieldGard RW, em 2005, apresentou ganhos de rendimento nas lavouras norte- americanas de US\$ 51 milhões (12% a 19% de aumento na produção), e redução no custo com inseticida de US\$ 53 milhões, enquanto o custo de adoção dessa tecnologia foi de US\$ 49 milhões, ou seja, os produtores norte-americanos

²⁰ O milho HT pode ser resistente a Glifosato ou a Glufosinato, no primeiro caso é comercializado como o nome de Roundup Ready 1 e 2, enquanto no segundo caso recebe o nome de Liberty Link (SANKULA, 2006).

²¹ O milho resistente a insetos possui três subgrupos, os que combatem o European Corn Borer, o Southwestern Corn Borer e o Corn Earworm, recebem o nome comercial de YieldGard Corn Borer; os resistentes a todos os anteriormente citados mais Black Cutworm e Fall Armyworm, recebem o nome de Herculex I, enquanto os resistentes apenas ao Rootworm recebem o nome de YieldGard RW.

lucraram 55 milhões em 2005 com essa adoção, e o aumento do preço da semente foi inferior ao valor economizado com inseticidas.

A introdução de lavouras de milho GM constitui um dos fatores que contribuíram para aumentar a produtividade média dos EUA. Ao utilizar dados de produtividade da Food and Agriculture Organization – FAO (ANEXO A) observa-se que a produtividade média nos Estados Unidos, entre 1986 e 1995, aumentou mais de 20% em relação ao período de 1996-2006.

Além do aumento da produtividade, desde a introdução do milho GM houve uma manutenção do *market share* dos EUA, porém com o aumento do volume exportado (SOLOGUREN, 2007), o que demonstra a aceitação de outros países ao milho GM proveniente dos EUA.

2.3.2 Argentina

Em 2006, a taxa de adoção de milho GM na Argentina foi de aproximadamente 60%, sendo que 62% da área plantada possuía resistência a insetos, 5% era tolerante a herbicidas e o restante combinava as duas características (JAMES, 2006). Em 2007, a Argentina plantou 2,8 milhões de hectares com milho GM, o que corresponde a 8% da área plantada com milho GM no mundo (JAMES, 2007).

Na Argentina também se observa um aumento na produtividade média após a introdução do milho GM. No período de 1996 a 2006 a produtividade média foi de 5.910 kg/hectares, 52% superior ao período entre 1986 e 1995, quando a produtividade média era de 3.891 kg/hectares (ANEXO A). A introdução de lavouras GM não é a única a impulsionar esse aumento na produtividade, vários foram os avanços tecnológicos em máquinas agrícolas e defensivos químicos, mas sua participação é significativa dada a percentagem atual de milho GM em relação à produção total de milho.

De acordo com Trigo e Cap (2006), no período de 1998 a 2005, a Argentina acumulou um benefício bruto de US\$ 481,73 milhões com a adoção de lavouras de milho Bt em 8,3 milhões de hectares. Desse total, 43% ficaram para os produtores, 41% com os provedores de tecnologia e 16% com o Estado Nacional. No que se refere aos custos adicionais com a introdução do milho GM, em 2005 estes foram de US\$ 30,00 por hectares, valor referente às sementes.

Assim como nos EUA, a Argentina também não incorreu em perdas de mercado devido à adoção de lavouras de milho GM. Pelo contrário, as vendas externas argentinas saltaram de 4,2 milhões de toneladas, em 1998, para 10,3 milhões de toneladas, em 2006, com sua participação no mercado internacional disparando neste período de 7,2% para 12,7% (SOLOGUREN, 2007).

2.3.3 Perspectivas para o Brasil

A produtividade média do milho no Brasil está muito aquém dos principais produtores e, até mesmo, da média mundial de 4.815 kg/hectare, em 2006 (FAO, 2008). Segundo dados do IBGE (2008), a produtividade média brasileira, em 2007, era de 3.751 kg/hectares, chegando a 5.462 kg/hectares no estado de Santa Catarina. Vale ressaltar que, em 2006, a produtividade média dos EUA foi superior a 9.000 kg/hectares, enquanto na Argentina foi próxima de 6.000 kg/hectare (ANEXO B).

Todavia, a produtividade brasileira vem aumentando consideravelmente, mesmo sem a adoção de culturas GM. A produtividade do milho no Brasil nos 11 anos posteriores à comercialização dos transgênicos no mundo (1996) foi 45% superior à média dos 10 anos anteriores a essa data, um crescimento superior a alguns países que adotaram culturas GM como os EUA, Canadá e África do Sul (ANEXO A). Isso ocorre pois a cultura do milho no Brasil vem aos poucos deixando de ser de subsistência para ser comercializada, sendo utilizadas outras tecnologias nesses últimos anos. Porém, ainda falta muito para o país atingir a produtividade média dos principais exportadores, sendo a introdução de lavouras GM fundamental para essa melhora, mas não suficiente, já que a produtividade teria que aumentar mais de 60% para ser equivalente à da Argentina e quase triplicar para se aproximar da dos EUA.

No Brasil, existem alguns estudos estimando os ganhos decorrentes de uma possível adoção. Como o milho só foi liberado para plantação pela CTNBio, em 2007, sementes GMs produzidas no país só deverão estar disponíveis para os agricultores para a safra de 2009.

Uma pesquisa feita por Fancelli (2002) entre 1999 e 2000, com base em 6,5 milhões de hectares de milho (área efetivamente tecnificada e passível de adoção de biotecnologia, no Brasil, segundo o autor), revela que a adoção de milho resistente a insetos, considerando os seus benefícios diretos e indiretos, na propriedade agrícola, cooperativas, armazéns, indústrias de

transformação, indústrias de ração, indústria animal e consumidor final, poderia contribuir diretamente para a economia de, aproximadamente, 1,2 bilhão de dólares por ano.

A introdução do milho GM também ajuda a evitar a infestação de fungos que provocam o surgimento de micotoxinas que podem representar risco à saúde, e atinge cerca de 45% da produção de milho no Brasil (CIB, 2006), correspondendo a um custo em torno de 450 milhões de dólares por ano (FANCELLI, 2002).

Borchgrave (2002) concluiu que, com a adoção do milho Bt, os agricultores brasileiros teriam um aumento de 5% na produtividade e economizariam 50% em inseticidas. O cultivo do milho Bt no Brasil também ajudaria a reduzir a dependência em importações, especialmente nos Estados do Nordeste, com um salto da produção de 31,5 milhões para 33,1 milhões de toneladas de grãos.

Pereira, Leal e Hussne (2007) estimaram que se as lavouras brasileiras de milho, em 2005, tivessem adotado 50% de milho Bt, os produtores teriam ganhado US\$ 161 milhões com o aumento da produtividade e US\$ 31 milhões com redução de inseticidas para controlar a lagarta-do-cartucho, considerando aumento de 10% na produção e preço mínimo médio de venda igual a US\$ 91,62/tonelada²².

James (2003a), com base em pesquisas realizadas entre 1999 e 2001, verificou que as lavouras GM com milho Bt no Brasil apresentariam produtividade 24% maior que uma lavoura sem controle de pragas e 10% maior que uma lavoura com controle químico de pragas.

Em relação à redução de custos com mão-de-obra, tratos culturais e produto químico, levando em consideração características do milho Bt11, como 100% na redução de inseticidas, realizou-se uma pesquisa (FERREIRA FILHO et al., 2008), abrangendo 18 municípios brasileiros. Nessa pesquisa, observa-se que para um aumento de produtividade de 10%, os produtores poderão ter redução no custo com mão-de-obra de até 29%, redução nos custos de produtos químicos variando entre 7% e 52% e nos tratos culturais podendo atingir 72%²³

²² Replicando a metodologia utilizada para a safra 2006/2007, com dados de produção da Conab (51.369,9 mil toneladas), de preço médio das exportações de 2007, disponível no sistema Aliceweb (BRASIL, 2008a) (US\$ 172,31/tonelada), e da quantidade de inseticida utilizados em 2006 (PEREIRA; LEAL; HUSSNE, 2007), observa-se que os produtores de milho poderiam ter obtido ganhos de US\$ 443 milhões com o aumento de produtividade e US\$ 38 milhões com redução de inseticidas, considerando 50% de adoção. Esse aumento ocorre devido ao aumento no preço do milho no período em análise.

²³ Essa pesquisa será utilizada na elaboração dos choques e encontra-se mais detalhada na metodologia desse trabalho.

Partindo do pressuposto de que haverá redução nos custos de produção do milho GM, convém analisar a aceitabilidade desse produto no mercado interno e nos principais países importadores não só de milho, como também de animais e indústrias que utilizam o milho como insumo. As principais conclusões foram retiradas do trabalho de Ferreira Filho (2007);

- Brasil: não existe sistema de segregação ou identidade preservada, logo não há garantia de que o alimento não tenha precedência em algum produto GM. Não observa-se queda no consumo de carnes ou produtos que contenham ingredientes derivados de soja;
- Irã: lavouras de arroz GM para consumo humano encontram-se liberadas desde 2004 sem sofrer resistência dos consumidores;
- Japão: os consumidores são receosos quanto ao consumo de produtos GM. Todavia, o país importa milho GM, sendo que não há necessidade de rotular os produtos destinados a ração animal. Para os produtos rotulados como “não GM” é estabelecida uma tolerância de 5% de ingredientes GM. O país importa ainda frango dos EUA, que são alimentados com ração contendo ingredientes GM, e mesmo assim ocorreu aumento no consumo e nas importações;
- Hong Kong: a rotulagem de produtos GM é voluntária;
- Coreia do Sul: as importações de milho para alimentação animal não são segregadas quanto ao milho GM, logo não há necessidade de rotular os produtos que não são destinados ao consumo humano. Pesquisas indicam que os coreanos estão dispostos a pagar mais por um produto não GM, porém importam ingredientes GM para serem transformados em óleo vegetal, xarope de milho e outros produtos que estão isentos da necessidade de rotulagem. O país importa grande quantidade de produtos GM dos EUA;
- União Européia: possui diversos países produzindo lavouras de milho GM. A regulamentação (EC) nº. 1829/2003 não exige a rotulagem de produtos com menos de 0,9% de organismos GM, nem de produtos tais como carne, leite e ovos obtidos de animais alimentados ou tratados com produtos veterinários GM. Não estando sujeitos aos requerimentos de rastreabilidade. Como ressaltado anteriormente em Gómez-Barbeto (2008), não se observa nenhuma diferenciação no preço nem perda de mercados do milho GM.

Logo, os autores concluem que não deverão ocorrer mudanças significativas no comércio do milho GM proveniente do Brasil, ao menos nos próximos anos. Como o principal destino do milho é a alimentação animal, ainda não é possível saber se haverá no futuro um sistema confiável de diferenciação dos animais alimentados com produtos convencionais ou GM, e em quanto variarão os preços das duas mercadorias. Sabe-se apenas que os custos para rastrear animais e carnes serão bastante elevados, e ainda não é uma exigência comum na maioria dos países.

Com base nas referências citadas neste item, admite-se que a introdução de milho resistente a insetos trará benefícios aos produtores brasileiros. Como se observa, esses benefícios variam de acordo com a região, e por isso este trabalho utiliza as reduções de custos de produção apresentadas no trabalho de Ferreira Filho et al. (2008).

O aumento da produtividade devido à introdução do milho GM também deve variar por região, uma vez que esse aumento está relacionado com a incidência de pragas. Todavia, utiliza-se um aumento de 10% para todas as regiões, por não haver nenhum trabalho que mostre possíveis diferenciações nas regiões brasileiras, e por ser um valor estimado por James (2003a) para regiões que possuem controle químico de pragas.

Como a soja GM no Brasil possui uma taxa de adoção elevada, como visto em torno de 70%, espera-se que o milho GM também seja bem aceito no mercado brasileiro. Este trabalho tem como hipótese que a taxa de adoção de milho GM no Brasil permanecerá no longo prazo entre 50% e 70% da área plantada com milho, conforme observado em outros países.

As simulações realizadas não admitem diferenciação no preço do milho convencional para o GM, nem diferenciação nos preços dos produtos que utilizam o milho GM como insumo, devido as conclusões do trabalho de Ferreira Filho et al. (2007). Pelo mesmo motivo, não é simulado nenhuma diferenciação nas preferências dos consumidores, sejam internos ou externos. Visto ainda que os principais exportadores e produtores de milho GM (EUA e Argentina) não apresentaram perdas na comercialização do produto no mercados internacional.

2.4 Impactos econômicos da adoção de lavouras GM e metodologias empregadas²⁴

Nesta dissertação, optou-se por modelos de equilíbrio geral, pois diferente dos modelos de equilíbrio parcial, os modelos computáveis de equilíbrio geral oferecem uma análise mais ampla de mudança tecnológica, permitindo movimentos endógenos de preços regionais e quantidades, enquanto responde explicitamente por movimentos de preços horizontais (entre atividades no mesmo nível da cadeia produtiva) e verticais (entre atividades encadeadas em diferentes níveis, como é o caso da agricultura e da agroindústria) em mercados relacionados. Como a cadeia produtiva do milho engloba diversos setores a montante e, principalmente, a jusante, sendo importante para diversos estados brasileiros, o modelo de equilíbrio geral utilizado permitiu analisar os impactos sobre a economia do país, sem perder os detalhes regionais e setoriais.

Trabalhos de equilíbrio parcial em geral são focados em apenas um produto, assumindo que os preços e a produção de todos os outros produtos estão fixos. Todavia uma mudança tecnológica no setor de milho deve alterar também o preço e a quantidade produzida de outros setores que utilizam o milho como insumo, tais como aves e suínos, bem como podem ocorrer variações em setores que competem por fatores primários (terra, trabalho e capital), como a soja, visto que produtores podem deixar de plantar soja para plantarem milho, se esse apresentar uma redução significativa nos custos.

Criados na década de 1970, os modelos computáveis de equilíbrio geral vêm sendo bastante utilizados em muitas pesquisas que abordam os mais diversos assuntos. Com soluções simultâneas para preços e quantidades, seu intuito é simular o funcionamento das economias de mercado. Estes modelos têm como base a teoria neoclássica de equilíbrio geral, podendo ser estendida para captar características estruturalistas deles, como rigidez de preços e salários (FERREIRA FILHO, 1998).

Dentre os modelos aplicados de planejamento multissetoriais, os de equilíbrio geral computáveis são considerados os mais avançados. Seu funcionamento ocorre por meio da simulação das interações dos vários agentes econômicos que adotam o comportamento otimizador nos mercados. O modelo apresenta características estruturais, exigindo uma especificação

²⁴ Trabalho semelhante de revisão bibliográfica, envolvendo impactos da introdução de lavouras GM com a utilização de modelos de equilíbrio geral, também foi realizado por Gruère, Bouët e Mevel (2007).

completa, tanto do lado da oferta, quanto da demanda em todos os mercados (FERREIRA FILHO, 1998).

Dentre os trabalhos pesquisados não foi encontrado nenhum estudo que utiliza modelos computáveis de equilíbrio geral para medir apenas o impacto da introdução de milho GM em algum país. O que existe são análises de milho com outros produtos, não havendo características distintas para as diferentes culturas. Também não foi encontrado nenhum estudo com essa metodologia para medir o impacto econômico da introdução de alguma cultura GM no Brasil.

Trabalhos que utilizam modelos de equilíbrio geral para avaliar impactos econômicos de culturas GM são ainda incipientes²⁵. Por tratar-se de um assunto novo, com uma metodologia não muito comum, ainda são poucos os autores que pesquisaram sobre o assunto, dentre os quais cabe destacar alguns²⁶.

O trabalho de Nielsen e Anderson (2000) foi publicado em um período de forte repressão por parte do Oeste da Europa quanto à segurança alimentar e ambiental dos produtos GM. Entretanto, enquanto parte da Europa reprimia a plantação de lavouras GM, essas foram disseminadas em diversos países como EUA e Argentina sob o argumento de que estes produtos são seguros e trazem retornos positivos para toda a população, em especial, aos produtores que têm aumento da produção e redução de custos. Neste contexto, os autores avaliaram os impactos na produção, comércio e bem-estar provenientes da adoção de lavouras GM, sobretudo para os países em desenvolvimento. O receio existente nesse período quanto à segurança alimentar dos produtos GM e a aceitação dos consumidores, levaram os pesquisadores a montar cenários tentando simular possíveis reações dos países europeus, como a proibição na importação de produtos GM e a exigência de diferenciar os produtos GM com rótulos específicos.

O trabalho mencionado acima tem como base de dados o Global Trade Analysis Project – GLOBAL TRADE ANALYSIS PROJECT - GTAP²⁷, de 1995. Neste modelo, ao adotar lavouras GM ocorre um aumento de 5% na produtividade. Para realizar esse choque os autores reduzem uniformemente todos os insumos, de forma a obter o aumento de produtividade desejado, ou seja,

²⁵ No ANEXO C foram listados 18 artigos relevantes que utilizam Modelos Aplicados de Equilíbrio Geral em lavouras GM.

²⁶ Os resultados, em geral, não são descritos nessa dissertação, pois não se trata, especificamente, do milho, e cada país possui características diferentes do Brasil, não contribuindo para o objetivo proposto nessa dissertação.

²⁷ O GTAP consiste num modelo de equilíbrio geral multi-regional e multi-setorial. Maiores informações sobre este modelo estão disponíveis em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/>>. Acesso em: 28 nov. 2008.

é realizado um choque tecnológico Hicks-neutro. Porém, os impactos decorrentes da variação no custo de produção, tais como aumento no preço das sementes e variações no consumo de defensivos, herbicidas, combustível ou trabalho não foram contemplados nessa pesquisa.

Foram estabelecidos neste trabalho quatro cenários. O primeiro trata das implicações da difusão da adoção de milho e soja GM na América do Norte, assumindo que não existe restrição ao consumo nem regulamentações restringindo a produção ou importação de produtos GM. Para o segundo cenário considera uma expansão das culturas GM para o México, região do cone sul da América Latina, Índia, China, Leste da Ásia e África do Sul, mantendo as demais pressuposições do cenário anterior. No cenário seguinte admite-se que a Europa Oriental²⁸ proibi a importação de produtos GM. Pois, de acordo com o Protocolo de Biossegurança, para que os produtos sejam aceitos pela União Européia, eles deverão ter no rótulo a especificação se contêm ou não organismos GM. Como a rotulagem tem um custo elevado, podendo encarecer entre 5 e 15% o preço do produto, os autores não acreditam que os países produtores de culturas GM irão adotar essa medida e optaram por simplificar, ou seja, proibir a importação procedente dos países que possuem lavouras GM. No último cenário, os consumidores da Europa Oriental manifestam a rejeição aos produtos importados de países com lavouras GM, mesmo sem interferência do governo, reduzindo em 25% o consumo e a demanda intermediária, independente de o produto ser rotulado. O comportamento de maximização de lucro por produtor é assumido, enquanto que cada fator é demandado de forma que a receita marginal seja igual ao custo marginal.

Outro trabalho de Nielsen et al. (2000), que também utiliza o modelo GTAP de 1995, tem objetivo similar ao trabalho mencionado anteriormente, mas difere dele por diferenciar o modelo regional individual e o modelo multi-regional, de tal forma que são resolvidos simultaneamente. Quanto ao fechamento do modelo, o investimento real agregado e o consumo do governo são considerados fixos. Assim, a balança comercial em cada região também é assumida como fixa, e as mudanças nas taxas reais ajudam a equilibrar as exportações e importações agregadas. O modelo utilizado separa o setor de milho e soja²⁹ em GM e não GM, permitindo escolher entre os dois na produção e no consumo. Na base de dados é assumido que todas as regiões, inicialmente, produzam alguma quantidade de ambas as variedades.

²⁸ Deve-se observar que a Europa Oriental não produz cultivares GM ao longo deste trabalho.

²⁹ Com o objetivo de estudar soja e milho, os autores separam na base de dados do GTAP os setores de *oilseeds* e *cereal grains* (exceto arroz e trigo).

Ainda em relação a esse trabalho, tanto a estrutura de produção nos termos de composição de insumos intermediários e fatores, quanto a estrutura de exportação são, inicialmente, assumidas como idênticas. No modelo, a decisão de produzir e o consumo final tanto para as lavouras GM quanto para as não GM são consideradas endógenas. A demanda intermediária para cada composto de GM e não GM é fixada como proporção da produção. Deste modo, o coeficiente de insumo/produto inicial permanece fixo, mas para soja e milho, a escolha estabelecida está entre variedades GM e não GM. Outros insumos intermediários demandados permanecem em proporções fixas para a produção. De forma similar, cada bem composto também é fixado como uma parte total da demanda, com uma escolha endógena entre variedade GM e não GM. Todas as outras partes de consumo permanecem fixadas, a estrutura do modelo é inteiramente descrita no trabalho. A elasticidade de substituição é alta e similar para todas as regiões. Assume-se ainda um aumento de 10% na produtividade das lavouras GM em todas as regiões. Diferenças nos custos de produção de ambas as lavouras não são mencionados no modelo.

Anderson e Yao (2003), na mesma linha dos trabalhos abordados anteriormente, tentaram mensurar os ganhos e perdas que a China poderia ter, caso adotasse ou não, produtos GM, levando em consideração algumas simulações com respeito aos diversos padrões de comércio internacional. A base de dados é a mesma dos trabalhos anteriores, porém projetado para 2005. O aumento da produtividade assumido é de 5%. Quatro cenários foram montados. O primeiro selecionou alguns países que iriam produzir arroz GM, e analisou os impactos se a China produzisse ou não, arroz GM. O cenário seguinte realizou o mesmo exercício, porém para o algodão. O terceiro cenário, para milho e soja. No último cenário, admitiu-se que a China produzia as quatro variedades de produtos GM, citados nos cenários anteriores, e que a Europa Ocidental e o Nordeste da Ásia iriam proibir a importação de produtos chineses.

Huang et al. (2002) também avaliaram os impactos econômicos provenientes da adoção de lavouras GM pela China. Todavia as lavouras estudadas foram de algodão Bt e de arroz GM no período de 2001 a 2010, utilizando dados de anos anteriores e estimando para anos posteriores. Para aplicar esse choque foram utilizados dados de três regiões chinesas com diferentes taxas de adoção das lavouras GM e diferentes retornos de rendimento, bem como de utilização de pesticidas e mão-de-obra. Todavia, o valor das sementes é mantido constante para

todas as regiões. Os resultados correspondem ao obtido até 2001 e as projeções para os demais anos até 2010. Nessa pesquisa os dados utilizados também têm como base o GTAP. O modelo está dividido em 12 regiões e 17 setores e foram realizados 3 cenários distintos para obter os impactos econômicos da adoção de algodão Bt, do arroz GM e, por último, da proibição da importação de arroz GM proveniente da China.

No trabalho acima, a taxa de adoção variou de 2% a 95%, o aumento na produtividade de 3% a 10%, os custos com pesticidas reduzem de 51% a 67%, com mão-de-obra reduz de 5% a 9%, enquanto com semente o custo aumenta de 50% a 120%, de acordo com o ano. Assim, os resultados obtidos foram em relação à redução do preço das *commodities* analisadas, aumento da demanda doméstica e da exportação em relação ao setor têxtil, em que se observa redução no preço, aumento da produção e da exportação, além de reduzir a importação.

Elbehri e MacDolnald (2003), para avaliar o impacto econômico da adoção de algodão Bt no Oeste e no Centro da África, pressupõem as mesmas hipóteses do trabalho anterior. Assim, propõem variações na produção, nos inseticidas utilizados, sementes e mão-de-obra, ao adotar o algodão Bt. Porém, ao invés de serem por região dentro de um país, esses dados são estimados para os EUA, África do Sul, México e Argentina. O trabalho usa três cenários, enquanto nos dois primeiros, o Centro e o Oeste da África não adotaram algodão Bt, no terceiro há uma taxa de adoção de 25% em relação à área total de algodão da região. No primeiro cenário, observam alguns fatos ainda não mencionados por outros trabalhos que são a tendência de declínio no rendimento e o aumento no custo unitário das lavouras convencionais. Cabe destacar que estes fatos vêm sendo observados na África, nos últimos anos, e são levados em consideração neste trabalho, enquanto no segundo, a perda de produtividade não é considerada.

Nielsen et al. (2003) admitem que os produtores de alta renda da Ásia e da Europa Ocidental são relutantes quanto à adoção de plantações GM devido à própria descrença dos consumidores. Já a África Subsaariana e o resto do mundo têm pouca produção de culturas GM, pois possuem pouco acesso à tecnologia. Os grandes produtores de culturas GM são os países de baixa renda da Ásia, os EUA e a América do Sul. O que diferencia este trabalho dos demais é que ele expande as características de GM para setores como gado, frutas, vegetais, carne, leite e outros alimentos processados. As variedades GM só usam insumos GM e as variedades não GM só usam insumos não GM. Uma função de elasticidade constante de substituição (CES)

representa a escolha entre variedades GM e não GM. Assume-se um aumento de produtividade de 10% e redução de químicos nas lavouras de 30%.

Ainda segundo Nielsen et al. (2003), para mudar a preferência do consumidor, considera-se uma mudança na curva de indiferença entre variedades GM e não GM. Com base nesse modelo são montados três cenários. No primeiro, os consumidores de todos os países são indiferentes à introdução de tecnologias GM na produção de alimento, ou seja, apesar de diferenciar o produto GM do convencional, eles são bens substitutos. No segundo cenário, os cidadãos da Europa Ocidental e de alta renda da Ásia não aprovam a idéia de utilização de alimentos GM, enquanto os outros são indiferentes. Dessa forma, quando o preço dos alimentos GM declina, os consumidores da Europa Ocidental e os de alta renda da Ásia estão menos propensos a aumentar o consumo desses bens.

Também utilizando o GTAP, Elbehri e Macdonald (2004) mensuram os efeitos sobre produção, preços, retornos de fatores e bem-estar provenientes da introdução de algodão GM no Centro e no Oeste da África. Nesse trabalho foram utilizadas várias fontes de dados. Inicialmente pesquisam-se o custo e o retorno entre algodão Bt e o convencional, comumente utilizado em cada região, logo em seguida verifica-se o custo de pesquisas com pesticidas e sementes. Parte dos custos com trabalho no setor de algodão é retirada da base de dados do GTAP. A percentagem de adoção usada é a de 2001 e não varia durante a simulação do modelo. A taxa de mudança de insumo e produção baseou-se na África do Sul, pois é similar em termos de ataques de pragas e ineficiência no controle de produtos químicos. Para as regiões que não adotaram GM, no modelo, não há mudança na produtividade.

Ainda de acordo com os autores acima, ao realizar os choques consegue-se visualizar para cada região a variação da produção, a redução de produtos químicos (pesticidas), a redução do uso de mão-de-obra que deixa de aplicar os produtos químicos e o aumento do trabalho em razão do aumento da produção proporcionado pela percentagem de adoção de algodão Bt. Assim, dois cenários merecem destaque, um onde as 8 regiões analisadas adotam GM e outro onde todos, exceto o Centro e o Oeste da África, adotaram GM. Neste último caso, os dados de rendimento médio anual foram de (-2,5%) e do custo médio anual de pesticida (1,1%), ou seja, para a região analisada, caso não haja a adoção de lavouras de algodão GM, o rendimento cai 2,5% ao ano, enquanto o custo com pesticidas aumenta 1,1%. Os resultados do trabalho mostram que com a

adoção de algodão Bt no Centro e no Oeste da África ocorreria um incremento no bem-estar da população na ordem de US\$ 81,91 milhões, devido aos ganhos na eficiência técnica. Caso não seja adotado o algodão GM haverá uma redução de 7,6% na produção (US\$ 180,5 milhões), os preços se elevarão e a exportações reduzirão 14,46% (US\$ 174,5 milhões).

O trabalho de Meijl e Tongeren (2004) também utiliza o GTAP, porém suas análises possuem uma linha de raciocínio um pouco diferente, isto é, em vez de fazer o caminho comum que seria encontrar os impactos decorrentes da adoção de lavouras GM, ele analisa os impactos decorrentes da rejeição a produtos GM. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar os impactos da adoção ou rejeição dos consumidores na UE, principalmente, soja HT e Milho Bt. Assumindo ganhos de produtividade de 5% na adoção de lavouras GM são montados 5 cenários para avaliar: (1) conhecimento endógeno internacional *spillovers*, (2) o efeito do CAP, (3) o efeito da aceitação social da tecnologia GM e eventualmente (4) a proibição da UE com o CAP. O trabalho conclui que a Common Agricultural Policy - CAP protege a renda e a produção das fazendas européias mesmo não adotando GM. Neste caso, porém, a Europa renuncia a benefícios significativos em termos de bem-estar econômico se proibir importações de produtos GM.

Anderson e Jackson (2005) analisam as implicações para a África Subsaariana da adoção, ou não de lavouras GM. A mesma idéia foi utilizada em outro trabalho desse mesmo autor, porém com enfoque na Ásia. A importante diferença desse trabalho em relação aos anteriores é que este descreve a importância da segunda geração de lavouras GM. Com isso, podem-se compreender as melhorias genéticas obtidas não apenas em razão da redução de custo e aumento de produtividade, como na primeira geração, mas também o incremento nutricional³⁰ aos alimentos. Também utilizou o GTAP, sendo a estrutura do fluxo de comércio de 1997. Entretanto, o modelo foi modificado de maneira a captar o efeito de aumento de produtividade das lavouras GM, a aversão do consumidor e a sustentabilidade entre GM e não GM. Para obter a produtividade entre GM e não GM realiza-se um choque Hicks-neutral de produtividade, uma vez que este assume que lavouras GM reduzem o nível de fatores primários necessários para uma unidade de alimento produzido. Os grãos sofreram um choque de 7,5% de aumento na produtividade.

³⁰ Como no caso do arroz Golden, que é modificado geneticamente para conter mais vitamina A.

Para captar a aversão do consumidor a produtos GM nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OECD, considerou-se a elasticidade de substituição entre GM e não GM. Os alimentos GM com incremento nutricional serão mais bem aceitos. Dois cenários foram montados, um onde os países em desenvolvimento plantam 45% das lavouras de arroz com sementes GM para aumentar a produtividade e outro onde plantam 45% com sementes GM para aumentar a quantidade de vitamina A. Assim, para avaliar a segunda geração de lavouras GM aplicou-se um choque não apenas na produtividade da lavoura, mas também na produtividade da mão-de-obra menos qualificada. Os resultados mostram que, ao utilizar alimentos GM com incremento nutricional, o aumento do bem-estar pode dobrar e se não houver restrições de importações de outros países a esses produtos, os ganhos de bem-estar podem aliviar a pobreza desses países.

Anderson et al. (2006) utilizam-se do modelo GTAP para simular três cenários que verificam os impactos para a economia mundial da adoção de lavouras de algodão GM em determinados países considerados importantes para a produção mundial. Para tal, assume que a produtividade do fator total tem uma distribuição triangular uniforme, com um valor extremo percorrendo de 0,5 para 1,5 vezes o nível do choque inicial (este intervalo foi escolhido para, adequadamente, cobrir a atual gama de estimativas e expectativas de diferentes regiões). Este processo envolve 78 soluções, 2 para cada região exógena. A mudança tecnológica é representada por Hicks - neutro, e o choque de aumento na produtividade varia de 5% a 15% para os países que adotarem algodão GM. Com isso obteve-se a variação no preço, no fluxo de comércio global, no retorno do fator primário do setor de algodão e no bem-estar, que consiste na variação na renda decorrente do choque de aumento na produtividade. Os resultados sugerem que o bem-estar nos países em desenvolvimento pode ter um aumento significativo se adotarem algodão GM, desde que ocorra uma retirada de todos os subsídios e tarifas impostas por outros países ao setor.

Hareau (2006) analisa as alterações no bem-estar provocadas pela introdução de três diferentes tipos de arroz GM, resistente a insetos, a seca e a herbicidas. Também faz uso do GTAP, mas em uma versão modificada. Avalia ainda o caso de arroz resistente a herbicidas, além de verificar a variação no nível de bem-estar considerando que as empresas de sementes possuem poder de monopólio. Dessa forma, a conclusão do trabalho é que para todos os três tipos de arroz GM ocorrem ganhos de bem-estar, porém, em um mercado de competição perfeita, os ganhos

apenas com transgênicos tolerantes a herbicidas são U\$ 2,17 bilhões, enquanto no mercado monopolizado U\$ 122 milhões são transformados em lucro das firmas.

Outro trabalho relevante é o de Fernandez-Cornejo et al. (2007), cujo objetivo foi examinar as implicações do aumento da adoção de lavouras GM dentro de países que, atualmente, utilizam essa nova tecnologia, bem como em outros países. Os cenários apresentados permitem verificar quais implicações para a produção, comércio e preços, além de avaliar a influência da localização e da característica da terra para a produção agrícola, em especial quando se adota soja HT e milho Bt. Diferentemente dos demais trabalhos, este utiliza o modelo de recursos agrícolas futuros Future Agricultural Resources Model - FARM II que consiste em um modelo de equilíbrio geral multissetorial incorporado ao GTAP que foi designado para analisar mudanças globais relacionadas com recursos agrícolas e ambientais de longo prazo. A versão preliminar do FARM vem sendo utilizada para analisar os impactos da emissão de gases na agricultura, custos de aumento do nível do mar e mudanças em tecnologias agrícolas no uso da terra, entre outras finalidades. Os dados nesse trabalho foram agregados em 17 setores, incluindo 8 *commodities* agrícolas e 19 países/regiões. Os resultados obtidos indicam aumento moderado na produção dessas e de outras *commodities*, o que gera declínio nos preços. Conseqüentemente, o volume e os valores no comércio também aumentam.

Gopal (2007), com base no modelo ORANI, capta os efeitos intersetoriais diretos e indiretos, de acordo com a estrutura de oferta e demanda para milho Bt e soja HT. Esse modelo tem como base os dados do GTAP. Assumiu-se que o choque foi de 5% de aumento na produtividade das lavouras GM. Neste caso, considera-se que a absorção sustentável e a utilização doméstica de variedades GM dependem de vários fatores como: capacidade absorvida de capital humano induzido, governo, estrutura congruente entre contingentes ofertantes e demandantes na infra-estrutura tecnológica e parâmetro institucional. Tal inovação resulta em produção mais elevada e aumento de bem-estar e maior comércio global. O foco principal desta pesquisa foi oferecer uma análise quantitativa do papel em comum da tecnologia da informação e da biotecnologia, entre as regiões que criam essas tecnologias e as que adotam.

Gruère, Bouët e Mevel (2007) analisam a integração econômica da introdução de lavouras GM em 4 países asiáticos (Índia, Bangladesh, Indonésia e Filipinas). Para tal, três estratégias foram avaliadas: 1- permitir a produção de lavouras GM com o risco de perder potencial de

exportação; 2 – rejeitar a comercialização de qualquer GM; e 3 – produzir lavouras GM e não GM separadamente a um determinado custo de comercialização. O modelo utilizado para realizar a pesquisa foi o MIRAGE e tem como base o GTAP. Dois fatos interessantes na montagem desse modelo merecem destaque. Primeiro, o modelo dividiu os setores produtivos em GM e não GM, permitindo assim aplicar choques distintos para o mesmo produto. O segundo fato é a forma como foram encontrados os custos com produtos químicos para cada lavoura. Estes foram obtidos a partir da aplicação de um choque na quantidade produzida, verificando a variação na quantidade de produtos químicos em geral utilizados. Os resultados apontaram que os ganhos de produtividade compensam eventuais perdas de comércio que esses países venham a ter em razão da adoção de lavouras GM.

Por fim, Acworth et al. (2008) realizam um trabalho para medir os impactos econômicos de culturas GM na Austrália, utilizando um modelo de equilíbrio geral regional incluindo todos os estados australianos. Dois cenários são montados, o primeiro para medir os impactos da adoção da canola, o segundo inclui 5 culturas diferentes, ambos analisam uma adoção rápida (2008-09) e tardia (2013-14), considerando completa adoção. Apesar de a idéia ser semelhante com o proposto nessa dissertação, infelizmente a metodologia do modelo utilizado não é muito específica, mas é importante para verificar que estudos semelhantes estão sendo realizados em outros países.

3 METODOLOGIA

Os modelos de equilíbrio geral que analisam impactos regionais são divididos em duas linhas distintas. Os mais antigos são conhecidos como modelos *top-down* e permitem que os resultados nacionais sejam “quebrados” para as regiões, usando técnicas provenientes das análises insumo-produto. Os mais recentes são denominados *bottom-up* e são capazes de identificar a origem e o destino do fluxo comercial, em que cada região é tratada de forma separada, sendo o resultado nacional obtido a partir da agregação ponderada dos resultados regionais.

Para analisar os impactos econômicos da adoção do milho Bt11, no Brasil, será utilizado um modelo multirregional do tipo *bottom-up* denominado TERM-BR³¹. Um modelo do tipo *top-down* não seria recomendado, pois ele obtém primeiro o resultado nacional e depois o distribui para as regiões, não identificando choques específicos que possam ocorrer apenas em alguns estados.

O modelo utilizado neste trabalho é estático. Como o modelo apresenta resultados em variações percentuais, não é necessário explicitar uma linha de base para a economia no período em análise, e os resultados representam as modificações decorrentes da introdução do milho Bt11 em relação ao que ocorreria na ausência daquela mudança tecnológica.

Entre os modelos computáveis de equilíbrio geral do tipo *bottom-up* utilizados no Brasil, pode-se citar o B-MARIA (HADDAD, 1999) e o TERM-BR³² (SANTOS, 2006). Ambos os modelos partem da tradição australiana de modelagem em equilíbrio geral; são modelos do tipo Johansen, em que as estruturas matemáticas são representadas por um conjunto de equações linearizadas e as soluções são obtidas na forma de taxas de crescimento (variação percentual). A preferência pelo modelo TERM ocorre, pois demanda menos dados devido às hipóteses facilitadoras, sendo a principal diferença a combinação única de origens para todos os usuários de um determinado produto em uma região.

³¹ A opção pelo modelo TERM-BR, em detrimento dos utilizados nas metodologias citadas anteriormente, ocorre pelo fato de este modelo atender ao objetivo do trabalho, que é estudar impactos inter-regionais e não fluxos de comércio internacional.

³² Para estudar a evolução da modelagem Australiana até o surgimento do TERM, ver Santos (2006, p. 54-56).

Para descrever as características do modelo TERM, será utilizado o trabalho de Horridge, Madden e Wittwer (2005), e para descrever as modificações realizadas para criar o TERM-BR serão utilizados os trabalhos de Santos (2006) e Fachinello (2008).

3.1 Estrutura teórica do TERM-BR

Na Figura 9 é possível visualizar a estrutura básica do modelo TERM-BR. Os retângulos indicam as matrizes de fluxos, enquanto as matrizes *cores*, em negrito, são aquelas que armazenam a base de dados e originam as demais matrizes. O fluxo das matrizes pode ser avaliado de acordo com três métodos:

- 1) Valor básico (ou preço básico): corresponde ao preço do produto para bens domésticos e ao preço CIF (custo, seguro e frete) no caso dos produtos importados;
- 2) Valor posto (ou preço posto): corresponde ao preço básico mais margens (de transporte e comércio) que estão associadas à transferência dos produtos do produtor ao consumidor;
- 3) Valor ao consumidor ou usuário: corresponde ao preço básico, mais margens e mais impostos sobre os produtos, ou seja, valor posto mais impostos.

No lado superior direito encontra-se uma tabela com a descrição dos conjuntos utilizados no modelo e o número de elementos contidos em cada conjunto. Convém observar que as regiões do modelo TERM feito para a Austrália não corresponde às regiões administrativas, portanto as finanças dos governos regionais não são modeladas nesta versão. O modelo utilizado, conforme Figura 9, contém 26 estados e um Distrito Federal, 31 indústrias, 37 *commodities* (ANEXO D), 2 margens (comércio e transporte), 2 origens (doméstico e importado), um único tipo de ocupação (trabalhador) e 4 demandantes finais (famílias, investidores, governo e exportadores).

A matriz USE no topo esquerdo mostra o fluxo a preço posto para um determinado bem, doméstico ou importado, usado pelas indústrias ou por um dos demandantes finais numa região específica.

Figura 9 – O fluxo da base de dados no TERM-BR

Fonte: Adaptado de Horridge, Madden e Wittwer (2005, p. 288)

Duas considerações devem ser feitas: a primeira é que o modelo trabalha com possibilidade de re-exportação; a segunda refere-se à impossibilidade de identificar a origem dos produtos em caso de exportação, sabe-se apenas que o produto foi exportado a partir de um porto³³ localizado em um determinado estado.

A matriz TAX refere-se aos impostos pagos sobre produtos adquiridos. Esta matriz contém um elemento correspondente para cada elemento da matriz USE. Assim, ao juntar essas duas matrizes com a matriz de custo de fatores primários (LAB, CAP, IND) e a matriz de impostos de produção (PRODTAX), obtém-se o custo de produção de cada indústria em cada região, que também corresponde ao valor da produção da indústria na região de destino, VTOT.

Em princípio, cada indústria é capaz de produzir qualquer bem. A matriz MAKE no fundo da Figura 9 mostra o valor do produto de cada *commodity* por cada indústria em cada região. Um subtotal da MAKE, MAKE_I, mostra o total produzido de um determinado bem por uma indústria específica, na região em análise.

Para simplificar o modelo, variações nos estoques de importação são ignoradas, uma vez que correspondem à produção não-vendida pelas indústrias, e seu destino são as próprias indústrias³⁴. Para os produtos domésticos, variações nos estoques têm como destino apenas as indústrias, sendo o resto da produção alocado para a matriz MAKE.

No lado direito, encontra-se o mecanismo que determina a origem regional dos fluxos com a finalidade de atender a demanda dos usuários, a qual consiste no diferencial dos modelos multirregionais, tipo *bottom-up*. A matriz chave é a TRADE, que mostra o valor, a preço básico, correspondente à quantidade comercializada entre as regiões. Para bens importados, a origem regional denota o porto de entrada. Do lado da matriz TRADE encontra-se a matriz IMPORT, que mostra o total importado, a preço básico, por porto.

Para verificar se o banco de dados do modelo TERM está equilibrado, a quantidade utilizada por todos os usuários deve ser igual aos fluxos de bens entre as regiões a preço posto, representado na Figura 9 como $USE_U = DELIVRD_R$.

Confirmada essa exigência do modelo, pode-se afirmar que ao somar TRADE com TRADMAR_M obtém-se DELIVRD_R. Isso ocorre pois para cada célula da TRADE existe uma

³³ No modelo TERM, o termo porto refere-se a qualquer ponto de entrada ou saída de mercadoria, seja um porto marítimo ou fluvial, um porto-seco, rodovia, ferrovia, aeroporto, ou mesmo correio (SANTOS, 2006, p. 59)

³⁴ Em outros modelos de equilíbrio geral, como no ORANI_G, STOCKS (c, d) é um quinto elemento da demanda final, na matriz USE (SANTOS, 2006).

célula correspondente na matriz *TRADMAR_M* que possui o valor gasto com as margens para transportar uma *commodity* entre a origem e o destino. Nota-se que a matriz *TRADMAR* não faz suposição sobre onde o fluxo de margem é produzido.

A matriz que mostra onde as margens são produzidas é a *SUPPMAR*. A proporção de margens produzidas em uma determinada região para transportar qualquer bem da região de origem para a região de destino é a mesma. Ou seja, se o estado de São Paulo produz 10% das margens de comércio entre Espírito Santo e Minas Gerais, essa margem será a mesma para todas as *commodities*, domésticas ou importadas.

A quantidade produzida de margens em todas as regiões (*SUPPMAR_P*) deve ser igual à quantidade gasta com margens por todas as *commodities*, independente de serem domésticas ou importadas (*TRADMAR_CS*), sendo que ambas devem mostrar o valor da margem para um dado bem numa certa rota. No modelo, *TRADMAR_CS* corresponde a uma CES agregada da *SUPPMAR*, onde as margens são originadas de acordo com o seu preço em várias regiões.

Para obter a relação de preferência entre produtos domésticos e importados é utilizada a forma funcional de Armington, enquanto essa mesma relação para produtos de diferentes regiões do país é obtida por meio da matriz *DELIVRD_R*, que é uma CES de *DELIVRD*.

Para finalizar a estrutura do modelo *TERM*, resta apenas igualar a oferta com a demanda por bens produzidos domesticamente. Na Figura 9, essa relação é feita ligando a matriz *MAKE_I* com a *TRADE* e a *SUPPMAR*. Para bens não margens³⁵, deve-se somar a parte doméstica da *TRADE* (*TRADE_D*), para que seus elementos sejam equivalentes à matriz *MAKE_I* de oferta de *commodity*. Dessa forma, por exemplo, o valor total produzido de calçados por todas as indústrias de São Paulo deve ser igual ao valor correspondente à quantidade comercializada de calçados pelo país, produzidos domesticamente, que têm como origem o estado de São Paulo. Para os produtos margens de comércio e transporte devem-se somar a matriz de margens requeridas *SUPPMAR_RD* e demandas diretas da *TRADE_D*, para obter a oferta de margens *MAKE_I*.

No topo esquerdo da Figura 9 existe uma matriz-satélite de investimento *INVEST* que serve para desagregar o investimento de acordo com a indústria de destino. Ela permite distinguir a composição da *commodity* de investimento de acordo com a indústria, por exemplo, os gastos

³⁵ Bens não margens correspondem, nesse modelo, às 37 *commodities* agregadas. Ou seja, não são considerados comércio e transporte utilizados na comercialização, todavia se forem utilizados no processo produtivo são considerados bens não margens.

com investimentos na agricultura pode usar mais máquinas que o investimento em construção civil.

Os detalhes do sistema de origem de demanda do modelo TERM-BR podem ser visualizados na Figura 10. Embora o exemplo contemple apenas a demanda por milho em grãos usado pela indústria de aves vivas no estado do Paraná, o mesmo se aplica para outras *commodities*, usuários e regiões.

O diagrama apresentado pela Figura 10 descreve quatro níveis fundamentais para a escolha da origem do produto a ser consumido, indicando várias possibilidades de substituição que são permitidas pelo modelo. No lado esquerdo inferior dessa mesma figura, caixas com bordas pontilhadas mostram em letras maiúsculas as matrizes de fluxos associadas a cada nível do sistema. A mesma caixa mostra em letras minúsculas o preço e a quantidade, ou seja, variáveis associadas com cada fluxo.

De início, a indústria de aves vivas escolhe entre milho em grão importado (de outros países) e doméstico. A elasticidade de Armigton regula essa escolha, e corresponde a 2,20 no caso do milho em grão³⁶. Como o modelo TERM não possui tarifas de comercialização entre os estados, neste primeiro nível de escolha entre doméstico e importado serão consideradas matrizes a preço ao consumidor.

Um dos pressupostos do modelo TERM consiste no fato de que todos os usuários de um dado bem, numa dada região possuem a mesma origem, isto é, como se em cada região existisse um agente que decidisse por todos os usuários de onde a oferta será obtida. Dessa forma, se uma indústria adquirir 40% de um determinado insumo do próprio estado, 30% do estado de Minas Gerais, e o restante do Mato Grosso, todos os demais usuários desse produto no estado em análise terão que adquirir essas mesmas proporções, dos respectivos estados.

³⁶ Para a maior parte dos bens, a proporção importada depende dos seus preços relativos. Dessa forma, uma elasticidade de Armigton elevada significa que os importadores são mais sensíveis às variações nos preços. No modelo utilizado nesta dissertação, a elasticidade de Armigton varia entre 0,15 (produtos de couro e calçados) e 3,8 (carnes em geral).

Figura 10 – Esquema de origem de fluxo para atendimento da demanda no TERM-BR

Fonte: Adaptado de Horridge, Madden e Wittwer (2005, p. 292)

A demanda por milho em grão numa região, é o próximo nível da Figura 10. Por meio de uma função CES a matriz DELIVRD mostra como USE_U é dividido entre as origens das diversas regiões. A elasticidade de substituição entre as origens domésticas pode variar de zero, como nos setores de serviços e de construção civil, a 7,6 para os setores de carne³⁷. No caso do milho em grão esse valor corresponde a 4,4. A elasticidade de substituição entre as origens implica que regiões que produzem com baixo custo em relação às demais deverão aumentar seu *market share*. Todavia, a decisão de origem é feita tendo como base preços postos e conseqüentemente, mesmo com crescimento dos preços fixados, mudanças nos custos de transporte poderão afetar o *market shares* regionais.

O próximo nível apresentado da Figura 10 mostra como a entrega de milho em grão, de origem do Mato Grosso, por exemplo, é uma composição Leontief entre o milho em grão a preço básico e os bens margens. A parte de cada margem no preço de entrega é específica para uma combinação particular de origens, destinos, *commodities* e fonte. Por exemplo, espera-se que o custo de transporte seja mais elevado de maneira a compor parte das ligações comerciais que são separadamente distantes, ou para bens pesados ou vultosos.

Por último, a Figura 10 mostra o mecanismo de origem da margem de transporte. Nota-se que as margens podem ser produzidas em diferentes regiões. A taxa de substituição entre as regiões produtoras de margens corresponde a 1,0 neste modelo. Neste caso, a participação de uma região produtora de margens para um destino deve ser a mesma para todos os produtos. A matriz que contém essas margens é TRADMAR_CS, a qual não possui informações separadas dos produtos, nem das origens.

Quando a opção do usuário é sobre produtos importados, no primeiro nível apresentado, apesar de não aparecer na Figura 10, um sistema paralelo de origens é modelado localizando o porto de entrada ao invés da região de produção. Dessa forma, finaliza-se toda a estrutura de origem dos produtos demandados pelos diversos usuários do sistema.

Resta apenas analisar a estrutura de produção do modelo TERM-BR (Figura 11), criada com a intenção de otimizar diversos níveis do processo produtivo. A escolha do bem a ser produzido ocorre por meio de uma função de elasticidade constante de transformação (CET), seu sinal é oposto a CES, pois induz a transformação em favor do bem que tiver seu preço relativo

³⁷ A elasticidade de substituição entre as origens domésticas corresponde a 2 vezes a elasticidade de Armigton utilizada.

No topo da Figura 11, usando uma função CET, com uma elasticidade de transformação específica, a firma é capaz de optar pela produção do bem cujo preço relativo está aumentando, sendo possível ocorrer migração de culturas e produtos correlatos.

Após escolher o bem a ser produzido pela firma, esta utiliza uma função Leontief para determinar a quantidade de cada insumo composto, os fatores primários compostos e outros custos que serão gastos na produção do bem escolhido. Como numa função Leontief as proporções são fixas, para as firmas não é relevante baixar o preço de um dos insumos composto se o outro aumenta, ou seja, ela não poderá usar uma quantidade maior do insumo que teve redução nos preços, diminuindo a quantidade utilizada dos insumos cujos preços não reduziram. Embora a forma funcional seja a mesma para todos os produtos, as proporções dos insumos e os parâmetros comportamentais podem variar.

Ao escolher os insumos, a firma pode optar por aqueles de origem importada ou doméstica. Cabe lembrar que, por hipótese de construção, a decisão quanto à origem regional dos bens produzidos domesticamente é tomada em conjunto por todos os usuários. Apesar das mercadorias importadas terem uma única origem, o resto do mundo, quando chegam aos portos brasileiros elas sofrem o mesmo processo que os bens domésticos, isto é, a região de origem passa a ser o estado onde está localizado o porto que recebeu as mercadorias. Dessa forma, a elasticidade de Armington regula a quantidade de bens domésticos e importados demandados pelos usuários. Depois, o estado de origem desses bens é escolhido pela CES entre origens domésticas, a qual é responsável por determinar a origem regional do insumo. No caso de produto importado, isso significa que o mesmo foi importado por um porto localizado na região de origem, apesar de não aparecer na Figura 11. Nesse sentido a elasticidade de substituição entre origens atua de forma similar tanto para bens domésticos quanto para importados.

Uma função CES também é utilizada para escolher a proporção de fatores primários. Neste caso a elasticidade de substituição entre os fatores primários regula as escolhas entre terra, capital e trabalho. No presente trabalho não ocorrerá diferenciação de tipos de trabalho, existindo um único tipo de trabalhador.

As famílias maximizam suas utilidades, usando funções do tipo Klein-Rubin - também conhecida como Stone-Geary (Figura 12). Essas funções permitem que os bens demandados sejam desagregados entre bens de subsistência e bens de luxo. A partir da maximização desta função utilidade é então gerado um sistema de equações de demanda denominado Sistema Linear

de Dispendio. Nele, cada bem é descrito como uma função linear do dispendio total e dos preços de todos os bens, sendo as equações que o compõem homogêneas de grau zero em preço e renda (SANTOS, 2006).

Figura 12 – Estrutura de demanda das famílias no TERM-BR

Fonte: Fachinello (2008, p. 59), adaptado de Santos (2006, p. 70)

3.2 Banco de dados do TERM-BR

Na elaboração do banco de dados do modelo TERM-BR³⁸ utiliza-se a matriz insumo-produto brasileira de 2001³⁹. A Figura 13 mostra a estrutura do banco de dados do TERM-BR, utilizado nesta dissertação. As colunas de 1 a 5 contêm os demandantes do banco de dados:

- 1) produtores domésticos, divididos em I indústrias;
- 2) um único investidor;
- 3) uma única família representativa;
- 4) um agregado de demandantes estrangeiros de exportações;
- 5) um governo nacional.

As variações de estoques de bens domésticos são consideradas produções não vendidas pelas indústrias, e a parte importada é ignorada. No fim da Figura 13, observa-se do lado direito,

³⁸ A elaboração do banco de dados tem como base a tese de Santos (2006), onde é possível verificar com detalhes as alterações do banco de dados preliminar e o utilizado no TERM-BR.

³⁹ A matriz de 2001 publicada pelo IBGE está a preços de consumidores. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 nov. 2008. A matriz aqui utilizada foi transformada para preços básicos, e geradas as matrizes intermediárias de passagem por Ferreira Filho. Esta matriz encontra-se disponível em Santos (2006).

a matriz de variação de estoque para o TERM, ou seja, atrelada às indústrias e não aos produtos, como um usuário.

Nas linhas encontram-se os valores adquiridos por cada demandante. Para formar a base de dados do modelo TERM somam-se os fluxos básicos com margens, obtendo-se fluxo de uso. As informações separadas em relação às margens são retidas na matriz satélite MARGIN, a qual não contém informações sobre usuários específicos. As margens apresentadas na matriz de absorção e na matriz MARGIN são equivalentes (SANTOS, 2006).

As indústrias além de adquirirem insumos, também deverão adquirir fatores primários e pagar impostos sobre a produção, além de outros custos, não mencionados no TERM. A terra é utilizada apenas para setores da agropecuária.

		Matriz de Absorção				
		1	2	3	4	5
		Indústrias	Investimento	Famílias	Exportação	Governo
Dimensão		I	I ⁽¹⁾	1	1	1
Fluxos de Uso	C X S	V1USE	V2USE	V3USE	V4USE	V5USE
Impostos sobre Produtos	C X S	V1TAX	V2TAX	V3TAX	V4TAX	V5TAX
Trabalho	O	V1LAB				Matriz Insumo-Produto brasileira
Capital	1	V1CAP				TERM-BR
Terra	1	V1LND				
Impostos sobre Produção	1	V1PTX				
					C = Número de produtos	80
					I = Número de indústrias	42
					S = Número de origens	2
					O = Número de tipos de ocupação	10
					M = Número de margens	2

Matriz de Produção		Investimento a Preços ao consumidor		Todos os Usuários		Variação de Estoques	
Dimensão	I	Dimensão	I	Dimensão	2	Dimensão	I
C	MAKE	C	INVEST	C X S X M	MARGIN	1	STOCKS

Figura 13 – Banco de dados de insumo-produto modificado para o TERM-BR

Fonte: Adaptada de Santos (2006, p. 76) e Fachinello (2008, p. 64)

⁽¹⁾ No modelo TERM-BR é considerado um único investidor representativo, nesse caso I = 1.

Conforme Santos (2006), a matriz MAKE, que aparece na parte inferior da Figura 13, mostra o valor da produção de cada produto para cada indústria e corresponde exatamente à

Matriz de Produção (Tabela de Recursos de Bens e Serviços) oriunda das Contas Nacionais. Os dados referentes às remunerações dos fatores de produção e impostos sobre a produção foram obtidos da Tabela de Usos de Bens e Serviços, das Contas Nacionais de 2001.⁴⁰

No fim da Figura 13, a matriz INVEST surge da modificação realizada na matriz insumo-produto original. Conforme Santos (2006), as colunas de investimento foram agregadas para obter uma única coluna de investimento representando o investimento por produto e criar uma matriz de investimento por produto e por indústria a preços ao consumidor, denominada matriz INVEST, que mais tarde se tornará uma matriz-satélite do TERM, conforme apresentado na Figura 9.

O banco de dados utilizados neste modelo foi o mesmo utilizado por Fachinello (2008, p. 70-76) que, por sua vez, é similar ao proposto por Santos (2006) e segue as sugestões de Horridge, Madden e Wittwer (2005). De forma sintética, as principais etapas são:

- 1) inicialmente foram desagregados alguns produtos e atividade das matrizes insumo- produto nacional de 2001 a preços básicos, estimadas por Ferreira Filho (2006);
- 2) a etapa seguinte consiste na formatação dos dados das matrizes insumo-produto para o formato exigido por apenas uma região ou país, e simplificação da estrutura;
- 3) na terceira etapa são regionalizados os dados da matriz nacional estimada. Nesta fase, uma quantidade de dados regionais é necessária, especialmente a distribuição da produção setorial e dos agregados de demanda final entre as 27 regiões especificadas no modelo. São também incluídas as elasticidades e outros parâmetros exigidos;
- 4) a última fase consiste na estimação de uma matriz de comércio, representando os fluxos de bens e serviços de cada região de origem, para cada região de destino.

A matriz de insumo-produto de 2001 manteve a desagregação apresentada por Fachinello (2008) devido à semelhança dos setores analisados nessas duas pesquisas, visto que as aves, objeto daquele estudo, são os maiores consumidores de milho. Além disso, todos os demais consumidores relevantes, como o setor de suíno, bovinos, outras indústrias alimentícias, que no caso do milho é setor de ração encontram-se desagregados. Também se encontram desagregados os setores que fornecem insumos para a produção do milho, tais como: o próprio milho, adubos, outros químicos (inseticidas, herbicidas e pesticidas), lubrificantes e óleo combustível.

⁴⁰ Algumas manipulações nos dados originais foram feitas para ajustar as parcelas de remuneração dos fatores de produção na agropecuária, para maiores detalhes, ver Santos (2006, p.78-80).

A distribuição das parcelas para a agropecuária utilizou as informações do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, relativo ao ano de 2001. Para os demais setores, dados de salários regionais oriundos do Cadastro Central de Empresa – CEMPRE foram utilizados como *proxy* da produção regional para o ano de 2001. Já para a distribuição regional do consumo foram utilizados dados de despesa familiar extraídos da Pesquisa de Orçamento Familiares - POF, 1995-1996. As exportações e importações por porto de entrada de 2001 foram obtidas junto à Secretaria de Comércio Exterior.

A ausência de dados para construir a matriz de comércio inter-regional, matriz TRADE, que se encontra no lado direito da Figura 9, fez com que Fachinello (2008, p. 75) utilizasse a sugestão de Horridge, Madden e Wittwer (2005). Neste caso usa-se uma adaptação da fórmula da gravidade, cujo volume de comércio passa a ser inversamente proporcional à distância. As constantes são escolhidas de tal forma que toda oferta seja absorvida e não exista demanda não-atendida.

A calibragem, procedimento que envolve a escolha dos valores dos parâmetros, não pode ser deduzida das informações das matrizes, assim como as elasticidades. Para a elasticidade de Armington foram utilizadas as 28 elasticidades estimadas por Tourinho, Kume e Pedroso (2003) para o Brasil, assim como estimativas disponíveis na base de dados do GTAP (DIMARANAN, 2006), já que elas não existem para esses setores no país. Para a elasticidade de substituição entre origens domésticas, utiliza-se o valor de 1 para todos os produtos. Para a elasticidade de substituição entre origens de margens utiliza-se o valor de 1 (Cobb-Douglas), para margens de comércio e transporte. Tanto para a elasticidade de transformação, quanto para a elasticidade de substituição entre fatores primários utiliza-se o valor de 0,5 para todos os setores e fatores, estimativa-padrão adotada nos modelos australianos por ausência de estimativas específicas. A elasticidade de substituição entre tipo de ocupação, não é utilizada para o estudo em questão, pois como mencionado, há somente um tipo de trabalho representativo. As elasticidades de demanda por exportações foram extraídas da base de dados do GTAP 6.0 (DIMARANAN, 2006). Para as elasticidades de dispêndio das famílias, utilizaram-se os 11 parâmetros estimados em Hoffmann (2000), e nos demais produtos as elasticidades disponíveis na base de dados do GTAP. O parâmetro de FRISCH adotado foi de -2,3235. Já os dados de população em cada unidade da Federação no ano de 2001 foram obtidos das Contas Regionais do Brasil (IBGE, 2004).

3.2.1 Análise do banco de dados

Apesar do modelo ter sido implementado para as 27 regiões do país (26 estados e o Distrito Federal), em razão da enorme quantidade de dados gerados, os resultados serão apresentados de forma agregada para as cinco macrorregiões: Norte - N, Nordeste - NE, Centro-Oeste - CO, Sudeste - SE e o Sul - S. Todavia, encontra-se no ANEXO F um CD-ROM com a descrição completa do modelo TERM-BR, parâmetros e a base de dados utilizada para a implementação do modelo no software GEMPACK, bem como os resultados apresentados em todos os estados e setores.

Quanto às atividades produtivas do modelo, a agregação realizada na base de dados permite observar, separadamente, 31 atividades econômicas e 37 produtos. Porém, serão enfatizados no texto apenas os setores que utilizam o milho como insumo, doravante denominados setores a jusante (milho em grãos, suínos, aves vivas, abate de aves, abate de outros animais, outras indústrias de alimentos, leite natural, beneficiamento vegetal, bovinos e fabricação de calçados), setores fornecedores de insumos para a produção de milho, doravante denominados setores a montante (químicos diversos, refino de petróleo, óleo combustível) e setores que competem por fatores produtivos (soja em grão, fabricação de óleo⁴¹, outros produtos agropecuários).

Ao utilizar a base de dados de 2001, observa-se que ocorreram muitas mudanças no setor de milho em relação a 2007. Nesses últimos anos a produção de milho vem se destacando na região Centro-Oeste e as exportações aumentando. Todavia, a base de dados de 2001 é a mais atual disponível com um maior conjunto de informações para um estudo dessa natureza, no período de elaboração dessa dissertação.

No modelo utilizado neste trabalho, os estados com maior participação no valor total da produção de milho no Brasil são: Paraná (28%), Rio Grande do Sul (18%), São Paulo (11%), Minas Gerais (10%), Santa Catarina (8%) e Goiás (8%), conforme apresentado na Figura 14⁴². Todavia, vale ressaltar que apenas o valor total da produção de milho não é capaz de mensurar se este setor é importante para o PIB do estado. São Paulo, por exemplo, responde por 10% do valor

⁴¹ Apesar de o setor de fabricação de óleo não competir por terra com o setor de milho, ele é composto em grande parte por soja, sendo afetado diretamente com a variação nesse setor.

⁴² Convém ressaltar que a matriz insumo-produto utilizada no modelo encontra-se em valores monetários.

total de milho produzido no Brasil, porém a participação do milho no PIB estadual é menor que no Pará, onde a participação é de apenas 2% do valor da produção brasileira de milho.

Figura 14 – Valor total produzido pelo setor de milho no Brasil em 2001, por estado (%)

Fonte: Elaborado com base na matriz insumo-produto brasileira de 2001 (SANTOS, 2006)

Nota: Os estados que representam 1% ou menos foram agregados em outros.

No modelo, todos os setores da economia encontram-se diretamente, ou indiretamente, relacionados. No entanto, quanto maior a dependência entre os setores, maior será a propagação do choque. Portanto, como o choque ocorre no setor de milho, é relevante conhecer quais os principais usuários do produto no modelo, pois esses estarão mais sensíveis a qualquer alteração no setor de milho.

O consumo de milho por setor no Brasil encontra-se na Figura 15. O setor de aves vivas consome 26%, seguido por outras indústrias de alimentos (23%), cujo principal consumidor é a indústria de ração. As exportações e o setor de suínos consomem cada um 17%. O setor de beneficiamento vegetal, que é composto pela indústria de beneficiamento do milho, é responsável por 6% do consumo do milho. A utilização de milho é relativamente pequena nos setores de bovinos e leite natural que juntos respondem por 5% do consumo total. Com sementes, o setor de milho utiliza 1% do valor total da produção de milho. As famílias consomem 2% do valor total produzido pelo setor de milho, sendo que este valor corresponde a apenas 0,02% dos gastos das famílias no Brasil.

Figura 15 – Consumo de milho por setor no Brasil (2001)

Fonte: Elaborado com base na matriz insumo-produto brasileira de 2001 (SANTOS, 2006)

O setor de aves vivas responde pela maior parte do consumo de milho, pois no Brasil esse setor é relativamente grande. Ao se observarem dados da matriz insumo-produto de 2001, enquanto o setor de aves vivas gerou uma receita de 10.986 milhões de reais, o setor de suínos foi responsável por 3.782 milhões. Todavia o milho é mais importante para o setor de suínos, uma vez que os gastos com milho chegam a 40% dos gastos com insumos intermediários, enquanto o setor de aves vivas gasta 27,8% (Figura 16).

Figura 16 – Participação do milho nos gastos com insumos intermediários

Fonte: Elaborado com base na matriz insumo-produto brasileira de 2001 (SANTOS, 2006)

Nos setores a jusante da cadeia produtiva do milho, existem ainda outros setores como abate de aves e abate de outros animais que estão ligados indiretamente à produção de milho. Estes setores possuem um percentual alto de gastos com aves, suínos e bovinos. Do total de gastos com produtos intermediários do setor de abate de aves, 72,7% correspondem a aves vivas. Para o setor de abate de outros animais, esses gastos chegam a 52,2% com bovinos e 13,9% com suínos.

Ao somar o valor da produção dos setores a jusante da cadeia produtiva do milho, incluindo o setor de milho, em cada estado, é possível encontrar a relação de dependência do PIB estadual com os produtos mencionados. Dessa forma, a região Sudeste é a que possui o maior valor de produção com os setores a jusante (Figura 17), porém a menor participação relativa se comparado com as demais regiões, apenas 6% do PIB⁴³. No Sul e Centro-Oeste esses setores possuem uma participação de 16% e 15%, no PIB estadual, enquanto o Norte e o Nordeste possuem uma participação de 10% e 7%, respectivamente. Convém observar que o valor produzido por esses setores no Paraná é superior ao produzido no Norte, Nordeste e até mesmo no Centro-Oeste. O valor produzido em cada setor a jusante e o PIB estadual podem ser visualizados no ANEXO E.

Figura 17 – Participação de setores a jusante da cadeia produtiva do milho no PIB regional

Fonte: Elaborado com base na matriz insumo-produto brasileira de 2001 (SANTOS, 2006)

Nota: Setores a jusante da cadeia produtiva do milho: milho em grão, suínos, aves vivas, leite natural, bovinos, beneficiamento vegetal, outras indústrias de alimento, abate de aves e outros animais.

⁴³ O PIB considerado neste caso é apenas o valor total produzido por todos os setores, que pode ser visualizado na matriz MAKE.

Em relação às indústrias que fornecem insumos para o setor de milho, o setor mais importante é o de químicos diversos, que produz adubos e outros químicos utilizados (pesticidas, fungicidas e herbicidas), que correspondem a 71% do total de gastos com insumos e serviços intermediários do setor de milho. Outros setores importantes são óleo combustível, outros refinados de petróleo (querosene comum, outros produtos de refino de petróleo, lubrificantes, aditivos para derivados do petróleo, gasolina automotivas) e o próprio setor de milho em grãos (sementes)⁴⁴. A Figura 18 contém a relação de custos no setor de milho com bens intermediários.

Figura 18 – Custos na produção de milho em grão com bens intermediários

Fonte: Elaborado com base na matriz insumo-produto brasileira de 2001 (SANTOS, 2006)

Todavia a participação do setor de milho como demandante de insumos só é significativo para o setor de adubos, sendo responsável por 14,24% do valor total produzido. Para os demais setores que aparecem na Figura 18, exceto milho, esse percentual não atinge 0,5%.

Portanto, esperam-se resultados mais expressivos para os setores a jusantes da cadeia produtiva do milho, principalmente aves e suínos. As regiões mais afetadas deverão ser o Sul e o Centro-Oeste do país, onde a participação relativa desses setores é maior no PIB regional.

⁴⁴ Do valor total produzido pelo setor de milho, 1,24% é utilizado como semente no próprio setor de milho. Isso representa quase 3% dos custos do setor com produtos intermediários.

3.3 Fechamento do modelo

Apesar de os modelos de equilíbrio geral serem microeconômicos, fundamentados pela teoria Walrasiana⁴⁵, o seu nível de consistência interna faz com que haja necessidade de equilíbrio entre os fluxos agregados da economia. A forma como ocorre o equilíbrio macroeconômico depende das diferentes correntes teóricas e é determinado pelos fechamentos dos modelos de equilíbrio geral.

O fechamento também está associado com o horizonte temporal simulado, podendo ser de curto ou longo prazo. De forma geral, os salários reais e o estoque de capital são considerados fixos no curto prazo, enquanto no longo prazo ambos são endógenos, sendo que o estoque de capital tende a se mover para os setores e regiões mais atrativas, refletindo a capacidade de investimento na economia ao longo do tempo.

Para obter uma única solução num sistema de equações é necessário que, o número de equações seja igual ao número de incógnita. Caso o número de equações seja superior ao número de incógnitas (sistema sobredeterminado), é necessário abandonar algumas equações (FERREIRA FILHO, 1998).

Em termos macroeconômicos, o fechamento do modelo não deve ser confundido com a necessidade microeconômica do *numéraire*, em que, independentemente da variável nominal (preço) escolhida, as quantidades de equilíbrio não se alterarão. O fechamento macroeconômico imprime ao modelo um caráter teórico particular, alterando as quantidades de equilíbrio de acordo com a teoria proposta.

Neste trabalho, optou-se pelo fechamento de longo prazo, uma vez que é possível visualizar melhor as conseqüências da inovação tecnológica, pois todos os impactos diretos e indiretos já se manifestaram e se esgotaram. Além disso, a taxa de adoção estipulada nessa pesquisa só deverá ser observada no longo prazo, quando a tecnologia estiver bastante disseminada. Este processo ocorrerá de forma gradual, conforme a capacidade de oferta de sementes GM e da confiança do produtor na nova tecnologia.

As principais ferramentas utilizadas para obter o fechamento desejado foram:

⁴⁵ A Lei de Walras estabelece que se em uma economia com $n + 1$ mercados, n estiverem em equilíbrio, então o $n + 1$ éimo também estará.

- os estoques de capital e o investimento em cada indústria e região foram determinados endogenamente, deslocando-se para as regiões mais atrativas. Com isso, as taxas de retorno acabam convergindo aos seus valores iniciais, ou seja, no longo prazo são fixas;
- a população e a oferta de trabalho agregada são exógenas ao modelo, enquanto o salário real é endógeno. A variação no salário real faz com que a oferta de trabalho (endógena) se desloque entre diferentes setores e regiões;
- para simplificar, o consumo do governo é exógeno, visto não ser o foco do trabalho. O consumo real das famílias é endógeno, e se ajusta com o investimento para manter a razão entre Balança Comercial e PIB exógena. Esta é uma visão consistente com o fato de que eventuais déficits comerciais não podem ser financiados indefinidamente pelo exterior (SANTOS, 2006);
- por fim, o *numéraire* será o Índice de Preços ao Consumidor - IPC agregado, de forma a facilitar as interpretações dos resultados, uma vez que todos os preços serão expressos em função do IPC.

3.4 Simulação dos cenários

Para mensurar os impactos da adoção de milho Bt11 no Brasil, de acordo com as metodologias apresentadas na revisão da literatura, é importante obter dados sobre as variações observadas na quantidade utilizada de insumos e mão-de-obra, bem como os ganhos de produtividade obtidos com a adoção dessa nova tecnologia

Para viabilizar as simulações parte-se do pressuposto de que as regiões que investem mais em tecnologias e defensivos químicos, independentemente de possuírem pequenas ou grandes propriedades, estarão mais dispostas a adotar sementes GM. Admite-se, ainda, que a produtividade da região está diretamente relacionada com esses tipos de investimentos. Nesse sentido, a hipótese adotada é que quanto mais alta a produtividade de uma região, maiores são os gastos com novas tecnologias e defensivos, e maior a possibilidade de adoção de sementes GM.

A produtividade do milho no Brasil ainda é baixa se comparada à de outros países. Segundo dados da FAO (2008), apesar de ter a terceira maior área plantada, a produtividade da cultura no Brasil foi a 69ª maior em 2006, abaixo da média mundial (ANEXO B). De acordo com dados do IBGE (2008), 16% da área plantada possui produtividade inferior a 1.000 kg/hectare e

é, geralmente, constituído por pequenos proprietários em regiões pobres, que não possuem as mínimas condições de adquirir sementes de milho melhorada, tal como o híbrido, e menos ainda de investirem em defensivos químicos, ou em qualquer outra forma de tecnologia. Esse tipo de proprietário só teria acesso à biotecnologia se fosse realizada alguma política de direcionamento que favorecesse a adoção de semente GM. Como a liberação ainda é recente não se tem conhecimento de nenhuma política nesse sentido. Por isso, nessa pesquisa supõe-se que será difícil a adoção de sementes GM pelos proprietários das regiões com baixa produtividade.

Outro pressuposto considerado é que a taxa de adoção de milho GM no Brasil deverá oscilar entre a adoção do Uruguai e dos EUA, assemelhando-se à taxa de adoção da Argentina e da África do Sul, ou seja, algo em torno de 50 a 70% no longo prazo.

Considerando os dois pressupostos anteriores, para obter a taxa de adoção em cada estado utilizou-se a produtividade média de cada município (IBGE, 2008). Se o município possui produtividade acima da média nacional, admite-se que toda sua área plantada de milho adotará sementes GM. Usando essa mesma idéia para os anos de 2006 e 2007 foi possível constatar que existem lugares em que a produtividade é mais intensa e, portanto, mais sujeita à adoção do milho GM.

Porém, nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul observa-se algo contraditório. Por se tratar de regiões com grande produção, e de certa forma mais especializadas nesse produto, esperava-se que a produtividade fosse alta e que grande parte da área plantada com milho adotaria sementes GM, todavia observou-se o contrário. A justificativa da baixa produtividade nesses dois estados é a grande porcentagem de milho safrinha, mais de 80% da produção⁴⁶.

A solução encontrada para deixar os dados mais próximos da realidade foi levar em consideração a diferença de produtividade do milho safra e safrinha. Isso é possível para 2006, pois os dados encontram-se desagregados para os estados que produzem as duas safras. Pode-se observar que para essa região a produtividade total média⁴⁷ é 16,3% superior à produtividade média do milho safrinha⁴⁸. Com isso, para os dados de 2006, ao invés de se utilizarem 3.382 kg/hectare para diferenciar a área que ou não adotar milho GM, são utilizados 2.908 kg/hectare

⁴⁶ O milho safrinha, também conhecido como segunda safra de milho, é plantado de janeiro a abril, quase sempre depois da soja precoce, na região Centro-Sul do Brasil. A área plantada de milho safrinha em relação ao total é: Mato Grosso (87%) e Mato Grosso do Sul (84%), seguido pelo Paraná (39%), Goiás (32%), São Paulo (26%) e Minas Gerais (2%).

⁴⁷ Produtividade total média não leva em consideração o tipo de safra.

⁴⁸ A produtividade total média dos estados que produziram milho safrinha em 2006 (MT, MS, PR, GO, SP, MG) foi de 4.216 kg/hectare, enquanto a do milho safrinha foi de 3.625 kg/hectare (IBGE, 2008).

para as regiões com área plantada de milho safrinha. Devido à percentagem da safrinha na produção total ser pequena, observa-se variação significativa apenas nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul⁴⁹.

Para 2007, utilizando os dados de 2006, realizou-se uma análise similar. Os municípios com produtividade média superior à produtividade total média nacional (3.751 kg/hectare) iriam adotar sementes GM em toda área plantada com milho. Os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, constituídos basicamente de milho safrinha, apenas adotariam o milho GM nas regiões com produtividade média superior a 3.225 kg/hectare, mantendo a diferença de 16,3% a mais para a produtividade total média, em relação à safrinha. Essa diferenciação ocorre, pois os dados separados entre as safras não se encontram disponíveis para 2007. Porém, não será observada variação significativa nos resultados, uma vez que os demais estados não apresentaram grandes alterações com relação à diferenciação adotada para o milho safrinha. Para a taxa de adoção de cada estado, em 2006 e 2007, realiza-se uma média simples, em que são observadas poucas diferenças. Apesar de a produtividade média divergir de um ano para o outro no Brasil, observa-se que a variação percentual da área do estado com produtividade acima da média brasileira não varia muito, o que leva a acreditar que essas regiões investem mais, ou possuem solo mais propício ao plantio de milho.

A taxa de adoção do milho GM para cada estado é de suma importância para mensurar os impactos decorrentes da utilização dessa tecnologia. Como no modelo só existe um único produtor (representativo) de milho, as variações observadas nas reduções de custo com insumos e mão-de-obra, bem como na produtividade, serão introduzidos no modelo ponderado pela taxa de adoção (Tabela 3).

Os dados apresentados no trabalho de Ferreira Filho et al. (2008) que serão utilizados nessa dissertação referem-se às reduções de custos com produtos químicos (inseticidas, herbicidas, fungicidas, etc), combustível e refinados de petróleo (lubrificantes) gastos para cuidar das lavouras e mão-de-obra, além do aumento nos gastos com transporte e comércio, provenientes do aumento da produção.

Como visto, a metodologia utilizada para obter a taxa de adoção de milho Bt11 neste trabalho supõe que haverá adoção em 15 estados mais o Distrito Federal. Porém, o trabalho de

⁴⁹ Com a diferenciação feita para safrinha o estado de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Goiás teriam um aumento de 2,8%, 1,8%, 2,8% e 0,5% de adoção de milho GM. Porém para os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul essa diferença seria de 8,8% e 27,0%, levando em consideração o ano de 2006.

Ferreira Filho et al. (2008) realiza 18 levantamentos de custos que contêm safra e safrinha, em 16 municípios, de 9 estados brasileiros, conforme citado anteriormente. Para obter os dados a serem utilizados nessa dissertação, admite-se que, para os estados do Pará, Tocantins, Maranhão, Piauí, Espírito Santo e Rio de Janeiro se utilizam as alterações no custo de produção que foram observadas no município de Barreiras na Bahia. Este procedimento se justifica mediante as observações feitas nessas regiões, uma vez que em todos esses estados existem pequenas áreas com alta produtividade, mesmo sendo baixa a produtividade média.

Nos estados onde foi realizado mais de um levantamento, as alterações nos custos de produção foram ponderadas pelas mesorregiões com produtividades similares, levando em consideração, na região, o predomínio da safra ou safrinha, considerando-se apenas as áreas com produtividade acima da média nacional, conforme mencionado anteriormente.

Admite-se neste estudo que o estado de Minas Gerais adotará milho Bt11 em 71,38% da sua área total plantada com milho, da qual 29,10% se localiza no Triângulo Mineiro, 8,75% no Noroeste de Minas, 9,89% no Oeste, 19,36% no Sul e 4,29% em Campo dos Vertentes. Como a produtividade da mesorregião do Triângulo Mineiro aproxima-se mais da média de produtividade observada em Uberaba, este município é utilizado como base. Por outro lado, a redução de custo de produção observado no município de Unaí serve como base para as demais mesorregiões. A mesma explicação pode ser utilizada para justificar o valor da redução de custo obtido nos outros estados, conforme se segue:

- Minas Gerais (71,38% de adoção)
 - Uberaba – Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba (29,10%)
 - Unaí – Noroeste de Minas (8,75%), Oeste de Minas (9,89%), Sul de Minas (19,36%) e Campo dos Vertentes (4,29%)
- Paraná (85,70% de adoção)
 - Londrina (verão) – Norte Central Paranaense (5,06%), Norte Pioneiro Paranaense (5,15%), Sudoeste Paranaense (9,04%), Sudeste Paranaense (7,57%)
 - Londrina (safrinha) – Norte Central Paranaense (7,22%), Metropolitana de Curitiba (6,11%)
 - Cascavel (verão) – Oeste Paranaense (6,39%), Centro Ocidental Paranaense (2,50%), Centro Oriental Paranaense (6,95%)

- Cascavel inverno –Oeste Paranaense (12,42%), Centro Ocidental Paranaense (6,40%)
- Guarapuava – Centro-Sul Paranaense (10,90%)
- Rio Grande do Sul (51,91% de adoção)
 - Ijuí – Noroeste Rio-grandense (39,41%)
 - Lagoa Vermelha – Nordeste Rio-grandense (12,50%)
- Mato Grosso do Sul (65,80%)
 - Chapadão do Sul (verão) – Leste de Mato Grosso do Sul (6,15%)
 - Maracajú e Caarapó (safrinha) – Sudoeste (59,66%)
- Mato Grosso (87,45%)
 - Sorriso (safrinha) – Norte Mato-grossense (65,01%)
 - Primavera do Leste – Sudeste Mato-grossense (17,44%)
 - Média ponderada de ambos – Outras regiões com safrinha (4,25%)

Por fim, nos estados de São Paulo, Santa Catarina e Goiás, são utilizados os levantamentos de custos realizados nos municípios de Assis, Campos Novos e Rio Verde, respectivamente. Para o Distrito Federal são utilizados os dados de redução de custo levantados no município de Rio Verde em Goiás.

Também será necessário organizar os dados originais da pesquisa de Ferreira Filho et al. (2008) para obter setores compatíveis com a agregação do modelo. Os produtos químicos utilizados no modelo estão incluídos no agregado denominado de OutQuímicos, sendo que para o setor de milho corresponde a produtos como pesticidas, fungicidas, herbicidas e corretivos para solo. Fertilizantes não são considerados, pois encontram-se desagregados no modelo com o nome de adubos. Para obter a redução no custo proveniente de produtos químicos foram agregados herbicidas, fungicidas, inseticidas, tratamento de sementes e adjuvantes existentes na pesquisa de Ferreira Filho et al. (2008), de forma a corresponder aos mesmos elementos do setor de OutQuímicos.

Outra alteração realizada foi nos tratos culturais. De acordo com os dados primários da pesquisa, observa-se que, ao introduzir o milho Bt11, ocorre uma redução nos custos com tratos culturais, dos quais 80% correspondem a combustível e 20% referem-se a lubrificantes e afins. Dessa forma, se em determinada região ocorrer 50% de redução nos custos com tratos culturais, haverá uma redução de 40% nos custos com combustível, denominado no modelo de óleo

combustível (OleoCombust) e 10% com lubrificantes e afins, denominado no modelo de outros refinos de petróleo (OutRefPetrol).

Para simular os impactos econômicos da adoção de milho Bt11, serão realizados choques de redução de custos com mão-de-obra e alguns insumos (outros químicos, óleo combustível, outros refinos de petróleo, comércio e transporte). Ainda, conforme já ressaltado, será realizado um choque de aumento de produtividade de 10% para as regiões que adotarem milho GM, ou seja, para cada unidade produzida com sementes GM haverá uma redução de 10% (ponderada pela taxa de adoção) em todos os insumos utilizados pela indústria de milho.

Observa-se na Tabela 3 que o aumento no custo de comércio e transporte, de forma geral, é proporcional ao aumento da produtividade. Todavia, em algumas regiões, como em Barreiras (BA) e Chapadão do Sul (MS), não se observa variação nos custos com transporte, pois o produto é armazenado na própria fazenda. Nos estados onde o aumento no custo com comércio é inferior ao aumento da produtividade observa-se que em algumas regiões as cooperativas não cobram nada dos produtores para o período que o milho fica armazenado.

As alterações nos custos, observadas na Tabela 3, levam em consideração a redução de 100% no uso de inseticidas e o aumento de 10% na produtividade, proveniente da parte que não será danificada pelos insetos, em virtude da adoção de sementes de milho resistentes a inseticidas. Essas características foram adotadas no estudo de Ferreira Filho et al. (2008) e referem-se ao milho GM resistente a insetos, evento denominado Bt11.

Tabela 3 – Taxa de adoção do milho GM e reduções nos custos por setor e estado a serem utilizados nas simulações (em %)

	Adoção	OleoCombust	OutRefPetrol	OutQuímicos	Comércio	Transportes	Produtividade	Trabalho
Pará	16,80	-6,48	-1,62	-6,10	1,68	0,00	1,68	-1,01
Tocantins	3,95	-1,52	-0,38	-1,43	0,39	0,00	0,39	-0,24
Maranhao	3,29	-1,27	-0,32	-1,20	0,33	0,00	0,33	-0,20
Piauí	3,93	-1,52	-0,38	-1,43	0,39	0,00	0,39	-0,24
Bahia	18,07	-6,97	-1,74	-6,56	1,81	0,00	1,81	-1,09
Minas	71,38	-16,35	-4,09	-21,03	7,14	7,14	7,14	-11,72
Espírito Santo	7,60	-2,93	-0,73	-2,76	0,76	0,00	0,76	-0,46
Rio de Janeiro	3,88	-1,50	-0,37	-1,41	0,39	0,00	0,39	-0,23
São Paulo	66,18	-26,47	-6,62	-10,12	6,62	6,62	6,62	-12,15
Paraná	85,70	-37,04	-9,26	-22,97	0,00	8,57	8,57	-15,83
Santa Catarina	80,86	-18,40	-4,60	-13,98	0,00	8,09	8,09	-3,74
Rio G. do Sul	51,91	0,00	0,00	-7,47	1,25	5,19	5,19	0,00
Mato G.do Sul	65,80	-17,69	-4,42	-17,61	6,58	5,97	6,58	-12,01
Mato Grosso	87,45	-51,82	-12,95	-30,63	8,67	8,67	8,67	-7,03
Goiás	88,09	-20,85	-5,21	-19,88	8,81	8,81	8,81	-6,85
Distrito Federal	100,00	-23,67	-5,92	-22,57	10,00	10,00	10,00	-7,78

Fonte: Elaborado com base em Ferreira Filho et al. (2008)

Nota: Simulação das alterações nos custos provenientes da redução de 100% no uso de inseticidas e 10% de aumento da produtividade.

Como o milho foi definitivamente liberado em 2008, ainda não se encontra no Brasil sementes de milho GM produzida no país, e, portanto, não se sabe ao certo quanto será seu preço, devido à inovação tecnológica introduzida. Todavia, informações coletadas no mercado mostram uma tendência das empresas de biotecnologia instaladas no Brasil de cobrarem um valor semelhante às reduções nos custos com insumos proporcionados pelas sementes GM. Dessa forma, será utilizada a hipótese de que o aumento no custo com semente será proporcional à redução nos custos com insumos decorrentes dessa inovação tecnológica em cada região, sendo, para o produtor, a única vantagem o aumento na produtividade e a redução na mão-de-obra. Todavia, opta-se por realizar os choques de redução de custos de insumos e aumento do preço da semente ao invés de simplesmente anulá-los, pois estes atuam de forma distinta no modelo⁵⁰.

Não serão analisadas mudanças nas preferências dos consumidores, nem diferenciação no preço do milho convencional e GM. Para haver reação dos consumidores, esses deveriam ser capazes de diferenciar o produto GM do convencional. Em grãos é possível realizar testes, não sendo necessário rastrear o produto, porém para animais alimentados com produtos GM, ou

⁵⁰ Pressupor que o valor total economizado com insumos corresponda ao valor total pago pela tecnologia utilizada, corresponde a um aumento de 145% em relação à semente convencional no cenário I.

alimentos processados, como óleo de milho, não é possível a identificação por meio de testes, sendo necessário rastrear toda a cadeia produtiva. Isso exigiria intensa fiscalização do governo e órgãos responsáveis. Mesmo que fosse possível todo esse processo, não se sabe ao certo quanto os consumidores estão dispostos a pagar a mais por isso, principalmente a indústria de ração e os exportadores. Todavia, determinados países poderiam partir do pressuposto de que todo o milho produzido no país é suspeito de ser GM e logo proibir as importações de milho proveniente do Brasil. Porém, como visto, a maioria dos importadores vem aceitando bem o milho GM, e não observa-se nenhuma perda de mercado nos países que já adotam essa tecnologia.

De posse desses dados, serão simulados dois cenários:

- Cenário I: todas as áreas plantadas com milho no Brasil que possuem produtividade acima da média nacional irão adotar milho Bt11, conforme apresentado na Tabela 3;
- Cenário II: o estado do Paraná não adota milho Bt11, devido à resistência às culturas GM, já que em 2003 este estado decretou a lei nº 14162, que veda o cultivo, manipulação, industrialização e comercialização de organismos GM⁵¹.

As análises desses cenários poderão ser bastante úteis para compreender o processo que ocorre quando uma região se abstém da adoção de produtos GM, enquanto as regiões no entorno usufruem dos benefícios da adoção, e o produtor convencional não obtém nenhuma vantagem adicional, como por exemplo, preços diferenciados. Cenário este parecido com o que vem ocorrendo no Brasil desde a adoção de milho GM na Argentina.

⁵¹ A lei estadual nº 14162/03 do Paraná foi declarada inconstitucional pelo Supremo Tribunal Federal por estar contra a norma federal nº 8974/95. Maiores informações podem ser encontradas no informativo de Flavia Scarpinella Bueno, disponível em: <http://www.correiadasilva.com.br/pdf/info_amb/infoamb11.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2008

4 RESULTADOS

4.1 Cenário I: adoção de milho GM no Brasil

No Cenário I, é simulada uma taxa de adoção de aproximadamente 60% da área plantada com milho no Brasil. A distribuição da produção e o percentual adotado em cada região podem ser visualizados na Tabela 4, junto com o resultado agregado. Neste cenário observa-se aumento do PIB brasileiro, sendo maior para os estados que adotaram milho Bt11 e para as regiões mais dependentes dos setores relacionados com o milho, conforme esperado. Na região Sul, por exemplo, em que a taxa de adoção e a participação da agricultura no PIB é elevada, o crescimento foi de 0,28% no PIB. Analisando apenas o estado do Paraná, ocorre um aumento de 0,62% no PIB estadual devido à introdução do milho Bt11.

A adoção da inovação tecnológica no setor de milho reduz o preço do milho e dos produtos a jusante da sua cadeia produtiva. Conseqüentemente, observa-se um crescimento das exportações, que aumenta ainda mais com a expansão do nível de atividade. Por outro lado, com menor intensidade, o aumento no salário real médio aumenta o consumo de produtos nacionais e importados. Como a variação no saldo da balança comercial é mantida fixa em relação ao PIB no fechamento, ocorre inicialmente um *superávit* na balança comercial sendo necessário apreciar a moeda doméstica corrente (redução da taxa de câmbio) elevando as importações e dificultando as exportações⁵². Esta apreciação da moeda doméstica, que é correspondente ao índice de preço das importações, acaba sendo inferior ao índice de preço dos produtos exportados.

A variação no emprego agregado (nacional) é nula, devido ao fechamento realizado, sendo a redução de mão-de-obra no setor de milho compensado pelo aumento no nível de atividade de setores a jusante da sua cadeia produtiva, ou realocada para a região Sul, onde o aumento no nível de atividade foi maior (Tabela 4).

Como o choque simula a adoção de uma tecnologia poupadora de mão-de-obra, é possível existir redução nos postos de trabalho em algumas regiões mesmo com aumento do PIB, como ocorre, por exemplo, no Centro Oeste. Entretanto, cabe ressaltar que o aumento no salário real

⁵² A redução da taxa de câmbio ocorre, pois o choque de inovação tecnológica poupa mão-de-obra, sendo que o aumento no salário real médio ocorre devido ao aumento no nível de atividade nos setores a jusante da cadeia produtiva do milho. Dessa forma, o aumento das exportações é maior que o aumento na importação. No trabalho de Santos (2006), uma redução nos impostos de produtos agrícolas aumenta o consumo das famílias, diminuindo a exportação desses produtos, com isso ocorre um *déficit* na balança comercial e aumento da taxa de câmbio.

médio ocorre em todas as regiões, uma vez que o crescimento no salário real em algumas regiões atrai mão-de-obra de outras regiões onde há retração no nível de atividade. Além disso, como o modelo é de longo prazo, admite-se que os desempregados na agricultura serão admitidos em outros setores, como o de serviços, onde a remuneração é maior.

Tabela 4 – Cenário I: efeitos de longo prazo sobre os principais agregados macroeconômicos - Brasil e grandes regiões - (em %)

Valor total produzido em 2001 (%)	100,00	3,11	5,91	16,09	21,31	53,58	27,53
Adoção (%)	60,36	10,32	6,08	82,12	67,29	74,40	85,70
	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Indicadores Agregados							
PIB real	0,06	-0,05	-0,01	0,14	0,01	0,28	0,62
Taxa de câmbio	-0,04	X	X	X	X	X	X
Demanda Agregada							
Consumo real das famílias	0,10	-0,01	0,08	0,04	0,09	0,21	0,47
Estoque de capital	-0,02	-0,13	-0,05	-0,02	-0,04	0,08	0,28
Volume de exportação	0,04	-0,23	-0,31	-0,40	-0,30	0,77	2,38
Volume de importação	0,04	-0,03	0,09	0,04	0,04	0,07	0,24
Mercado de trabalho							
Emprego	-	-0,06	-0,01	-0,03	-0,01	0,05	0,18
Salário real médio	0,08	0,03	0,08	0,05	0,08	0,13	0,26
Preços							
Índice de preços ao consumidor	-	-0,03	0,01	-0,01	0,00	0,01	0,07
Índice de preços das importações	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Índice de preços das exportações	-0,07	0,01	0,02	0,03	0,00	-0,23	-0,61

Fonte: Dados da pesquisa.

As variações macroeconômicas decorrentes da introdução do milho Bt11 não ocupam grandes destaques, visto que a participação dos setores inter-relacionados na cadeia de comercialização do milho é pequena em relação aos demais setores analisados, representando em torno de 8,5% do PIB nacional em 2001. Porém, cabe analisar criteriosamente os impactos da adoção de milho Bt11 nos diversos setores ligados direta e indiretamente com o setor de milhos e qual o efeito sobre as regiões brasileiras.

Com a introdução do milho Bt11 no Brasil, ocorre uma redução de 9,37% nos custos totais do setor de milho, já considerando a diferença no preço da semente convencional e GM. As variações nos custos de produção de cada setor acompanham a variação do preço do milho de sua região que, por sua vez, depende da taxa de adoção de milho Bt11. O Distrito Federal, por exemplo, possui a maior taxa de adoção (100%) e a maior redução no custo de produção do setor

de milho (-12,48%). Todavia, cabe destacar que o aumento da demanda por milho em uma região pode amenizar a queda no preço, como ocorre por exemplo, na região Sul, onde a concentração de indústrias que consomem milho é elevada, mantendo o preço do milho superior ao da região Sudeste, que possui uma taxa de adoção do milho Bt11 inferior.

A redução no preço do milho aumenta a demanda pelo produto e incentiva o aumento do nível de atividade do setor. Este, por sua vez, demanda mais insumos, forçando o aumento de preço dos insumos utilizados pelo setor. Apesar de não estar representado nas tabelas, o preço básico do adubo aumenta nos estados de Mato Grosso, São Paulo e Paraná. Neste último estado o aumento é significativo, e consome parte das economias no custo de produção provenientes da introdução do milho Bt11.

As alterações no custo total de produção nos setores selecionados, encontram-se na Tabela 5. Nos setores que utilizam o milho como insumo, o custo tende a cair, sendo essa redução proporcional à quantidade percentual de milho utilizada em cada setor. Nos demais setores, a jusante da cadeia produtiva do milho, a redução nos custos vai depender do percentual adquirido. Dessa forma, os setores de suínos e aves vivas, que consomem milho diretamente, apresentam 1,74% e 1,42% de redução no custo total, respectivamente. Os setores que demandam produtos que utilizam milho, como abate de aves e abate de outros animais apresentam redução no custo total inferior aos setores que consomem milho, 0,83% e 0,26%, respectivamente⁵³. Portanto, como a região Centro-Oeste obteve a maior redução no preço no milho, também são observadas variações maiores nos preços dos setores, a jusante da sua cadeia produtiva, em relação às outras regiões onde a redução no preço do milho foi menor.

Para os demais setores que não utilizam milho direta ou indiretamente, ou que utilizam uma proporção muito pequena, o custo de produção tende a subir devido à elevação nos preços dos fatores de produção. Destaca-se, neste caso, que a redução no custo de produção no setor de bovinos só ocorreu na região Centro-Oeste, pois a demanda por milho na região não foi muito intensa, permitindo que o preço do milho caísse mais do que o observado em outras regiões. Com isso, o aumento no nível de atividade do setor de milho na região Centro-Oeste não foi suficiente para encarecer muito a mão-de-obra e a terra, possibilitando a redução no preço de bovinos na região, mesmo utilizando uma porcentagem pequena de milho.

⁵³ O setor de abate de outros animais demanda 52,3% de bovinos e 13,6% de suínos em relação ao seu gasto total com bens intermediários.

Tabela 5 – Cenário I: variação nos índices de custo total, devido à introdução de milho GM - grandes regiões - (em %)

Setor de atividade	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Soja em grão	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,01	0,00	0,02
Milho em grão	-9,37	-3,47	-2,88	-11,27	-11,35	-9,07	-10,96
Bovinos	0,01	0,00	0,01	-0,01	0,00	0,05	0,07
Suínos	-1,74	-1,29	-1,23	-1,91	-2,00	-1,69	-1,85
Leite natural	-0,08	-0,05	0,00	-0,13	-0,12	0,00	0,09
Aves vivas	-1,42	-0,94	-1,01	-1,69	-1,72	-1,29	-1,47
Outros produtos agropecuários	0,05	0,02	0,04	0,04	0,06	0,06	0,18
Refino de petróleo	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05	0,10
Químicos diversos e fármacos	0,03	0,01	0,04	0,02	0,03	0,05	0,11
Fabricação de calçados	0,01	0,00	0,04	0,00	0,02	-0,01	0,11
Beneficiamento de produtos vegetais	-0,09	-0,04	-0,01	-0,14	-0,12	-0,07	-0,04
Abate de aves	-0,83	-0,48	-0,52	-0,99	-0,97	-0,77	-0,84
Abate de outros animais	-0,26	-0,25	-0,23	-0,28	-0,28	-0,22	-0,21
Outras indústrias de alimentos	-0,17	-0,15	-0,04	-0,23	-0,19	-0,17	-0,11
Fabricação de óleo vegetal	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,08

Fonte: Dados da pesquisa.

Com a redução no custo de produção de alguns setores, as famílias poderão adquirir produtos como leite natural, farinha de milho (beneficiamento vegetal) e, principalmente, carnes a um preço menor. Os produtos que apresentaram elevação de preço para as famílias foram outros produtos agropecuários, produtos de couro e calçados e óleo vegetal, que é constituído, basicamente de óleo de soja. O preço nesses setores sobe devido ao aumento do aluguel da terra, dos salários e em alguns casos, dos insumos utilizados. As famílias do Centro-Oeste foram as mais beneficiadas, pois a elevada redução no preço do milho foi repassada para os preços de diversos produtos adquiridos pelas famílias (Tabela 6).

Tabela 6 – Cenário I: variação nos preços, para as famílias, devido à introdução do milho GM - grandes regiões - (em%)

Produto	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Leite natural	-0,02	-0,03	0,01	-0,11	-0,08	0,04	0,12
Outros produtos agropecuários	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05	0,07	0,13
Produtos de couro e calçados	0,02	0,01	0,04	0,01	0,01	0,02	0,06
Beneficiamento vegetal	-0,04	-0,05	-0,01	-0,10	-0,08	-0,04	-0,01
Carne bovina	-0,19	-0,19	-0,18	-0,20	-0,20	-0,18	-0,14
Carne suína	-0,24	-0,24	-0,22	-0,29	-0,28	-0,21	-0,21
Carne de aves abatidas	-0,67	-0,64	-0,64	-0,80	-0,73	-0,69	-0,75
Óleo vegetal refinados	0,04	0,04	0,06	0,01	0,04	0,02	0,04

Fonte: Dados da pesquisa.

Em decorrência da redução do preço, as famílias aumentarão o consumo. Embora as maiores taxas de redução de preços tenham ocorrido no Centro-Oeste, os resultados do modelo mostram uma variação maior no consumo das famílias da região Sul do país, em função do aumento na quantidade de postos de trabalho (emprego) e no salário real médio (Tabela 7).

Na região Norte, apesar do pequeno aumento no consumo de carnes em geral, vale ressaltar que essa foi a única região com redução geral no consumo das famílias, uma vez que ocorre desemprego, e o aumento no salário é inferior as demais regiões. Convém observar, que essa variação é relativamente pequena, pois na região Norte o setor de milho, bem como os demais setores, a jusante da sua cadeia produtiva, possuem uma pequena participação no PIB dos estados dessa região.

Tabela 7 – Cenário I: variação no consumo das famílias, devido à introdução de milho GM - grandes regiões - (em %)

Produto	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Leite natural	0,04	0,00	0,05	0,03	0,05	0,10	0,21
Outros produtos agropecuários	0,03	-0,01	0,04	0,00	0,02	0,11	0,25
Produtos de couro e calçados	0,07	-0,03	0,09	0,03	0,07	0,28	0,58
Beneficiamento vegetal	0,02	0,00	0,03	0,02	0,03	0,07	0,14
Carne bovina	0,08	0,04	0,10	0,06	0,09	0,17	0,33
Carne suína	0,10	0,04	0,11	0,08	0,10	0,19	0,35
Carne de aves abatidas	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,08	0,13
Óleo vegetal refinados	0,01	-0,01	0,01	0,00	0,01	0,06	0,12
Outros Alimentos e Bebidas	0,05	0,02	0,06	0,04	0,06	0,13	0,23

Fonte: Dados da pesquisa.

Em todos os estados, verifica-se um aumento nas exportações de milho, todavia, 99% delas são provenientes da região Sul, observando-se no Paraná a maior variação nas exportações (44,6%). No Rio Grande do Sul, a variação nas exportações é de apenas 24,6%, devido à baixa adoção de milho Bt11 simulada, em relação aos outros estados da região Sul. Os produtos com as maiores quedas nos preços tiveram os maiores aumentos na quantidade exportada. Como as exportações de suínos, bovinos e aves vivas são ínfimas, esses setores não são considerados nessa análise. No entanto, o Brasil é um grande exportador de carnes, e esse setor é bastante beneficiado com a introdução do milho Bt11, visto que ocorre um aumento de 3% apenas nas exportações de carne de aves. As exportações de carne bovina e suína também aumentam, porém em menor proporção (Tabela 8).

Por outro lado, em setores que apresentam aumento no custo de produção, como no setor de soja, ocorre redução nas exportações, devido à elevação no preço e valorização cambial. Com isso produtos derivados também incorreram em redução nas exportações como, por exemplo, o óleo vegetal.

Tabela 8 – Cenário I: variação na exportação, devido à introdução de milho GM, Brasil e Paraná (em %)

Produtos	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Soja em grão	-0,24	-0,17	-0,17	-0,19	-0,21	-0,24	-0,36
Milho em grão	40,91	14,82	15,07	48,07	41,08	36,93	44,61
Outros produtos agropecuários	-0,32	-0,26	-0,38	-0,39	-0,42	-0,51	-0,75
Extração mineral, siderurgia, petróleo e gás	-0,44	-0,42	-0,46	-0,43	-0,44	-0,56	-0,70
Máquinas equipamentos e tratores	-0,36	-0,42	-0,47	-0,45	-0,40	-0,58	-0,87
Eletroeletrônico	-0,43	-0,44	-0,49	-0,45	-0,43	-0,57	-0,77
Automóveis, veículos e peças	-0,79	-0,77	-0,82	-0,82	-0,79	-0,94	-1,20
Madeira e mobiliário	-0,56	-0,44	-0,63	-0,55	-0,56	-0,77	-1,11
Papel e celulose	-0,32	-0,30	-0,33	-0,31	-0,30	-0,42	-0,56
Elementos químicos	-0,28	-0,28	-0,30	-0,27	-0,28	-0,35	-0,47
Óleo combustível	0,10	0,09	0,15	0,08	0,06	0,22	0,66
Outros refinos de petróleo	-0,38	-0,33	-0,47	-0,34	-0,41	-0,60	-1,02
Outros químicos	-0,17	-0,20	-0,26	-0,13	-0,22	0,09	0,69
Têxtil e vestuário	-0,46	-0,49	-0,48	-0,44	-0,40	-0,58	-0,76
Produtos de couro e calçados	-0,48	-0,50	-0,78	-0,45	-0,52	-0,62	-0,93
Beneficiamento vegetal	0,21	0,02	-0,12	0,27	0,16	0,01	-0,13
Carne bovina	0,68	0,66	0,62	0,71	0,69	0,59	0,42
Carne suína	0,82	0,89	0,81	1,11	1,03	0,76	0,76
Carne de aves abatidas	3,00	2,64	2,61	3,32	3,06	2,86	3,11
Óleo vegetal em bruto	-0,16	-0,12	-0,10	-0,30	-0,21	-0,41	-0,57
Outros Alimentos e Bebidas	0,44	0,39	0,08	0,68	0,51	0,53	0,23

Fonte: Dados da pesquisa.

Como ressaltado, as inovações tecnológicas reduzem o custo de produção no setor de milho, portanto, diversos setores que utilizam o milho como insumo também apresentam redução no custo de produção que, por sua vez, é repassado para o preço de seus produtos. A redução no preço provoca um crescimento da demanda tanto interna, quanto externa, proporcionando um aumento nas exportações e no consumo das famílias. Com isso, há um crescimento do nível de atividade de setores inter-relacionados na cadeia de comercialização do milho, inclusive do próprio setor de milho, cujo aumento no nível de atividade no Brasil atinge 7,69%. Essa elevação é impulsionada pelos estados com alta taxa de adoção de milho Bt11, ou seja, todos os estados do Sul e do Centro-Oeste, além de São Paulo e Minas Gerais, no Sudeste.

Dentre esses estados, o Paraná é o que apresenta o maior crescimento no nível de atividade (21,24%). Contudo, convém ressaltar que esse aumento não é apenas devido à taxa de adoção ser elevada, mas também devido à demanda por milho na região ser maior em relação as outras regiões. Dessa forma, uma redução relativamente menor nos preços do milho é capaz de gerar uma demanda maior pelo produto, se comparado com outras regiões. No Paraná também é observada a maior elevação no nível de atividade no setor de aves. Entretanto, a maior variação no aumento do nível de atividade no setor de suínos ocorre na região Centro-Oeste (Tabela 9), apesar de a maior variação absoluta ocorrer na região Sul, visto que concentrava 73% do valor produzido pelo setor de suínos em 2001.

Tabela 9 – Cenário I: setores que apresentam maior crescimento no nível de atividade - Brasil e grandes regiões - (em %)

Setor de atividade	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Soja em grão	-0,07	-0,04	-0,03	-0,03	0,00	-0,12	-0,22
Milho em grão	7,69	-10,02	-7,23	6,58	2,82	12,64	21,24
Bovinos	0,20	0,10	0,06	0,26	0,28	0,11	0,07
Suínos	0,36	-2,00	-1,71	1,16	0,93	0,23	0,69
Leite natural	0,16	0,06	0,04	0,18	0,19	0,17	0,20
Aves vivas	0,80	-1,22	-0,89	1,02	0,74	0,84	1,08
Outros produtos agropecuários	0,06	0,09	0,03	0,11	0,07	0,02	-0,22
Refino de petróleo	-0,02	-0,10	-0,02	-0,40	-0,01	-0,04	0,04
Químicos diversos e fármacos	0,04	-0,32	-0,08	-0,19	0,04	0,26	1,13
Fabricação de calçados	-0,31	-0,25	-0,29	-0,27	-0,33	-0,30	-0,21
Beneficiamento de produtos vegetais	0,13	-0,08	-0,04	0,21	0,17	0,10	0,06
Abate de aves	0,63	-1,76	-1,34	0,56	0,26	0,86	0,89
Abate de outros animais	0,21	0,09	0,02	0,25	0,28	0,20	0,15
Outras indústrias de alimentos	0,22	0,10	0,01	0,25	0,25	0,27	0,28
Fabricação de óleo vegetal	0,05	0,00	0,00	0,07	0,05	0,08	0,10
Serviços prestados às famílias	0,62	0,95	0,83	0,88	0,55	0,70	0,86

Fonte: Dados da pesquisa.

Os setores que apresentam aumento no nível de atividade demandam mais mão-de-obra, compensando o desemprego ocasionado pela introdução do milho Bt11. Nos estados onde se observa redução no nível de atividade, a mão-de-obra ociosa é alocada para os estados onde ocorre o movimento inverso. Como o nível de atividade em diversos setores, a jusante da cadeia produtiva do milho no Paraná e em Santa Catarina, cresceu muito em relação aos demais estados, estes estados acabam atraindo mão-de-obra. Todavia, alguns estados do Nordeste também atraem mão-de-obra, porém para o setor de serviços das famílias, como o Ceará, Paraíba, Pernambuco e

Sergipe. Por outro lado, os estados do Centro-Oeste, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia reduzem os postos de emprego pois, apesar do aumento no nível de atividade no setor de milho, o desemprego causado pela inovação tecnológica não é suprido pela demanda por mão-de-obra em outros setores.

Na região Sul, apesar da introdução do milho Bt11 causar desemprego, a redução no preço do milho aumenta muito a demanda pelo produto, incentivando a produção. Com isso, o setor acaba aumentando a demanda por mão-de-obra, numa quantidade similar ao desemprego gerado pela inovação tecnológica. Mas, como a redução no preço do milho incentiva o aumento na produção de outros setores, a região absorve mais mão-de-obra do que a desempregada no começo do processo. No Paraná, por exemplo, apenas o aumento na produção de milho mais que compensa o desemprego causado pela introdução do milho Bt11 (Tabela 10).

Tabela 10 – Cenário I: variação do nível de emprego em setores selecionados, devido à introdução de milho GM, grandes regiões - (em %)

Sector de atividade	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Soja em grão	-0,12	-0,05	-0,04	-0,05	-0,01	-0,22	-0,41
Milho em grão	-5,97	-13,71	-10,31	-8,72	-14,22	-0,94	2,02
Bovinos	0,24	0,12	0,07	0,32	0,34	0,09	0,02
Suínos	0,46	-2,66	-2,32	1,56	1,23	0,26	0,84
Leite natural	0,18	0,07	0,04	0,20	0,21	0,18	0,19
Aves vivas	1,00	-1,58	-1,18	1,32	0,95	1,05	1,33
Outros produtos agropecuários	0,07	0,11	0,03	0,13	0,09	0,02	-0,33
Refino de petróleo	-0,06	-0,10	-0,04	-0,40	-0,06	-0,09	-0,08
Químicos diversos e fármacos	0,03	-0,32	-0,11	-0,20	0,02	0,24	1,06
Fabricação de calçados	-0,32	-0,25	-0,31	-0,27	-0,35	-0,31	-0,28
Beneficiamento de produtos vegetais	0,12	-0,08	-0,05	0,21	0,16	0,08	0,01
Abate de aves	0,61	-1,75	-1,36	0,56	0,25	0,84	0,84
Abate de outros animais	0,20	0,10	0,01	0,25	0,26	0,17	0,08
Outras indústrias de alimentos	0,20	0,11	-0,01	0,25	0,23	0,24	0,21
Fabricação de óleo vegetal	0,02	0,00	-0,03	0,07	0,03	0,04	0,00
Serviços prestados às famílias	0,62	0,95	0,83	0,88	0,54	0,70	0,85

Fonte: Dados da pesquisa.

Apesar de a redução no custo total com mão-de-obra ser equivalente à redução observada nos custos com insumos⁵⁴, ao se adotar milho Bt11 no Brasil, os resultados são bastante

⁵⁴ No cenário I, a redução na mão-de-obra é de 75,4 milhões de reais em todo o país, enquanto a redução em produtos químicos, óleo combustível e outros refinados de petróleo, subtraindo o aumento em comércio e transporte, correspondem a 81,76 milhões de reais em 2001.

divergentes em relação à alocação de emprego, consumo das famílias e nível de atividade. A redução na quantidade utilizada de produtos químicos, óleo combustível e outros refinos de petróleo, bem como o aumento nos gastos com comércio e transporte quase não geram modificações nesses setores, pois são setores grandes que não dependem do consumo do setor de milho. Neste caso, o setor mais afetado é o próprio setor de milho, porém como se admite, por hipótese, que a redução de custo com insumos é destinada a pagar pela tecnologia utilizada, os impactos se anulam.

Dentre os choques realizados, o resultado de maior expressão refere-se ao aumento de produtividade, seguido pela redução da mão-de-obra. Todavia, enquanto o choque de aumento de produtividade consegue reduzir o custo total do setor de milho em 7,13%, o choque de redução nos custos com mão-de-obra reduz apenas 2,25% dos custos de produção no setor de milho.

Para efeito de comparação, os resultados encontrados por Fancelli (2002), bem como os obtidos nesta dissertação estimam ganhos consideráveis com a introdução do milho resistente a insetos. Fancelli (2008) estima que os benefícios diretos e indiretos da introdução de milho resistente a insetos seriam em torno de 1,2 bilhões de dólares, enquanto os resultados encontrados nesta dissertação sugerem que os ganhos obtidos na economia brasileira sejam em torno de 700 milhões de reais⁵⁵, considerando que esses benefícios sejam equivalentes ao aumento do PIB no Brasil em 2001, como se observa no Cenário I.

Como visto, portanto, a introdução do milho Bt11 terá um efeito positivo no longo prazo, não apenas no setor de milho, como também nos setores inter-relacionados na sua cadeia de comercialização. A redução no custo desses setores atinge as famílias, que poderão adquirir esses produtos a custos mais baixos, aumentando o consumo, principalmente, de carnes. Por outro lado, o aumento da demanda, não só interna como externa, incentiva o aumento da oferta e, por consequência, do emprego nas regiões em que os setores afetados exercem maior participação no PIB, como, por exemplo, na região Centro-Oeste e sobretudo no Sul do país.

Considerando, portanto, que a introdução de lavouras de milho Bt11 no Brasil não proporcionará mudanças nas relações comerciais internacionais, o presente trabalho apresenta resultados similares aos trabalhos de Elbehri e Macdonald (2004), Hareau (2006), Gruère, Bouët e Mevel (2007) que também utilizaram modelos de equilíbrio geral para analisar os impactos da

⁵⁵ Em geral, o aumento no PIB de uma região costuma ser bem inferior em modelos de equilíbrio geral, uma vez que são descontadas as perdas nos setores que não estão diretamente envolvidos com o setor analisado.

adoção de lavouras GM. Apesar destes trabalhos terem como foco a análise de outras culturas GM, de maneira geral a introdução de qualquer lavoura GM gera aumento na produção, na exportação e no bem-estar⁵⁶ da população.

Todavia, devido aos pressupostos utilizados no modelo, mesmo havendo adoção de milho Bt11 em algumas regiões do Nordeste, o nível de atividade do setor de milho nessa região sofre retração, não sendo esperado no longo prazo aumento na produção, contrariando as estimações feitas por Borchgrave (2002). Isso decorre do fato de que as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste têm mais acesso a essa inovação tecnológica, obtendo vantagens competitivas em relação à região Nordeste, ou seja, o Nordeste acaba se tornando mais dependente do milho de outras regiões.

4.2 Cenário II: adoção de milho GM no Brasil, exceto Paraná

O Cenário II, conforme descrito na metodologia, analisa as conseqüências que a criação de uma lei proibindo o cultivo de milho GM no estado do Paraná, assim como ocorreu com a soja em 2003, pode gerar para todo o Brasil, e em especial para o estado do Paraná.

Neste caso, admite-se na simulação que o Paraná possui uma taxa de adoção nula. Com isso a adoção simulada na Região Sul do Brasil reduz de 74,70%, no Cenário I, para 29,58%, no Cenário II. A taxa de adoção no Brasil também sofre redução: no Cenário I, 60,36% da área plantada com milho é GM, enquanto no Cenário II passa a ser 40,79% (Tabela 11).

Na Tabela 11, além das taxas de adoção por região, encontram-se os resultados macroeconômicos do Cenário II. A adoção de lavouras de milho Bt11 aumenta o PIB nacional em 0,03%. Esse aumento corresponde à metade da variação percentual observada no Cenário I, e reflete-se no consumo das famílias, que no Cenário II aumenta apenas 0,06%, enquanto no Cenário I o aumento é de 0,10%. Essa queda nos índices nacionais ocorre devido à retração sofrida na região Sul, principalmente no Paraná, que era responsável por 27,5% do valor total produzido pelo setor de milho no Brasil em 2001. A região Sul, mesmo sem a adoção do milho Bt11 no Paraná, consegue um aumento no PIB significativo em relação às outras regiões (0,04%), porém menor que no Cenário I (0,28%). O estado do Paraná, ao invés dos 0,62% de crescimento

⁵⁶ Bem-estar neste trabalho se refere ao aumento nos postos de trabalho nas regiões que adotam lavouras GM, além de aumento no salário real médio e no consumo das famílias,

no PIB, passa a ter uma redução de 0,12% com a não-adoção de milho Bt11. Todavia, as demais regiões são beneficiadas no Cenário II, principalmente as regiões Centro-Oeste e Sudeste.

Com a não-adoção do milho Bt11 no Paraná (Cenário II), a redução na variação de estoque de capital é menor na região Sudeste, e o destino provável deixa de ser o Sul, com exceção do estado de Santa Catarina, para ser aplicado na região Centro-Oeste.

A região Centro-Oeste, além de se beneficiar com a não-alteração da taxa de câmbio, passa a receber capital oriundo de todas as regiões. O aumento no estoque de capital na região Centro-Oeste induz o aumento no nível de atividade, aumentando a demanda por mão-de-obra e o salário real médio, fazendo o PIB da região crescer e a variação no consumo das famílias mais do que dobrar em relação ao Cenário I.

A saída de capital na região Sul faz com que a mão-de-obra, que antes se deslocava de todas as regiões para o Sul, no Cenário II saia do Sul e do Norte para o Centro-Oeste e Sudeste. O aumento no PIB induz a demanda por mão-de-obra, como o emprego nacional é mantido fixo no fechamento do modelo e existe mobilidade inter-regional da mão-de-obra os salários se elevam em todas as regiões, porém menos que no Cenário I. O Centro-Oeste, se torna a região com maior crescimento no nível de atividade, tomando o lugar da região Sul na atração de mão-de-obra e, portanto, pagando salários mais elevados em relação ao Cenário I.

O consumo das famílias continua reduzindo apenas na região Norte, mesmo com forte retração no consumo das famílias no estado do Paraná (0,17%). O volume das exportações continua apresentado variações positivas apenas nos estados da região Sul, porém com menos intensidade que no Cenário I, pois a redução no preço do milho é inferior. Neste Cenário, a redução do preço no setor de milho e setores a jusante não gera aumento na demanda externa suficiente para alterar a taxa de câmbio.

O IPC não sofre grandes oscilações nas regiões, sendo observada uma inversão no sinal do IPC entre a região Sul e Centro-Oeste. No Cenário I, houve um crescimento no IPC da região Sul e uma redução na região Centro-Oeste, no Cenário II, como ocorre desemprego na região Sul, observa-se o contrário.

Tabela 11 – Cenário II: efeitos de longo prazo sobre os principais agregados macroeconômicos - Brasil e grandes regiões - (em %)

Valor total produzido em 2001 (%)	100,00	3,11	5,91	16,09	21,31	53,58	27,53
Adoção ⁽¹⁾ (%)	40,79	10,32	6,08	82,12	67,29	29,58	0,00
	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Indicadores Agregados							
PIB real	0,03	-0,04	0,00	0,19	0,03	0,04	-0,12
Taxa de câmbio	0,00	X	X	X	X	X	X
Demanda Agregada							
Consumo real das famílias	0,06	-0,02	0,05	0,09	0,08	0,01	-0,17
Estoque de capital	-0,02	-0,10	-0,03	0,04	-0,02	-0,04	-0,15
Volume de exportação	0,01	-0,06	-0,13	-0,23	-0,11	0,29	0,50
Volume de importação	0,01	-0,04	0,04	0,05	0,02	-0,04	-0,13
Mercado de trabalho							
Emprego	-	-0,04	0,00	0,01	0,01	-0,02	-0,12
Salário real médio	0,05	0,01	0,04	0,06	0,06	0,03	-0,07
Preços							
Índice de preços ao consumidor	-	-0,02	0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,03
Índice de preços das importações	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Índice de preços das exportações	-0,01	0,01	0,03	0,04	0,01	-0,07	-0,12

Fonte: Dados da pesquisa.

A variação no custo total de produção (Tabela 12) depende da taxa de adoção de milho Bt11, da demanda do produto na região analisada e da variação no preço dos insumos utilizados. Todavia, a redução do preço em algumas regiões força a redução em todas as regiões do país. Como o Paraná não adota milho Bt11, a redução de preço é inferior ao observado no Cenário I.

No Cenário II, a redução do nível de atividade no Paraná força a queda no preço básico do adubo no estado e em todos os estados da região Sudeste. Por outro lado, em Santa Catarina e em todos os estados da região Centro-Oeste observa-se aumento no preço do adubo.

No Cenário I, a redução no preço do milho na região Sul era de 9,07%, enquanto que Cenário II é de apenas 3,71%. No Paraná a redução era superior a 10%, não adotando milho Bt11 a redução passa a ser quase insignificante (0,9%). Nos outros setores, a jusante da cadeia produtiva do milho, a análise é similar, porém com intensidades bem inferiores. Enquanto a redução no custo total de produção do milho chega a 11,1% no Sudeste, o segundo setor com maior variação nos custos de produção é o de suínos, também no Sudeste (-1,72%).

A redução percentual nos custos totais de produção do milho é maior na região Sudeste, pois sua demanda na região é pequena, apenas 11% do valor produzido nacionalmente. O mesmo tende a ocorrer com produtos intermediários, como suínos e aves vivas, porém numa proporção

menor, visto que a diferença na demanda por esses bens é pequena em relação às outras regiões. Porém, quando o produto é destinado ao consumidor final, como carnes, o consumo na região Sudeste é maior, e a redução nos custos tende a acompanhar a região Centro-Oeste.

Enquanto no Cenário I o preço no setor de bovinos aumentava, no Cenário II tende a baixar. Isso ocorre pois ao adotar milho Bt11, os setores que não consomem direta ou indiretamente milho tende a aumentar o custo de produção devido ao aumento do salário, dos rendimentos auferidos com a terra e com o capital. Como no Cenário II os impactos econômicos são mais amenos nos preços dos fatores produtivos, se o setor consome uma parte de insumos que utilizam milho, mesmo que pequena, como ocorre com o setor de bovinos, a redução no preço destes insumos pode compensar o pequeno aumento nos fatores produtivos.

Tabela 12 – Cenário II: variação nos índices de custo total, devido à introdução de milho GM - grandes regiões - (em %)

Setor de atividade	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Soja em grão	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	-0,01	-0,02
Milho em grão	-6,35	-3,21	-2,74	-10,84	-11,07	-3,71	-0,90
Bovinos	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00
Suínos	-1,27	-0,97	-0,96	-1,58	-1,72	-1,15	-0,79
Leite natural	-0,08	-0,05	-0,02	-0,10	-0,11	-0,04	-0,08
Aves vivas	-1,00	-0,73	-0,81	-1,47	-1,47	-0,77	-0,49
Outros produtos agropecuários	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,06
Refino de petróleo	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,00
Químicos diversos e fármacos	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	-0,02
Fabricação de calçados	0,02	0,01	0,04	0,03	0,02	0,02	-0,03
Beneficiamento de produtos vegetais	-0,10	-0,06	-0,03	-0,15	-0,13	-0,06	-0,05
Abate de aves	-0,58	-0,34	-0,39	-0,83	-0,80	-0,48	-0,33
Abate de outros animais	-0,19	-0,19	-0,17	-0,21	-0,22	-0,17	-0,14
Outras indústrias de alimentos	-0,15	-0,13	-0,05	-0,21	-0,18	-0,12	-0,06
Fabricação de óleo vegetal	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	-0,02

Fonte: Dados da pesquisa.

Como os preços na região Sul apresentam uma pequena tendência à queda, devido à baixa adoção de lavouras de milho Bt11 e alta demanda por produtos agropecuários, as famílias dessa região são as menos beneficiadas com a redução nos preços dos produtos, a jusante da cadeia produtiva do milho, reduzindo o consumo, principalmente, de carne de aves (Tabela 13). No Cenário I, a variação percentual no preço da carne de aves para as famílias do Paraná corresponde a (-0,75%), enquanto no Cenário II é de apenas -0,31%.

Tabela 13 – Cenário II: variação nos preços, para as famílias, devido à introdução do milho GM
- grandes regiões - (em%)

Produtos	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Leite natural	-0,03	-0,04	-0,01	-0,08	-0,07	0,00	-0,07
Outros produtos agropecuários	0,00	-0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-0,02
Produtos de couro e calçados	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,00
Beneficiamento vegetal	-0,05	-0,05	-0,03	-0,10	-0,09	-0,05	-0,05
Carne bovina	-0,14	-0,14	-0,13	-0,14	-0,15	-0,14	-0,14
Carne suína	-0,19	-0,19	-0,18	-0,23	-0,23	-0,16	-0,13
Carne de aves abatidas	-0,48	-0,45	-0,44	-0,66	-0,55	-0,44	-0,31
Óleo vegetal refinados	0,01	0,02	0,03	-0,01	0,00	0,01	0,02

Fonte: Dados da pesquisa.

Além de a redução de preço dos produtos selecionados na Tabela 13 serem inferior para as famílias da região Sul, em relação ao Cenário I, houve redução na quantidade de emprego e o aumento no salário real médio foi inferior ao das outras regiões, sendo superior apenas ao da região Norte. Com isso, ocorre um pequeno aumento no consumo das famílias da região Sul (Tabela 14), devido à queda no consumo das famílias no estado do Paraná. Vale ressaltar que apesar de o estado de Santa Catarina estar em piores condições em relação ao Cenário I, ele apresenta no Cenário II os melhores índices de aumento de emprego, nível de atividade, PIB, e consumo das famílias em relação aos demais estados. Isso ocorre devido às altas taxas de adoção de milho Bt11 por hipótese e à importância dos produtos agropecuários no PIB estadual.

Embora a redução nos preços dos produtos destinados às famílias seja inferior no Cenário II, as famílias não só da região Centro-Oeste, mas também da maioria dos estados brasileiros, passam a consumir maiores quantidades de todos os produtos, devido ao aumento na quantidade de emprego e do salário real médio. As exceções são: Rondônia, Acre, Roraima, Pará, Tocantins, Maranhão, Piauí e Paraná. Vale ressaltar que só houve redução no consumo de carne de aves no estado do Paraná, visto que a queda na quantidade de empregos e no salário real médio reduz o poder de compra das famílias, não sendo observado aumento no consumo nem mesmo de produtos que tiveram redução de preço.

Tabela 14 – Cenário II: variação no consumo das famílias, devido à introdução de milho GM - grandes regiões - (em %)

Produtos	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Leite natural	0,03	-0,01	0,03	0,06	0,05	0,03	-0,07
Outros produtos agropecuários	0,02	-0,01	0,03	0,05	0,04	0,03	-0,09
Produtos de couro e calçados	0,03	-0,05	0,05	0,10	0,07	0,05	-0,22
Beneficiamento vegetal	0,02	0,00	0,02	0,03	0,03	0,02	-0,04
Carne bovina	0,05	0,02	0,06	0,09	0,08	0,07	-0,07
Carne suína	0,07	0,02	0,07	0,11	0,09	0,07	-0,07
Carne de aves abatidas	0,04	0,03	0,04	0,06	0,05	0,04	-0,01
Óleo vegetal refinados	0,01	-0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	-0,05
Outros Alimentos e Bebidas	0,04	0,01	0,04	0,07	0,05	0,04	-0,06

Fonte: Dados da pesquisa.

A variação percentual das exportações está diretamente ligada à variação do preço do produto, e pode ser visualizada na Tabela 15. As exportações de milho aumentam em todos os estados, variando entre 5% no Paraná, e ultrapassando 30% no estado de Santa Catarina. Convém lembrar que 99% do milho é exportado pela região Sul, e o aumento na variação das exportações de milho no Paraná ocorre devido ao aumento no nível de atividade do setor em outras regiões.

No Brasil, de forma geral, os estados que mais exportaram em 2001 foram Amazonas, Roraima, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Nos estados que exportam grande quantidade de produtos que não pertencem à cadeia de comercialização do milho ocorre redução no volume das exportações. Tal redução é observada no estado do Amazonas devido à concentração nas exportações de eletroeletrônicos e Minas Gerais devido à concentração nas exportações de automóveis, veículos e peças. Também é observada a redução nas exportações em São Paulo e Rio de Janeiro, por exportarem poucos produtos agropecuários. Os demais estados citados tiveram aumento no volume de exportações, e aqueles que não foram mencionados não possuem variações absolutas significativas, mesmo que a variação percentual seja elevada.

Tabela 15 – Cenário II: variação na exportação, devido à introdução de milho GM - grandes regiões - (em %)

Produto	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Soja em grão	-0,02	-0,04	-0,03	-0,07	-0,07	-0,02	0,06
Milho em grão	11,04	13,89	14,41	46,42	38,85	20,40	5,67
Outros produtos agropecuários	-0,05	0,05	-0,04	-0,07	-0,06	-0,05	0,09
Extração mineral, siderurgia, petróleo e gás	-0,24	-0,23	-0,24	-0,27	-0,26	-0,23	-0,09
Máquinas equipamentos e tratores	-0,19	-0,19	-0,21	-0,22	-0,20	-0,18	0,06
Eletroeletrônico	-0,21	-0,23	-0,26	-0,24	-0,24	-0,18	-0,01
Automóveis, veículos e peças	-0,38	-0,41	-0,44	-0,45	-0,44	-0,37	-0,12
Madeira e mobiliário	-0,19	-0,12	-0,20	-0,24	-0,23	-0,18	0,14
Papel e celulose	-0,14	-0,14	-0,17	-0,18	-0,18	-0,13	0,03
Elementos químicos	-0,10	-0,11	-0,12	-0,11	-0,11	-0,04	0,04
Óleo combustível	0,04	0,06	0,12	0,05	0,02	-0,04	-0,08
Outros refinados de petróleo	-0,19	-0,12	-0,24	-0,21	-0,22	-0,16	-0,01
Outros químicos	-0,41	-0,45	-0,43	-0,35	-0,41	-0,40	-0,50
Têxtil e vestuário	-0,23	-0,25	-0,24	-0,24	-0,21	-0,21	-0,01
Produtos de couro e calçados	-0,28	-0,29	-0,40	-0,32	-0,29	-0,23	-0,01
Beneficiamento vegetal	0,43	0,23	0,13	0,46	0,39	0,20	0,21
Carne bovina	0,62	0,59	0,58	0,61	0,67	0,61	0,59
Carne suína	0,71	0,82	0,76	0,99	0,96	0,69	0,58
Carne de aves abatidas	1,97	1,95	1,91	2,86	2,43	1,89	1,37
Óleo vegetal em bruto	-0,09	-0,08	-0,05	-0,28	-0,19	-0,09	0,13
Outros Alimentos e Bebidas	0,56	0,53	0,28	0,79	0,67	0,56	0,33

Fonte: Dados da pesquisa.

Com a não-adoção de milho Bt11 no Paraná, o aumento no nível de atividade observado no setor de milho no Brasil é de apenas 2,4%, enquanto no Cenário I esse aumento era de 7,7%. Com a adoção de milho Bt11 no Paraná, alguns produtores reduzem a produção de soja para plantar milho. Ao optarem apenas pela lavoura convencional de milho, o que se observa é a preferência por outras culturas, reduzindo em 3,7% o nível de atividade no setor de milho na região. Com isso, os setores de suínos, aves vivas e químicos diversos são os mais prejudicados. Inclusive para o setor de químicos diversos é preferível a adoção de milho Bt11 no Paraná, mesmo com redução na quantidade utilizada de inseticida por unidade produzida, visto que a redução na produção, no caso da não-adoção, não compensa a maior utilização de produtos químicos na lavoura convencional.

O crescimento no nível de atividade passa a ser alavancado pela região Centro-Oeste e Sudeste. Nos setores selecionados (Tabela 16), observa-se aumento na produção, exceto refino de petróleo, químicos diversos e fármacos e fabricação de calçados.

O setor de suínos possui o segundo maior crescimento no nível de atividade, pois é o setor que utiliza, percentualmente, mais milho. O setor de suínos do Mato Grosso é o mais favorecido com a não-adoção de milho Bt11, aumentando em 1,93% o nível de atividade, enquanto no Cenário I esse aumento era de 1,23%. Todavia, a pequena redução no nível de atividade do setor de suínos na região Sul representa muito, uma vez que 73% da produção se concentram nessa região.

No setor de aves vivas, o maior aumento no nível de atividade ocorre em Goiás (1,47%), contra 1,07% no cenário anterior. Em geral, os setores com os maiores aumentos no nível de atividade estão localizados na região Centro-Oeste. Apesar de essa região ter um valor total de produção de milho e setores, a jusante inferior ao estado do Paraná, estes são muito importantes para a economia da região Centro-Oeste, representando 15,5% do PIB da região.

Tabela 16 – Cenário II: setores que apresentam maior crescimento no nível de atividade - Brasil e grandes regiões - (em %)

Sector de atividade	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Soja em grão	0,02	0,02	0,03	0,00	0,04	0,03	0,06
Milho em grão	2,44	-7,99	-5,97	9,35	4,86	0,94	-3,71
Bovinos	0,16	0,06	0,04	0,17	0,21	0,14	0,16
Suínos	0,28	-1,20	-1,00	1,85	1,48	-0,12	-1,60
Leite natural	0,15	0,05	0,04	0,18	0,19	0,11	0,06
Aves vivas	0,52	-0,68	-0,36	1,44	1,11	0,22	-0,79
Outros produtos agropecuários	0,07	0,06	0,03	0,08	0,09	0,04	0,16
Refino de petróleo	-0,02	-0,10	-0,01	-0,23	-0,01	-0,08	-0,19
Químicos diversos e fármacos	-0,09	-0,34	-0,11	-0,06	-0,08	-0,21	-0,44
Fabricação de calçados	-0,18	-0,16	-0,16	-0,16	-0,18	-0,19	-0,14
Beneficiamento de produtos vegetais	0,14	-0,06	-0,02	0,21	0,22	0,04	-0,06
Abate de aves	0,42	-1,14	-0,76	0,75	0,50	0,40	-0,34
Abate de outros animais	0,17	0,05	0,02	0,16	0,23	0,18	0,07
Outras indústrias de alimentos	0,19	0,09	0,03	0,26	0,24	0,13	0,00
Fabricação de óleo vegetal	0,04	0,01	0,01	0,11	0,04	0,02	-0,09
Serviços prestados às famílias	0,45	0,68	0,60	0,71	0,42	0,31	-0,02

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao aumentar o nível de atividade em um setor, torna-se necessária uma quantidade maior de insumos e fatores primários. O quanto a mais a ser utilizado é regulado no modelo por uma função Leontief (demanda de fatores diretamente proporcional ao nível do produto). A substituição entre os fatores primários (terra, capital e trabalho) ocorre por meio de uma função CES. Como a quantidade de terra é fixa no fechamento, apenas as quantidades utilizadas de

trabalho e capital variam por região. Dessa forma, uma variação no nível de atividade afeta diretamente o nível de emprego (Tabela 17).

O emprego nacional é mantido fixo, variando apenas entre os setores e regiões. A mão-de-obra desprendida com a adoção de milho Bt11 é em parte readmitida no próprio setor de milho, devido ao aumento do nível de atividade, e o restante é alocado nos setores que mais se beneficiaram com a redução no preço do milho.

No setor de milho, regiões que não adotaram, ou adotaram uma pequena taxa de milho Bt11, perderam competitividade e reduziram o nível de atividade, ocasionado desemprego. Por outro lado, regiões que adotaram o milho Bt11, tornaram-se mais competitivas, aumentaram o nível de atividade no setor e reempregaram parte dos empregados demitidos. No Paraná, ao adotar milho Bt11 (Cenário I), o setor economiza em torno de 16% dos custos com mão-de-obra (Tabela 3). Todavia o aumento no nível de atividade é de 21% e, com isso, o setor acaba tendo um aumento de 2% na quantidade de empregos. Ao se optar apenas pela cultura convencional, não há redução de emprego num primeiro momento, porém o custo de produção fica superior aos outros estados que adotam o milho Bt11, e o setor acaba reduzindo o nível de atividade, gerando um desemprego de 4% a longo prazo.

Com isso, é possível verificar que o choque de aumento de produtividade compensa o desemprego ocasionado pelo choque de redução de mão-de-obra nas regiões que adotaram milho Bt11. Como visto antes, o choque de produtividade também supera o choque de redução de insumos, uma vez que, ao adotar milho Bt11, ocorre aumento no nível de atividade no setor de químicos diversos e, ao não adotar, observa-se uma redução.

As conseqüências no nível de emprego extrapolam o setor de milho e atingem diversos setores que dependem do milho como insumo. Com isso, mesmo observando redução no nível de emprego no setor de milho, em regiões que adotam milho Bt11 há um aumento no nível de emprego em outros setores que se beneficiam da redução do preço do milho e expandem suas produções.

Tabela 17 – Cenário II: variação do nível de emprego em setores selecionados, devido à introdução de milho GM, grandes regiões - (em %)

Sector de atividade	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Paraná
Soja em grão	0,03	0,04	0,04	-0,01	0,05	0,05	0,12
Milho em grão	-5,81	-11,30	-8,80	-5,44	-11,80	-2,90	-4,38
Bovinos	0,20	0,08	0,05	0,21	0,26	0,18	0,22
Suínos	0,36	-1,59	-1,35	2,47	1,97	-0,18	-2,11
Leite natural	0,16	0,06	0,04	0,20	0,21	0,13	0,08
Aves vivas	0,67	-0,87	-0,49	1,87	1,43	0,28	-1,00
Outros produtos agropecuários	0,07	0,08	0,03	0,09	0,10	0,04	0,21
Refino de petróleo	-0,04	-0,09	-0,02	-0,25	-0,04	-0,07	-0,15
Químicos diversos e fármacos	-0,11	-0,34	-0,12	-0,07	-0,10	-0,21	-0,42
Fabricação de calçados	-0,19	-0,15	-0,17	-0,17	-0,19	-0,20	-0,12
Beneficiamento de produtos vegetais	0,13	-0,06	-0,03	0,20	0,21	0,04	-0,05
Abate de aves	0,41	-1,13	-0,77	0,74	0,49	0,39	-0,32
Abate de outros animais	0,16	0,06	0,01	0,15	0,22	0,17	0,09
Outras indústrias de alimentos	0,18	0,10	0,02	0,25	0,23	0,15	0,03
Fabricação de óleo vegetal	0,03	0,02	-0,01	0,09	0,03	0,01	-0,06
Serviços prestados às famílias	0,44	0,68	0,60	0,71	0,42	0,31	-0,02

Fonte: Dados da pesquisa.

Portanto, considerando que o Paraná não adote milho Bt11, observa-se que tanto a mão-de-obra quanto os investimentos se deslocam de outras regiões brasileiras para o Centro-Oeste. Mesmo assim, ainda é possível observar um aumento do PIB e do consumo na região Sul. Todavia, no Paraná, não apenas o setor de milho, como também os setores de aves e outros setores, a jusante da cadeia produtiva do milho, perdem competitividade, reduzindo o nível de atividade, a quantidade de emprego e o consumo das famílias. Assim, observa-se que o estado do Paraná apresenta uma redução no PIB, visto que esses setores possuem grande representatividade econômica para a região.

Percebe-se, então, que quando uma inovação tecnológica está disseminada, como é o caso do milho GM em diversos países, cabe indagar se uma região que necessita dessa atividade econômica, no caso o milho, e não possui acesso à tecnologia (GM), perde não apenas no setor diretamente relacionado, como também nos setores que se encontram ao longo da sua cadeia de comercialização.

Nesse sentido, ao analisar o Cenário II, pode-se imaginar quanto o Brasil pode ter perdido de competitividade nos últimos 10 anos, se comparado a países como os EUA e a Argentina que passam a utilizar o milho GM. Isto pode incorrer em perdas para os produtores e consumidores,

além de prejudicar a criação de postos de trabalho em virtude da redução do nível de atividade econômica.

Por fim, a adoção do milho Bt11 no Brasil, nos dois cenários analisados, gera aumento nas exportações, no consumo das famílias e no PIB brasileiro, com menor intensidade no estado do Paraná, quanto este opta apenas por lavouras convencionais. As principais diferenças entre os cenários encontram-se na origem e destino dos fluxos de capital e mão-de-obra nos diversos estados brasileiros.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efeitos da introdução do milho Bt11 nas lavouras brasileiras são amplos e distribuem-se de forma desigual entre os setores e regiões interligadas no modelo utilizado, devido às diferenças observadas na distribuição espacial da atividade econômica no território brasileiro.

Os resultados macroeconômicos não são de grande impacto, visto que o choque de inovação tecnológica é aplicado apenas no setor de milho. Todavia, quanto maior a importância dos setores, a jusante da cadeia produtiva do milho para a economia de uma região, maior a interferência observada em relação à adoção, ou não, de cultivos do milho Bt11.

A inovação tecnológica realizada a partir da introdução do milho Bt11 reduz os custos de produção no setor de milho e nos demais elos da sua cadeia produtiva a jusante, principalmente, aves e suínos. Dessa forma, os efeitos ao longo da sua cadeia são significativos, pois eleva o nível da atividade econômica, gerando emprego em diversos estados, em especial nas regiões Sul e Centro-Oeste, que são mais dependentes destas atividades. O benefício do progresso tecnológico na agricultura, portanto, é repassado para os demais segmentos da cadeia de comercialização, que também se beneficiam dele. Este é um efeito de equilíbrio geral, que não pode ser captado por meio de modelos de equilíbrio parcial.

De maneira geral, ao adotar milho Bt11 observa-se uma redução na quantidade de mão-de-obra utilizada no próprio setor. Contudo, os setores a jusante da cadeia produtiva do milho, motivados pela redução no custo dos insumos, elevam o nível de atividade e de emprego. Com isso, em regiões onde a produção de suínos, aves, ração e beneficiamento vegetal é economicamente significativa, o desemprego causado pela introdução do milho Bt11 é compensado pelo aumento do nível de atividade destes setores.

A redução nos preços dos alimentos proporcionada pelo milho Bt11, associada ao aumento no salário real médio, eleva a renda real das famílias, possibilitando aumentar o consumo real em todas as regiões, exceto no Norte do país, em que se observa uma pequena redução. Vale ressaltar que na região Nordeste, apesar da redução no PIB e no emprego, o consumo das famílias aumentam devido a redução no preço dos alimentos que direta, ou indiretamente, consomem milho.

Por fim, no atual contexto de comercialização do milho GM no Brasil e no mundo, uma lei que proíbe seu cultivo em apenas um estado pode gerar consequências negativas, como

redução no nível de atividade, saída de capital, desemprego, redução no consumo das famílias e nas exportações. Essas consequências são intensificadas quando a região possui maior dependência de produtos agroindustriais inter-relacionados na cadeia produtiva do milho.

Portanto, apesar de algumas regiões possuírem difícil acesso a inovação tecnológica proposta, devido à baixa renda dos produtores, proibir o uso em todo o território implica em perdas ainda maiores. Como o milho GM já encontra-se liberado, cabe ao governo criar políticas públicas viabilizando o acesso em regiões em que a produtividade do milho é relativamente baixa, como no Norte e no Nordeste do Brasil, de forma que a distribuição dos benefícios seja mais homogênea entre os estados brasileiros.

REFERÊNCIAS

- ABREU, K. **A novela dos transgênicos se arrasta**. Brasília: União Brasileira de Avicultura, 1 fev. 2008. Disponível em: <http://www.uba.org.br/ubanews_files/senadora_katia.html>. Acesso em: 25 ago. 2008.
- ACWORTH, W.; YAINSHET, A.; CURTOTTI, R. **Economic impacts of GM crops in Australia**. May 2008. Disponível em: <<http://abare.gov.au/>>. Acesso em: 11 nov. 2008.
- ANDERSON, K.; JACKSON, L.A. Some implications of GM food technology policies for Sub-Saharan Africa. **Journal of African Economies**, Oxford, v. 14, n. 3, p. 385-410, 2005.
- ANDERSON, K.; JACKSON, L.A.; NIELSEN, C.P. **Genetically modified rice adoption: implications for welfare and poverty alleviation**. Adelaide: Centre for International Economic Studies, Nov. 2004. (Discussion paper, 0413). Disponível em: <http://www.goldenrice.org/PDFs/Anderson_CIES_2004.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2008.
- ANDERSON, K.; VALENZUELA, E.; JACKSON, L.A. **Recent and prospective adoption of genetically modified cotton: a global computable general equilibrium analysis of economic impacts**. New York: World Bank, May 2006. (World Bank Policy Research Working Paper, 3917). Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=917488>>. Acesso em: 4 abr 2008.
- ANDERSON, K.; YAO, S. China, GMOs, and world trade in agricultural and textile products. **Pacific Economic Review**, Hong Kong, v. 8, n. 2, p. 157-69, 2003.
- BORCHGRAVE, R. **Cientista belga defende transgênicos para o Brasil**. São Paulo: CIB, 2 ago. 2002. Disponível em: <http://www.cib.org.br/em_dia.php?id=10>. Acesso em: 1 maio 2008.
- BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. Departamento de Promoção Comercial. **Brazil trade net**. Disponível em: <<http://www.braziltradenet.gov.br/>>. Acesso em: 4 abr. 2008a.
- _____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Comércio Exterior. **Aliceweb**. Disponível em: <<http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2008b.
- BROOKES, G.; BARFOOT, P. **GM crops: the global economic and environmental impact: the first nine years 1996-2004**. Ithaca: ISAAA, 2005. (ISAAA Briefs, 36). Disponível em: <<http://www.isaaa.org>>. Acesso em: 24 abr. 2008.
- CARDOSO, C.H.S.; ALMADA, S.L.; MIRANDA, S.H.G. A importância da regulamentação sanitária e técnica para o comércio de OGM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 41., 2008, Rio Branco. **Anais...** Piracicaba: SOBER, 2008. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Artigo_Cleide_Silvia.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2008.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA. **Participação do agronegócio no PIB volta a crescer**. 19 mar. 2008. Disponível em: <<http://www.cna.org.br/site/noticia.php?n=19301>>. Acesso em: 23 ago. 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Consumo de milho**: segmento de aves, suínos, bovinos (corte/ leite) e industrial. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www2.conab.gov.br/download/cas/especiais/Consumo%20milho%202006.pdf>>. Acesso em: 3 maio 2008.

_____. **Série histórica**: produção brasileira de milho: 1977-2008. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 3 maio 2008.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA – CIB. **Guia do milho**: tecnologia do campo à mesa. São Paulo, jul. 2006. 16 p.

CRUZ, I.; VIANA, P.A.; WAQUIL, J.M. Sistema de produção: cultivo de milho. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Pragas**. Nov. 2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_3ed/pragas.htm>. Acesso em: 13 out. 2007.

DIMARANAN, B.V. (Ed.). **Global trade, assistance, and production**: the GTAP 6 data base. Purdue: Purdue University, Center for Global Trade Analysis, 2006. Disponível em: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/databases/v6/v6_doco.asp>. Acesso em: 28 nov. 2008.

ELBEHRI, A.; MACDONALD, S. **Estimating the impact of transgenic *Bt* cotton on west and central Africa**: a general equilibrium approach economic research service. Washington: USDA, July 2004. 16 p.

_____. **Transgenic cotton and crop productivity**: a general equilibrium analysis for west and central Africa. In: ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, 6., Havana, Sep. 2003. Disponível em: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=1309>. Acesso em: 17 ago. 2008.

FACHINELLO, A.L. **Avaliação do impacto econômico de possíveis surtos da gripe aviária no Brasil**: uma análise de equilíbrio geral computável. 2008. 160 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

FANCELLI, A.L. Benefícios da utilização do milho geneticamente modificado MON810 resistente às lagartas do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), colmo (*Diatraea saccharalis*) e espiga (*Helicoverpa zea*) nos diferentes segmentos da cadeia produtiva no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 19., 2002, Manaus. **Resumos ...** Manaus: INPA, 2002. p. 161.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.com>>. Acesso em: 15 jul. 2008.

FERNANDEZ-CORNEJO, J.; LUBOWSKI, R.; SOMWARU, A. Global adoption of agricultural biotechnology: modeling and preliminary results. In: ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, 10., 2007, West Lafayette. **Proceedings** ... June 2007. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3395.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2008.

FERREIRA FILHO, J.B.S. **Introdução aos modelos aplicados de equilíbrio geral**: conceitos, teoria e aplicações. Piracicaba: ESALQ, Depto. Economia e Sociologia Rural, 1998. 41 p. (Série Didática, 120).

FERREIRA FILHO, J.B.S.; ROCHELLE, T.C.P.; ALVES, L.R.A. **Avaliação dos impactos da introdução do milho GM na cadeia de comercialização do milho no Brasil**. Piracicaba: CEPEA, jan. 2007. 120 p.

FERREIRA FILHO, J.B.S. (Coord.); ALVES, L.R.A.; ZILLI, J.B.; OSAKI, M.; BALLAMINUT, C.E.C.; RIBEIRO, R.G. **Avaliação da economicidade potencial da utilização de milho geneticamente modificados da Syngenta Seeds no Brasil**. Piracicaba: CEPEA, abr. 2008. 34 p.

GÓMEZ-BARBERO, M.; BERBEL, J.; RODRÍGUEZ-CEREZO, E. **Adoption and performance of the first GM crop introduced in EU agriculture: Bt maize in Spain**. Seville, 2008. 60 p.

GOPAL, G. Information age to genetic revolution: embodied technology transfer and assimilation: a tale of two technologies. **Technological Forecasting and Social Change**, New York, v. 74, n. 6, p. 819-842, July 2007.

GRUÈRE, G.; BOUËT, A.; MEVEL, S. **Genetically modified food and international trade**. Washington: International Food Policy Research Institute, Dec. 2007. 60 p. (IFPRI Discussion Paper, 00740).

GUIMARÃES, V.; CANZIANI, J.R.F.; WATANABE, M. **Cadeia produtiva do milho**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Depto. Economia Rural e Extensão, 2005. 108 p.

HADDAD, E.A. **Regional inequality and structural changes**: lessons from the brazilian experience. Aldershot: Ashgate, 1999. 230 p.

HAREAU, G.G. **Transgenic rice in Asia**: a general equilibrium assessment of potential welfare effects and regional distribution. 2006. 145 p. Thesis (Doctor of Philosophy in Economic, Agriculture and Life Sciences) - Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2006. Disponível em: <<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-06212006-141903/>>. Acesso em: 4 abr. 2008.

HOFFMANN, R. Elasticidades-renda das despesas com alimentos em regiões metropolitanas do Brasil em 1995-96. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 17-24, 2000.

HORRIDGE, M.; MADDEN, J.; WITTWER, G. The impact of the 2002-2003 drought on Australia. **Journal of Policy Modeling**, New York, v. 27, n. 3, p. 85-308, Apr. 2005.

HUANG, J.; HU, R.; MEIJL, H.V.; TONGEREN, F.W.V. **Biotechnology boosts to crop productivity in China: trade and welfare implications**. Arnhem: Agricultural Economics Research Institute, Oct. 2002. 39 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo agropecuário: 1970-2006**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 4 mar. 2008.

_____. **Contas regionais do Brasil: 2002**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2002/contasregionais2002.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2005.

_____. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 16 ago. 2008.

JAMES, C. **Global review of commercialized transgenic crops: 2002: Feature - Bt Maize**. Ithaca: ISAAA, 2003a. (ISAAA Briefs, 29). Disponível em: <<http://www.isaaa.org>>. Acesso em: 24 abr. 2008.

_____. **Global status of commercialized transgenic crops: 2002**. Ithaca: ISAAA, 2002. (ISAAA Briefs, 27). Disponível em: <<http://www.isaaa.org>>. Acesso em: 24 abr. 2008.

_____. **Global status of commercialized transgenic crops: 2003b**. Ithaca: ISAAA, 2003. (ISAAA Briefs, 30). Disponível em: <<http://www.isaaa.org>>. Acesso em: 24 abr. 2008.

_____. **Global status of commercialized transgenic crops: 2004**. Ithaca: ISAAA, 2004. (ISAAA Briefs, 32). Disponível em: <<http://www.isaaa.org>>. Acesso em: 24 abr. 2008.

_____. **Global status of commercialized transgenic crops: 2005**. Ithaca: ISAAA, 2005. (ISAAA Briefs, 34). Disponível em: <<http://www.isaaa.org>>. Acesso em: 24 abr. 2008.

_____. **Global status of commercialized transgenic crops: 2006**. Ithaca: ISAAA, 2006. (ISAAA Briefs, 35). Disponível em: <<http://www.isaaa.org>>. Acesso em: 24 abr. 2008.

_____. **Global status of commercialized transgenic crops: 2007**. Ithaca: ISAAA, 2007. (ISAAA Briefs, 37). Disponível em: <<http://www.isaaa.org>>. Acesso em: 24 abr. 2008.

MEIJL, H.V.; TONGEREN, F.V. International diffusion of gains from biotechnology and the European Union's Common Agricultural Policy. **Agricultural Economics**, Wageningen, v. 31, n. 2-3, p. 307-316, Dec. 2004.

NIELSEN, C.P.; THIERFELDER, K.; ROBINSON, S. Consumer preferences and trade in genetically modified foods. **Journal of Policy Modeling**, New York, v. 25, n. 8, p. 777-794, Nov. 2003.

_____. **Genetic engineering and trade: panacea or dilemma for developing countries.** In: ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, 3., June 2000, Melbourne. Disponível em: <<http://www.monash.edu.au/policy/conf/47Nielsen.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2008.

NIELSEN, C.; ANDERSON, K. **GMOs, trade policy, and welfare in rich and poor countries.** Washington, 27 Apr. 2000. 36 p. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/INTTRADERESESEARCH/Resources/544824-1154465929522/GMOwb01.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2008.

ODA, L.M. **Decreto sobre rotulagem de alimentos transgênicos define critérios distintos para produtos nacionais e importados.** 8 abr. 2003. Disponível em: <http://www.paginarural.com.br/artigos_detalhes.php?id=629>. Acesso em: 23 nov. 2008.

PAMBUDI, D.D. **Regional strategies to attract investment:** using a computable general equilibrium model of Indonesia. 2005. 157 p. Thesis (Doctor of Philosophy) – Faculty of Business and Economics, Monash University, Melbourne, 2005.

PARANÁ. Lei n.14162, de 27 de outubro de 2003. Veda o cultivo, manipulação, importação, industrialização e comercialização de organismos geneticamente modificados (OGMs). **Diário Oficial**, Curitiba, 27 out. 2003. Disponível em: <<http://celepar7cta.pr.gov.br/SEEG/sumulas.nsf/319b106715f69a4b03256efc00601826/28205472bda1685703256e9900692ad9?OpenDocument>>. Acesso em: 15 set. 2008.

PEREIRA, E.A.; LEAL, J.P.G.; HUSSNE, R.D. **Impactos econômicos das culturas geneticamente modificadas no Brasil.** São Paulo: Edgard Pereira & Associados, 2007. Disponível em: <http://www.edap.com.br/site/site_br/publicacoes.htm>. Acesso em: 20 abr. 2008.

PINAZZA, L.A. **Cadeia produtiva do milho.** Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, jan. 2007. 107 p.

ROCHA, D.G.B. **Transgênicos.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dbg/bioano02/a2001a25.htm>>. Acesso em: 15 set. 2008.

SANKULA, S. **Quantification of the impacts on US agriculture of biotechnology-derived crops planted in 2005.** Washington: National Center for Food and Agricultural Policy, Nov. 2006. Disponível em: <<http://www.ncfap.org/whatwedo/pdf/2005biotechimpacts-finalversion.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2008.

SANTOS, C.V. dos. **Política tributária, nível de atividade econômica e bem-estar:** lições de um modelo de equilíbrio geral inter-regional. 2006. 139 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-10052006-152813/>>. Acesso em: 4 maio 2008.

SYNGENTA SEEDS. **Milho geneticamente modificado da Syngenta será analisado pela CTNBio**. 2007. Disponível em: <<http://www.syngenta.com.br/cs/index.asp>>. Acesso em: 17 nov. 2007.

SOLOGUREN, L. **Produtividade do milho no Brasil: o novo desafio para consolidar as exportações**. São Paulo: Conselho de Informações sobre Biotecnologia - CIB, nov. 2007. Disponível em: <<http://www.cib.org.br/pdf/sologuren.pdf>>. Acesso em 28 abr. 2008.

TOURINHO, O.A.F.; KUME, H.; PEDROSO, A.C. de S. **Elasticidades de Armington para o Brasil: 1986-2002, novas estimativas**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2003. 22 p. (IPEA. Texto para Discussão, 974).

TRIGO, E.J.; CAP, E.J. Diez años de cultivos genéticamente modificados en la agricultura Argentina. **ArgenBio**, Buenos Aires, 2006. Disponível em: <http://www.inta.gov.ar/ies/docs/otrosdoc/Diez_a%C3%B1os_cultivos_GM_Argentina.pdf>. Acesso em: 4 maio 2008.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Production, Supply and Distribution (PS&D) database**. Washington, 2008a. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx>>. Acesso em: 10 de nov. 2008.

_____. National Agricultural Statistics Service. **Crop Production**. Washington, 2008b. Disponível em: <<http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/CropProd/CropProd-07-11-2008.txt>>. Acesso em: 26 jul. 2008.

ANEXOS

ANEXO A – Produtividade do milho, 1996 – 2006

<i>Ranking (produção)</i>	País	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Média (1986/95)	Média (1996/06)	Relação entre os períodos (%)
1	EUA	7.493	7.523	5.311	7.298	7.438	6.817	8.253	6.321	8.700	7.123	7.978	7.952	8.438	8.398	8.591	8.673	8.118	8.926	10.065	9.287	9.360	7.228	8.708	20,5
2	China	3.707	3.923	3.931	3.881	4.525	4.580	4.535	4.964	4.695	4.918	5.204	4.390	5.269	4.946	4.599	4.700	4.927	4.815	5.122	5.288	5.365	4.366	4.966	13,7
3	Brasil	1.649	1.984	1.878	2.058	1.874	1.808	2.283	2.532	2.363	2.600	2.697	2.623	2.796	2.759	2.745	3.403	3.058	3.727	3.367	3.040	3.383	2.103	3.054	45,2
4	México	1.841	1.706	1.629	1.693	1.994	2.052	2.345	2.440	2.226	2.288	2.239	2.384	2.343	2.472	2.462	2.578	2.710	2.753	2.819	2.726	2.966	2.021	2.587	28,0
5	Índia	1.282	1.029	1.395	1.632	1.518	1.376	1.676	1.602	1.448	1.595	1.709	1.711	1.797	1.792	1.822	2.000	1.679	1.681	2.041	1.907	1.938	1.455	1.825	25,4
6	Argentina	3.745	3.190	3.774	2.910	3.461	4.044	4.524	4.355	4.237	4.522	4.040	4.556	6.078	5.370	5.433	5.455	6.079	6.477	6.393	7.359	5.903	3.891	5.910	51,9
7	França	6.163	7.150	7.276	6.872	6.019	7.277	7.964	8.045	7.792	7.717	8.382	9.059	8.452	8.948	9.077	8.564	8.979	7.116	8.991	8.254	8.586	7.227	8.582	18,7
8	Indonésia	1.884	1.963	1.953	2.103	2.132	2.150	2.203	2.198	2.209	2.258	2.486	2.614	2.653	2.663	2.765	2.845	3.088	3.241	3.344	3.454	3.470	2.105	2.966	40,9
9	Itália	7.543	7.501	7.465	7.908	7.637	7.262	8.660	8.664	8.225	8.970	9.336	9.627	9.322	9.744	9.528	9.513	9.492	7.481	9.497	9.368	8.729	7.984	9.240	15,7
10	Canadá	5.948	7.020	5.471	6.351	6.860	6.710	5.693	6.424	7.375	7.253	6.914	6.870	8.005	7.975	6.390	6.619	7.013	7.819	8.240	8.634	8.480	6.510	7.542	15,8
11	Romênia	3.814	2.701	2.784	2.474	2.761	4.077	2.047	2.605	3.132	3.192	2.932	4.176	2.756	3.629	1.606	3.066	3.042	3.070	4.550	3.982	3.575	2.959	3.308	11,8
12	Hungria	6.338	6.184	5.464	6.329	4.158	6.710	3.650	3.500	3.850	4.529	5.687	6.448	6.008	6.413	4.179	6.246	5.076	3.959	7.001	7.557	6.868	5.071	5.949	17,3
13	Áfr. do Sul	1.781	1.558	1.620	2.840	2.205	2.257	785	2.284	2.848	1.380	2.704	2.519	2.161	2.227	2.849	2.437	2.852	2.658	3.031	3.635	3.412	1.956	2.771	41,7
14	Egito	4.990	4.757	4.965	5.380	5.780	5.895	6.135	6.078	5.907	6.163	6.952	7.130	7.226	7.517	7.680	6.980	7.766	7.829	7.909	8.161	7.887	5.605	7.549	34,7
17	Filipinas	1.148	1.162	1.182	1.226	1.271	1.297	1.327	1.524	1.533	1.521	1.592	1.589	1.624	1.735	1.797	1.820	1.803	1.915	2.142	2.151	2.366	1.319	1.867	41,5
24	Espanha	6.534	6.561	6.432	6.304	6.426	6.669	7.017	6.174	6.857	7.246	8.531	9.150	9.473	9.481	9.216	9.721	9.514	9.041	10.069	9.944	9.787	6.622	9.448	42,7
27	Alemanha	6.955	6.260	7.709	7.531	6.776	6.843	7.235	8.023	7.079	7.366	7.825	8.627	8.156	8.785	9.212	8.838	9.376	7.384	9.097	9.214	8.031	7.178	8.595	19,7
36	Bulgária	4.960	3.737	3.180	4.022	2.877	4.955	2.813	1.861	2.806	3.824	2.181	3.578	2.732	3.824	1.724	2.471	4.236	2.800	5.540	5.308	4.533	3.503	3.539	1,0
39	Colômbia	1.332	1.380	1.367	1.375	1.450	1.550	1.518	1.547	1.567	1.554	1.629	1.705	1.660	1.796	2.106	2.075	2.116	2.512	2.625	2.810	2.306	1.464	2.122	45,0
56	Eslováquia								4.616	4.136	4.896	5.753	5.948	5.506	5.997	3.037	5.365	5.369	4.119	5.834	6.970	5.552	4.549	5.405	18,8
60	Rep. Tcheca								4.875	3.390	4.284	5.093	6.925	6.095	6.604	6.428	6.598	8.732	5.576	6.135	7.170	6.753	4.183	6.555	56,7
67	Portugal	2.437	2.503	2.589	3.157	3.033	3.047	3.495	3.751	4.099	4.321	4.609	4.911	6.228	5.701	5.721	5.844	5.678	5.635	5.742	4.657	5.371	3.243	5.463	68,5
71	Honduras	1.397	1.521	1.319	1.453	1.519	1.319	1.294	1.369	1.384	1.640	1.618	1.559	1.056	1.225	1.436	1.499	1.366	1.557	1.385	1.539	1.541	1.421	1.435	0,9
78	Uruguai	991	1.185	1.592	1.228	1.851	1.780	1.561	1.963	1.628	2.453	2.171	2.644	3.371	4.089	1.530	4.664	3.355	4.586	4.964	4.142	4.000	1.623	3.592	121,3
	Mundo	3.627	3.486	3.100	3.618	3.681	3.688	3.893	3.621	4.121	3.799	4.212	4.122	4.388	4.346	4.248	4.427	4.365	4.510	4.991	4.900	4.815	3.663	4.484	22,4

Fonte: FAO (2008)

Nota: A área destacada corresponde à adoção de milho GM.

ANEXO B – Principais produtores mundiais de milho (área, produção e produtividade), 2006

Rank	País	Produção (kg)	Rank	País	Área cultivada (ha)	Rank	País	Produtividade (Kg/ha)
1	United States of America	267.598.000	1	United States of America	28.590.000	1	Tajikistan	28.846
2	China	145.625.000	2	China	27.143.000	2	Jordan	22.406
3	Brazil	42.631.977	3	Brazil	12.602.652	3	Kuwait	20.000
4	Mexico	21.764.652	4	India	7.590.000	4	Guam	17.462
5	India	14.710.000	5	Mexico	7.337.937	5	Israel	15.072
6	Argentina	14.445.538	6	Nigeria	3.905.000	6	Qatar	12.478
7	France	12.901.769	7	Indonesia	3.346.427	7	Netherlands	11.972
8	Indonesia	11.610.646	8	Philippines	2.570.673	8	Chile	11.184
9	Italy	9.671.206	9	Romania	2.512.944	9	New Zealand	10.800
10	Canada	9.268.200	10	Argentina	2.447.166	10	Belgium	10.193
11	Romania	8.984.729	11	South Africa	2.032.446	11	Spain	9.787
12	Hungary	8.441.222	12	Tanzania, United Rep of	2.000.000	12	United States of America	9.360
13	South Africa	6.935.056	13	Kenya	1.888.185	13	Austria	9.237
14	Egypt	6.838.000	14	Ethiopia	1.792.714	14	Greece	9.000
15	Nigeria	6.404.000	15	Ukraine	1.600.000	15	Italy	8.729
16	Ukraine	6.320.000	16	France	1.502.719	16	France	8.586
17	Philippines	6.082.110	17	Congo, Dem Republic of	1.450.000	17	Canada	8.480
18	Serbia, Republic of	6.016.765	18	Malawi	1.400.000	18	Switzerland	8.449
19	Ethiopia	4.029.630	19	Zimbabwe	1.350.000	19	Iran, Islamic Rep of	8.293
20	Viet Nam	3.819.400	20	Mozambique	1.260.000	20	Germany	8.031
21	Turkey	3.811.000	21	Hungary	1.229.153	21	Egypt	7.887
22	Thailand	3.696.341	22	Serbia, Republic of	1.169.976	22	Mauritius	7.793
23	Russian Federation	3.668.560	23	Angola	1.110.000	23	Slovenia	6.931
24	Spain	3.460.800	24	Italy	1.107.997	24	Hungary	6.868
25	Tanzania, United Rep of	3.373.000	25	Canada	1.093.000	25	Czech Republic	6.753
26	Kenya	3.247.200	26	Viet Nam	1.031.600	26	Croatia	6.531
27	Germany	3.220.300	27	Pakistan	1.022.200	27	Luxembourg	6.510
28	Pakistan	2.970.500	28	Russian Federation	1.011.000	28	Uzbekistan	5.916
29	Venezuela,Bolivar Rep of	2.374.708	29	Thailand	898.139	29	Kyrgyzstan	5.911
30	Korea, Dem People's Rep	1.964.000	30	Egypt	867.000	30	Argentina	5.903
31	Croatia	1.934.517	31	Nepal	850.947	31	Turkey	5.863
32	Nepal	1.734.417	32	Uganda	819.000	32	Papua New Guinea	5.620
33	Greece	1.710.000	33	Ghana	793.000	33	Slovakia	5.552
34	Iran, Islamic Rep of	1.700.000	34	Guatemala	791.759	34	Kazakhstan	5.440
35	Malawi	1.600.000	35	Venezuela,Bolivar Rep of	707.698	35	Portugal	5.371
36	Bulgaria	1.587.805	36	Turkey	650.000	36	China	5.365
37	Austria	1.471.668	37	Benin	593.423	37	Bangladesh	5.322
38	Chile	1.381.894	38	Colombia	581.000	38	Serbia, Republic of	5.143
39	Colombia	1.340.000	39	Burkina Faso	566.000	39	Bosnia and Herzegovina	5.064
40	Moldova, Republic of	1.322.186	40	Korea, Dem People's Rep	479.000	69	Brazil	3.383
	World +	695.228.280		World +	144.376.477		World +	4.815

Fonte: FAO (2008)

Nota: A área em destaque corresponde a países que produzem milho GM.

ANEXO C – Trabalhos sobre lavouras GM que utilizam Modelos de Equilíbrio Geral

(continua)

Artigo	Produto	Foco	Período*	Autores				Publicado	Objetivo
GMOs, Trade Policy, and Welfare in Rich and Poor Countries	Diversos	Diversos	1995	Nielsen	Anderson			Seminário de Banco mundial em Padrões, Regulamento e Comércio, 2000	Examinar a produção, comércio e bem-estar proveniente da adoção de GM, sem e com políticas específicas e resposta no consumo.
Genetic Engineering and Trade: Panacea or Dilemma for Developing Countries	Milho/soja	Diversos	1995	Nielsen	Robinson	Thierfelder		Third Annual Conference on Global Economic Analysis, 2000	Investigar como a segregação entre GM e não GM pode afetar padrões do comércio internacional.
China, GMOs, and world trade in agricultural and textile products	Diversos	China	Proj. 2005	Anderson	Yao			Economic Review, 2003	Quantificar os efeitos econômicos potenciais da China adotar ou não GM em relação a mudanças de padrões do comércio internacional.
Biotechnology boosts to crop productivity in China: trade and welfare implications ¹	Algodão/arroz	China	2001/10 (1997)	Huang	Hu	Meijl	Tongeren	Agricultural Economics Research Institute, 2002	Projetar ganhos econômicos provenientes da adoção de GM. Diferencia os efeitos da adoção em cada região da China.
Transgenic cotton and crop productivity: A general equilibrium analysis for West and Central Africa	Algodão	África	1997	Elbehri	MacDonald			6th Annual Conference on Global Economic Analysis, 2003	Avaliar o econômico da adoção de algodão Bt no centro-oeste da África.
Trade policy, biotechnology and grain self-sufficiency in China	Diversos	China	Proj. 2005	Felloni	Gilbert	Wahl	Wandschneider	Agricultural Economics, 2003	Avaliar as possibilidades disponíveis para a política de mercado chinesa.
Consumer preferences and trade in genetically modified foods	Milho/soja	Diversos	1995	Nielsen	Thierfelder	Robinson		Journal of Policy Modeling, 2003	Analisar os impactos da preferência dos consumidores por GM na produção, preços, e padrões de comércio no mundo.
Estimating the Impact of Transgenic Bt Cotton on West and Central Africa: A General Equilibrium Approach	Algodão	África	1997	Elbehri	MacDonald			Journal World Development, 2004	Avaliar o potencial dos impactos da introdução do algodão Bt
International diffusion of gains from biotechnology and the European Union's Common Agricultural Policy	Diversos	UE	1997	Meijl	Tongeren			Agricultural Economics, 2004	Analisar o impacto da adoção ou não de GM. (Transferência de conhecimento entre os países é modelado como um processo endogeno de conhecimento Spill-overs.
Genetically Modified Rice Adoption: Implications for Welfare and Poverty Alleviation	Arroz	Ásia	1997	Anderson	Jackson	Nielsen		Centre for International Economic Studies, Austrália, 2004	Analisar o potencial econômico dos GM da 1ª e 2ª geração na Ásia

(conclusão)

Artigo	Produto	Foco	Período*	Autores				Publicado	Objetivo
Some Implications of GM Food Technology Policies for Sub-Saharan Africa	Diversos	África Subsariana	1997	Anderson	Jackson			Journal of African Economies, 2005	Analisar o potencial econômico dos GM da 1ª e 2ª geração
GM Cotton Adoption, Recent and Prospective: A Global CGE Analysis of Economic Impacts ²	Algodão	Diversos	2001	Anderson	Valenzuela	Jackson		World Bank, 2006	Prover estimativas de impacto econômico da adoção de algodão GM.
Transgenic Rice in Asia: A General Equilibrium Assessment of Potential Welfare Effects and Regional Distribution	Arroz	Ásia	2006	Hareau				Tese - Virginia Polytechnic Institute and State University, 2006	Investigar o potencial dos impactos econômicos com a adoção do arroz GM na Ásia. Leva em consideração o poder de monopólio dos produtores de tecnologia.
Parables: Applied Economics Literature About the Impact of Genetically Engineered Crop Varieties in Developing Economies	Diversos	Diversos	1996/06	Smale	Zambrano	Falck-Zepeda	Gruère	International Food Policy Research Institute, 2006	Descrever as literaturas existentes sobre impactos econômicos dos GM utilizando modelos de Equilíbrio Geral, com ênfase nas metodologias.
Global Adoption of Agricultural Biotechnology: Modeling and Preliminary Results	Diversos	Diversos	2001	Fernandez-Cornejo	Lubowski	Somwaru		10ª Annual Conference on Global Economic Analysis, 2007	Analisar as implicações econômicas do uso da terra e as tendências na adoção de biotecnologia agrícola.
Information age to genetic revolution: Embodied technology transfer and assimilation — A tale of two technologies	Milho/soja	Diversos	1997	Gopal Das				Technological Forecasting and Social Change, 2007	Oferecer uma análise quantitativa do papel em comum na dissiminação da tecnologia de informação e biotecnologia.
Genetically Modified Food and International Trade	Diversos	Índia, Bangladesh, Indonésia, Filipinas	2001	Gruère	Bouët	Mevel		International Food Policy Research Institute, 2007	Representar os choques de produtividade associados com GM, e a possibilidade de rotulamento.
Economic impacts of crops in Australia	Diversos	Austrália		Acworth	Yainshet	Curtotti		Australian Government Department of Agriculture	

¹ Artigo similar foi apresentado sob o título “Economic Impacts of Genetically Modified Crops in China”, International Association of Agricultural Economists, 2003.

² Artigo similar foi publicado sob o título “Recent and Prospective Adoption of Genetically Modified Cotton: a Global CGE Analysis of Economic Impacts Analysis of Economic Impacts, Chicago Journals, 2008

ANEXO D – Elementos do modelo TERM-BR

Nº	Produtos	Classificação IBGE
1	SojaGrao	Soja em grão
2	MilhoGrao	Milho em grão
3	Bovino	Bovinos e suínos
4	Suino	Bovinos e suínos
5	LeiteNatur	Leite natural
6	AvesVivas	Aves vivas
7	Ovos	Aves vivas
8	OutProdAgrop	Outros produtos agropecuários
9	ExtrMinSider	Minério de ferro, outros minerais, petróleo e gás, carvão e outros, produtos minerais não metálicos, produtos siderúrgicos básicos, laminados de aço, produtos metalúrgicos não ferrosos, outros produtos metalúrgicos
10	MaqEquipTrat	Fabricação e manutenção de máquinas e equipamentos, tratores e máquinas terraplanagem,
11	EletrElet	Material elétrico, equipamentos eletrônicos
12	AutVeiPec	Automóveis, caminhões e ônibus, outros veículos e peças
13	MadeirMob	Madeira e mobiliário
14	PapelCelul	Papel, celulose, papelão e artefatos
15	DerivBorrac	Produtos derivados de borracha
16	ElemQuimic	Elementos químicos não petroquímicos, álcool de cana e de cereais
17	OleoCombust	Óleo combustível
18	OutRefPetro	Gasolina pura, outros produtos do refino, produtos petroquímicos básicos, gasoalcohol, resinas
19	Adubos	
20	OutQuimicos	Tintas, outros produtos químicos, produtos farmacêuticos e de perfumaria
21	Plasticos	Artigos de plástico
22	TextilVest	Fios têxteis naturais, tecidos naturais, fios têxteis artificiais, tecidos artificiais, outros produtos têxteis, artigos do vestuário
23	ProdCourCalc	Produtos de couro e calçados
24	BenefVeget	Arroz beneficiado, farinha de trigo, outros produtos vegetais beneficiados
25	CarneBovina	Carne bovina
26	CarneSuina	Carne suína
27	CarneAves	Carne de aves abatidas
28	OleoVegBrut	Óleo vegetal em bruto
29	OleoVegRef	Óleo vegetal refinados
30	OutAlimBeb	Produtos do café, leite beneficiado, outros laticínios, açúcar, outros produtos alimentares inclusive rações, bebidas
31	IndDiversas	Produtos diversos
32	SIUP	Serviços industriais de utilidade pública
33	Comercio	Margem de comércio
34	Transportes	Margem de transporte
35	ServFinanc	Seguros, serviços financeiros
36	ServPrestEmp	Serviços prestados às empresas
37	OutServicos	Comunicação, alojamento e alimentação, outros serviços, saúde e educação mercantis, aluguel de imóveis, aluguel imputado, administração pública, saúde pública, educação pública, serviços privados não-mercantis, produtos de construção civil

Fonte: Dados da pesquisa.

Nº	Sector de atividade	Classificação IBGE
1	SojaGrao	Agropecuária
2	MilhoGrao	Agropecuária
3	Bovino	Agropecuária
4	Suino	Agropecuária
5	LeiteNatur	Agropecuária
6	AvesVivas	Agropecuária
7	Ovos	Agropecuária
8	OutProdAgrop	Agropecuária
9	ExtMinSider	Extrativa mineral, extração de petróleo e gás, minerais não metálicos, siderurgia, metalurgia não-ferrosos, outros metalúrgicos
10	MaquiTrator	Máquinas e tratores
11	EletMetMec	Material elétrico, equipamentos eletrônicos
12	AutVeiPec	Automóveis, caminhões e ônibus, outros veículos e peças
13	MadeirMob	Madeira e mobiliário
14	PapelGrafic	Papel e gráfica
15	IndBorracha	Indústria de borracha
16	ElemQuimic	Elementos químicos
17	RefinoPetro	Refino de petróleo
18	QuimicDivers	Químicos diversos, farmacêuticos e perfumaria
19	ArtigPlastic	Artigos de plástico
20	IndTextVest	Indústria têxtil, artigos do vestuário
21	FabricCalc	Fabricação de calçados e de artigos de couro e peles
22	BenefVeget	Beneficiamento de produtos vegetais, inclusive fumo
23	AbateAves	Abate e preparação de carnes
24	AbateOutros	Abate e preparação de carnes
25	OutIndAlim	Indústria do café, indústria de laticínio, indústria de açúcar, outros produtos alimentares e de bebidas
26	FabOleoVeg	Fabricação e refino de óleo vegetal e de gorduras para alimentação
27	IndDiversas	Indústrias diversas
28	Comercio	Comércio
29	Transportes	Transportes
30	ServFamilias	Serviços prestados às famílias
31	OutServicos	Serviços industriais de utilidade pública, comunicações, instituições financeiras, serviços prestados às empresas, aluguel de imóveis, administração pública, serviços privados não-mercantis, construção civil

Fonte: Dados da pesquisa.

Regiões		
1 Rondônia	10 Ceará	19 Rio de Janeiro
2 Acre	11 Rio Grande do Norte	20 São Paulo
3 Amazonas	12 Paraíba	21 Paraná
4 Roraima	13 Pernambuco	22 Santa Catarina
5 Pará	14 Alagoas	23 Rio Grande do Sul
6 Amapá	15 Sergipe	24 Mato Grosso do Sul
7 Tocantins	16 Bahia	25 Mato Grosso
8 Maranhão	17 Minas Gerais	26 Goiás
9 Piauí	18 Espírito Santo	27 Distrito Federal

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO E – Valores de produção de setores selecionados em relação ao PIB estadual e de Macrorregiões Brasileiras

Estados/Regiões	Milho em grãos	Bovino	Suíno	Leite natural	Aves vivas	Beneficiamento vegetal	Abate aves	Abates outros	Outras indústrias de alimento	Total(1)	PIB	Total(1)/PIB*100
1 Rondonia	26,21	37,84	6,77	136,28	3,74	70,62	15,60	467,99	245,10	1010,17	7167,00	14,09
2 Acre	9,99	160,71	1,32	43,32	1,74	20,49	0,15	186,58	42,24	466,54	2643,03	17,65
3 Amazonas	4,75	40,50	2,30	48,53	0,61	86,60	0,47	3,42	1157,58	1344,77	15426,11	8,72
4 Roraima	7,72	23,85	0,43	6,53	0,35	20,16	0,06	0,57	25,17	84,85	1378,21	6,16
5 Para	119,55	272,53	0,39	214,34	10,49	278,08	42,51	1008,91	670,10	2616,89	29449,50	8,89
6 Amapa	0,50	1,02	0,23	2,42	0,02	7,63	0,03	0,97	29,83	42,64	3700,03	1,15
7 Tocantins	27,04	194,54	0,57	66,07	2,81	118,82	5,77	388,09	98,43	902,15	5603,33	16,10
8 Maranhao	62,80	187,05	0,08	90,30	1,83	212,19	1,65	351,04	212,45	1119,41	13554,07	8,26
9 Piaui	31,31	66,33	6,63	74,17	4,86	115,35	3,53	128,56	225,56	656,30	6421,56	10,22
10 Ceara	60,01	86,64	21,65	216,13	5,20	683,50	5,83	355,36	1312,62	2746,94	30329,50	9,06
11 RGNorte	1,94	19,89	0,72	90,94	4,12	144,59	16,90	46,73	417,35	743,18	23113,76	3,22
12 Paraiba	1,93	46,07	0,86	60,74	1,66	130,74	4,77	25,79	653,56	926,12	13835,94	6,69
13 Pernambuco	5,24	11,34	23,14	226,90	154,61	793,20	150,44	376,22	2716,50	4457,60	42484,93	10,49
14 Alagoas	6,45	27,12	15,00	139,00	5,68	119,50	2,26	146,37	1515,21	1976,59	11301,55	17,49
15 Sergipe	11,12	54,43	0,16	51,14	3,16	91,14	10,08	3,40	397,70	622,33	12143,23	5,12
16 Bahia	190,69	808,52	21,31	422,97	17,62	502,23	30,46	406,76	1806,65	4207,22	82977,73	5,07
17 Minas	644,87	3730,89	379,77	2967,11	858,22	1895,76	761,70	1982,30	7661,85	20882,48	178698,23	11,69
18 EspSanto	25,17	14,73	19,80	160,48	34,40	613,81	13,13	184,01	793,85	1859,37	30463,76	6,10
19 RioJaneiro	5,58	392,04	6,17	348,22	171,39	1685,02	256,96	125,61	4133,33	7124,34	313580,31	2,27
20 SaoPaulo	663,76	1362,74	185,28	1656,70	1655,22	11624,38	1804,42	3658,79	31018,85	53630,14	879541,50	6,10
21 Parana	1730,39	2105,10	588,89	874,71	2518,71	2098,45	2519,69	2178,28	7873,43	22487,65	128401,59	17,51
22 StaCatari	530,38	206,54	1369,31	434,49	2508,47	1270,14	2564,97	3398,24	2153,25	14435,80	81858,73	17,64
23 RGSul	1106,55	974,57	801,45	998,58	2194,06	3790,83	2351,17	3038,32	7288,71	22544,24	154625,94	14,58
24 MtGrSul	270,20	1522,54	168,13	171,56	382,32	202,21	197,02	3370,48	831,86	7116,32	21437,30	33,20
25 MtGrosso	194,09	682,95	50,84	225,15	68,81	517,35	110,88	1938,11	1123,20	4911,38	23409,53	20,98
26 Goias	527,39	741,08	104,64	918,68	346,77	936,02	440,66	2027,88	2293,32	8336,43	45742,67	18,22
27 DF	19,38	52,72	7,02	29,62	28,23	119,42	113,85	14,91	456,24	841,39	46584,91	1,81
Total	6285,01	13824,31	3782,88	10675,09	10985,10	28148,22	11424,98	25813,71	77153,94	188093,23	2205874,00	8,53
Norte	195,76	731,01	12,01	517,50	19,76	602,39	64,60	2056,53	2268,45	6468,01	65367,22	9,89
Nordeste	371,48	1307,40	89,56	1372,28	198,74	2792,44	225,93	1840,24	9257,60	17455,68	236162,26	7,39
Sudeste	1339,38	5500,40	591,02	5132,52	2719,23	15818,98	2836,21	5950,71	43607,88	83496,33	1402283,81	5,95
Sul	3367,32	3286,21	2759,66	2307,78	7221,24	7159,41	7435,83	8614,84	17315,39	59467,69	364886,26	16,30
Centro-Oeste	1011,06	2999,29	330,64	1345,01	826,13	1775,00	862,41	7351,38	4704,61	21205,52	137174,41	15,46

Fonte: Elaborado com base na matriz insumo-produto brasileira de 2001 (SANTOS, 2006)

(1) Soma de todos os setores, milho em grãos até outras indústrias de alimento.

ANEXO F - CD-ROM com a descrição completa do modelo TERM-BR, parâmetros e a base de dados utilizada para a implementação do modelo no *software* GEMPACK