

# Impactos Econômicos para o Brasil de um Choque Tecnológico na Produção de Etanol

Flavio Tosi Feijó

*Professor Adjunto da Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG),  
Doutor em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil*

Augusto Mussi Alvim

*Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia da Pontifícia Universidade  
Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Doutor em Economia pela Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil*

---

## Resumo

O objetivo deste artigo é avaliar os impactos econômicos no Brasil quando ocorre uma mudança tecnológica no setor de cana-de-açúcar, em função de um aumento da demanda mundial por etanol. O instrumento utilizado para as simulações dos cenários, o GTAP (*Global Trade Analysis Project*), trata-se de um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) que dispõe de uma base de dados de 87 países e 57 setores e suas interligações. Os resultados obtidos com as simulações apresentaram ganhos de bem-estar e aumento do PIB para todas as regiões consideradas no modelo. Para o Brasil, o cenário que mostra maiores ganhos ocorre quando se simula uma melhora tecnológica e uma liberação total para a comercialização do etanol. Esses ganhos viriam, principalmente, do efeito direto da melhora tecnológica na produção e da melhor alocação dos recursos produtivos nos setores de manufaturas e no próprio setor sucroalcooleiro.

*Palavras-chave:* Etanol, Tecnologia, GTAP

*Classificação JEL:* I31, O14, Q27

---

## Abstract

This paper analyses the economic effects on Brazil of a technological improvement in the sugar cane sector in the case of an increase in worldwide ethanol demand. The instrument employed to perform the simulations is based on GTAP (*Global Trade Analysis Project*), a Computable General Equilibrium (CGE) model with a database of 87 countries and 57 sectors and its relationships. The results show that all regions of the model would have welfare gains and GDP increases. When it comes to Brazil, the best scenario would be the one with technological improvement along with the total elimination of ethanol commercial barriers. These gains would mainly come from the direct effects of technological improvement in production and from the best allocation of the productive resources in the manufacture sector as well as in the sugar cane sector itself.

---

## 1. Introdução

Com o aumento da preocupação com o aquecimento global e o incremento nos preços de combustíveis nos últimos anos, existe cada vez mais a necessidade de buscar novas alternativas de energia. O álcool é um dos produtos brasileiros com maior potencial de expansão para os próximos anos. Isso também decorre do fato dos países signatários do Protocolo de Quioto considerarem os biocombustíveis como uma boa alternativa para a redução dos gases poluentes na atmosfera.<sup>1</sup> Como exemplo, pode-se citar o Japão, que pretende alterar a mistura da gasolina, acrescentando 3% de etanol, o que representa uma demanda adicional de seis bilhões de litros de álcool anidro por ano (Carvalho 2001).

Segundo o Protocolo de Quioto (1997), o mundo terá que reduzir 25% das emissões de dióxido de carbono pela queima de motores a gasolina. Uma das alternativas a essa redução é a utilização do álcool combustível que, sendo anidro ou hidratado, substitui o uso de combustíveis fósseis. O Brasil, além de ser o maior produtor mundial de etanol, ainda é o pioneiro no desenvolvimento da tecnologia dos motores adaptados a esse combustível. Desde 2003, ocorre a produção dos carros bicombustíveis, fato que impulsionou a demanda de modo a atrair a atenção de investidores interessados em importar a nossa tecnologia a fim de cumprirem as metas do Protocolo.

O álcool combustível ou carburante é também conhecido como etanol, álcool etílico e álcool de biomassa. Pode ser obtido a partir de qualquer tipo de matéria orgânica que contenha açúcar, amido ou material com teor de celulose. É um produto renovável e limpo, que contribui para a redução do efeito estufa e diminui substancialmente a poluição do ar, minimizando os seus impactos na saúde pública. No Brasil, o uso intenso do álcool restringe a emissão de poluentes da crescente frota de veículos, principalmente monóxido de carbono, óxidos de enxofre e compostos orgânicos tóxicos como o benzeno e compostos de chumbo (UNICA 2006).

Entretanto, para que o Brasil possa se beneficiar do crescente interesse pelo biocombustível nos países da União Européia, Estados Unidos, Japão, entre outros, a tecnologia, as condições de infra-estrutura, e as oportunidades de crédito (considerados pontos fracos do setor sucroalcooleiro no Brasil) devem ser melhoradas. Com o propósito de atender toda essa potencial demanda por etanol, a tecnologia ocupa, certamente, um lugar especial entre os requisitos básicos.

Assim, pretende-se com o presente trabalho fazer uma avaliação de possíveis cenários de expansão tecnológica para os setores produtores de álcool no Brasil e no mundo, com a possibilidade também de uma liberalização comercial através da

---

\* Recebido em novembro de 2008, aprovado em setembro de 2010.

E-mail addresses: [tosifl@yahoo.com.br](mailto:tosifl@yahoo.com.br), [augusto.alvim@pucrs.br](mailto:augusto.alvim@pucrs.br)

<sup>1</sup> Tratado assinado na cidade de Quioto, no Japão, após uma série de negociações que se iniciaram concretamente com a adoção da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, em Nova York, nos Estados Unidos, em 1992. O documento foi apresentado com propostas concretas em 1997, quando foi aberto à adesão dos países. Seu objetivo é estabilizar para uma média de 5,2%, em relação aos níveis de 1990, as emissões de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal (Pereira e May 2003).

eliminação das barreiras tarifárias. Um dos instrumentos econômicos que tem sido recentemente utilizado para avaliar simulações de cenários é o modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC). Uma grande contribuição dos modelos EGC é que os mesmos podem fornecer informações *ex ante* para os formuladores de políticas, através da apresentação de cenários alternativos de situações reais. Segundo Feijó e Azevedo (2006), esses modelos focalizam a interdependência dos mercados, possibilitando que se façam inferências sobre os impactos diretos e indiretos de externalidades de choques tecnológicos e de redução de tarifas comerciais sobre os custos de produção e bem-estar do consumidor, entre outros resultados.

Além desta introdução, este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica na próxima seção; em seguida são discutidas as principais características do modelo, especialmente no que se refere à tecnologia e à construção dos cenários. Na quarta seção são analisados os resultados das simulações e suas respectivas análises, especialmente para o Brasil. Por fim são apresentadas as principais contribuições do estudo nas considerações finais.

## **2. Evidências Empíricas sobre Modelos de Equilíbrio Geral, Produção de Etanol e seus Efeitos sobre a Atividade Econômica**

A energia é um importante fator de produção na economia global onde 90% do total de energia utilizada são provenientes de combustíveis fósseis como, por exemplo, petróleo, carvão e gás, ou seja, de recursos não renováveis (Birur et alii 2008). Todavia nos últimos anos tem ocorrido um crescimento significativo na produção de energia renovável, a exemplo da produção de biocombustíveis (etanol e biodiesel). A produção mundial de etanol passou de 20 bilhões de litros para 50 bilhões de litros e a de biodiesel cresceu de 757 milhões de litros para 3,8 bilhões de litros no período de 2001 a 2005 (Banse et alii 2008).

A produção de biocombustíveis no mundo vem sendo estimulado pelo aumento da demanda por energia e pelo incremento nos preços dos combustíveis, o que tem propiciado um ambiente mais favorável para a pesquisa e o uso de novas fontes de energia renovável, em particular a bionergia (Rosegrant et alii 2008).

Frente à dependência do petróleo e ao interesse global em reduzir as emissões de gás carbono, os biocombustíveis tornaram-se um ponto estratégico para países como Brasil, Estados Unidos e União Européia (UE). Em termos de incentivos, essas regiões concedem subsídios e/ou isenções tributárias para a produção de energia a partir de fontes agrícolas (Birur et alii 2008). Associado a estas políticas, os países da UE têm aplicado barreiras técnicas e não tarifárias aos países exportadores de biocombustíveis. Adotando também uma postura protecionista, os Estados Unidos impõe barreiras comerciais ao etanol importado e subsidia a produção de milho e etanol (Nappo 2007; Coelho 2005; Botelho e Hernandez 2008).

No mundo o etanol é produzido, principalmente, no Brasil e nos Estados Unidos os quais juntos eram responsáveis por aproximadamente 90% da produção mundial em 2005 (Rosegrant et alii 2008). No Brasil a produção de etanol é baseada na

cana-de-açúcar, enquanto nos Estados Unidos utiliza-se de milho para produzir etanol. Além destes países, a produção de etanol é baseada na cultura do milho na China, França, Alemanha, Rússia e Canadá, enquanto na Índia utiliza-se a cana-de-açúcar (Birur et alii 2008).

Entre os estudos que analisam os impactos do mercado de biocombustíveis utilizando o modelo GTAP (*Global Trade Analysis Project*) na economia americana e europeia têm-se o de Sims (2003) e Gohin e Moschini (2007). Ambos utilizam um modelo de equilíbrio geral para avaliar os impactos econômicos do uso de biocombustíveis sobre os diversos setores da economia. Os estudos incorporam no modelo a possibilidade de substituição entre as tradicionais fontes de energia não renovável e os biocombustíveis (etanol e/ou biodiesel) e avaliam os ganhos e as perdas para todos os segmentos e regiões.

Mais recentemente têm-se os estudos de Birur et alii (2008) e Banse et alii (2008) para a economia americana; e no Brasil o estudo de Gurgel (2009) que analisa os impactos do biocombustíveis sobre o setor agrícola para diversas regiões. A exemplo disto, Birur et alii (2008) introduziram no modelo GTAP-Energy desenvolvido por Burniaux e Truong (2002) o setor de biocombustíveis como uma alternativa para o fornecimento de energia. O objetivo do trabalho é avaliar os impactos da produção de biocombustíveis sobre o mercado agrícola e o uso da terra. Os autores consideram a produção de etanol e biodiesel, sendo o etanol produzido a partir de grãos, cana-de-açúcar e beterraba e o biodiesel produzido a partir de oleaginosas. Os resultados mostram que para elevados preços do petróleo, os biocombustíveis substituem os principais derivados de petróleo. Nos cenários simulados, no mercado de biocombustíveis existe um aumento na demanda por grãos nas três maiores regiões produtoras: EUA, UE e Brasil. Existe uma maior área utilizada de milho nos EUA, oleaginosas na UE e cana-de-açúcar no Brasil, afetando negativamente a área plantada de arroz e trigo em todas as regiões.

Já o artigo de Banse et alii (2008) avalia as implicações setoriais e globais da diretiva 2003/30/CE da UE que regulamenta o uso de biocombustíveis nos diversos países-membros, e cujo objetivo principal é substituir gradativamente o uso de diesel e de gasolina por biocombustíveis. Utilizando de um modelo de equilíbrio geral (GTAP-E), os autores assumem que produtos agrícolas como óleos vegetais, cana-de-açúcar, beterraba e grãos são utilizados como produtos intermediários juntamente com o petróleo cru para produzir combustíveis. Os resultados mostram que a maior demanda por biocombustíveis decorrente da diretiva da UE determina um forte impacto sobre o mercado agrícola global e europeu. A longa tendência de queda dos preços agrícolas tende a se estabilizar e pode ser revertida em função da maior demanda por biocombustíveis. Por sua vez, a UE não terá condições de incrementar a produção agrícola a ponto de atender a demanda total doméstica, o que determinará um elevado déficit comercial agrícola. A produção de grãos para biocombustíveis deverá expandir, principalmente, em outros países industrializados e especialmente na América Central e do Sul (Brasil).

Por fim, o estudo de Gurgel (2009) tem por objetivo avaliar o impacto do crescimento da demanda de etanol sobre a produção agrícola e o uso da terra

no Brasil e nos EUA. Para isto são avaliados os prováveis impactos da expansão dos biocombustíveis sobre os mercados agrícolas e o uso da terra. Como principal resultado observa-se no primeiro cenário, que o crescimento da produção da cana-de-açúcar no Brasil ocorre à custa da redução da produção das demais culturas, sendo o trigo e o arroz as mais afetadas. Nos EUA observa-se um crescimento da produção de milho de 14,3% para atender a demanda da indústria de biocombustível por esta matéria-prima. Já no segundo cenário, o aumento de 208% na produção de cana-de-açúcar no Brasil levaria a reduções ainda mais pronunciadas nas culturas de arroz e trigo (-9%), afetando também de forma negativa e considerável a cultura da soja (-4%) e outras culturas em geral (-6%). Neste cenário, o maior crescimento na produção de etanol tanto nos EUA quanto no Brasil provoca expansões mais pronunciadas nas áreas de culturas e reduções mais intensas nas áreas cobertas por outras categorias de uso da terra. No terceiro cenário o aumento da área agrícola concentra-se todo no Brasil, já que este passa a suprir etanol para o mercado e para a economia americana como reflexo da queda das tarifas de importação e subsídios ao etanol nos EUA.

Para os estudos analisados, observa-se que a demanda por biocombustíveis afeta de forma significativa e positiva a produção e o comércio de produtos agrícolas, afetando a alocação de recursos naturais, a localização das atividades e os preços agrícolas nas principais regiões analisadas. Na próxima seção é apresentada a metodologia e detalhado o modelo de equilíbrio geral que é utilizado neste estudo.

### 3. O Modelo e a Metodologia

Não é intenção descrever detalhadamente o modelo GTAP (*Global Trade Analysis Project*), pois sua teoria já está muito bem documentada em Hertel (1997). Entretanto, resumidamente, pode-se dizer que o GTAP é um modelo padrão multirregional de equilíbrio geral aplicável que assume retornos constantes de escala e competição perfeita nas atividades de produção e consumo. O funcionamento da economia global do GTAP pode ser explicado por meio da análise de uma região arbitrária e seus relacionamentos com as outras regiões, através da imposição de condições de equilíbrio entre os agentes globais. Em cada região existem ( $j$ ) indústrias utilizando ( $i$ ) fatores primários e ( $i$ ) insumos intermediários, tanto produzidos localmente quanto importados.<sup>2</sup>

Os fatores primários são de propriedade dos agentes domésticos (representado por um “agente regional”), que também recebem todas as receitas de impostos recolhidas na região e fazem as devidas transferências para o resto do mundo. Os agentes alocam suas rendas para o consumo privado, consumo do governo (através do financiamento de todos os gastos do governo) e poupança. O governo utiliza os recursos disponibilizados pelo agente regional para comprar bens e serviços

---

<sup>2</sup> A nomenclatura adotada no GTAP, por convenção, utiliza a letra “ $i$ ” para designar indiscriminadamente produtos, insumos e fatores de produção.

(domésticos e importados). Um sistema tributário impõe os impostos em cada transação e repassa a receita para o agente via transferências *lump sum*.

Os exportadores compram mercadorias a preços de mercado, pagam impostos de exportação para o sistema tributário e vendem bens para um "comerciante global". Os comerciantes globais compram os bens das regiões exportadoras e vendem para as regiões importadoras. Nesta transação, os mesmos utilizam um serviço de transporte fornecido pelo "setor de transportes global". Os importadores compram produtos produzidos ao redor do mundo dos comerciantes globais, pagam tarifas de importação para o governo local e vendem as mercadorias importadas aos vários agentes domésticos a preços de mercado.

### 3.1. Mudança tecnológica no GTAP

O modelo utiliza uma estrutura de "ninho" de três níveis na especificação da função de produção, conforme ilustrado na Figura 1. No topo, a função de produção assume substitutibilidade zero entre os fatores primários de produção e os insumos intermediários (tecnologia de Leontief). Assim, o *mix* ótimo de fatores primários é independente dos preços dos insumos intermediários, enquanto o *mix* ótimo de insumos intermediários não varia com o preço dos fatores primários. Como o modelo não admite substituição entre intermediários e valor-adicionado,<sup>3</sup> o efeito substituição causado pelo preço relativo é suprimido, ficando apenas o efeito expansão. Nesse nível da árvore tecnológica existem três tipos de mudança tecnológica. As variáveis  $ava(j, r)$ , e  $af(i, j, r)$  referem-se respectivamente, às mudanças tecnológicas nos insumos dos grupos valor-adicionado e intermediários. A variável  $ao(j, r)$  à mudança tecnológica Hicks-neutra.<sup>4</sup> Essa última reduz o requerimento de insumo associado à produção de um dado nível de produto.

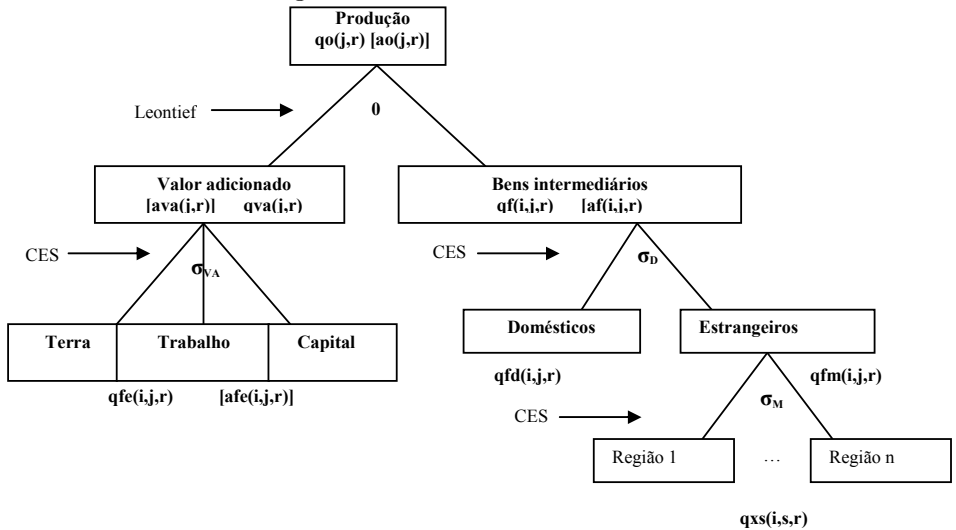
O segundo nível envolve uma função CES (elasticidade de substituição constante) tanto entre os fatores de produção terra, capital e trabalho ( $\sigma_{VA}$ ), como entre os insumos intermediários ( $\sigma_D$ ). Pelo lado dos insumos intermediários, as firmas inicialmente determinam o *mix* ótimo de insumos domésticos e importados e somente depois decidem a respeito da origem das importações (hipótese de *Armington*).<sup>5</sup> Ou seja, assume-se que os insumos importados são diferenciados por origem ( $\sigma_M$ , no terceiro nível da árvore tecnológica), assim como os insumos domésticos são discriminados em relação aos importados ( $\sigma_D$ ). O funcionamento da substituição entre os fatores primários é explicado a seguir com maiores detalhes, uma vez que é nesta estrutura de substituição que são implementados choques tecnológicos.

<sup>3</sup> Essa simplificação resulta da suposição do modelo que assume uma função Leontief nesse nível de produção.

<sup>4</sup> Uma mudança é considerada Hicks-neutra se ela não afeta o equilíbrio da participação de capital e trabalho na função de produção.

<sup>5</sup> A estrutura de preferências de *Armington* implica que um bem produzido em uma região é um substituto imperfeito para bens produzidos pela mesma indústria em outras regiões. Ou seja, a mesma *commodity*, de diferentes fontes, pode ser comercializada a preços diferentes (Azevedo 2003).

Fig. 1. Estrutura Produtiva do GTAP



Fonte: Hertel (1997).

Para ilustrar como um choque tecnológico pode afetar a demanda pelos fatores no modelo, apresenta-se abaixo as equações (1) e (2).<sup>6</sup> Essas equações descrevem o ninho do valor adicionado da árvore tecnológica. Especificamente, elas explicam as variações nos preços dos fatores de produção do grupo valor-adicionado (*pva* na equação 1) e na demanda condicional pelos fatores (*qfe* na equação 2) para o fator capital, terra e trabalho em cada setor.<sup>7</sup>

$$pva(j, r) = \sum_{k \in ENDW} SVA(i, j, r) \cdot [pfe(i, j, r) - afe(i, j, r)] \quad (1)$$

$$qfe(i, j, r) + afe(i, j, r) = qva(j, r) - \sigma_{VA}(j) \cdot [pfe(i, j, r) - afe(i, j, r) - pva(j, r)] \quad (2)$$

As equações incluem variáveis que governam a taxa de melhora tecnológica do fator primário, *afe(i, j, r)*. Essa taxa representa a variação efetiva do insumo primário *i* no setor *j* da região *r*. Como um valor de *afe(i, j, r) > 0* (choque tecnológico positivo) resulta em um declínio no preço efetivo do fator primário *i*, o mesmo aparece nas duas equações como uma dedução de *pfe(i, j, r)* e, portanto, tem as seguintes implicações:

<sup>6</sup> Devido ao processo de linearização de funções utilizado no GTAP, as variáveis denotadas em caixa baixa referem-se a variações percentuais.

<sup>7</sup> O coeficiente *SVA(i, j, r)* refere-se à participação do fator *i* no custo total do valor-adicionado no setor/indústria *j* da região *r*.

- a) encorajar a substituição de outros insumos primários pelo insumo primário  $qfe(i, j, r)$ . Isso pode ser ilustrado através da observação do lado direito da igualdade da equação (2);
  - b) aumento da demanda pelo insumo primário  $qfe(i, j, r)$ , através do lado esquerdo da mesma equação;
  - c) redução do custo para o grupo valor-adicionado via equação (1).
- Mecanismo semelhante governa uma mudança tecnológica no grupo dos insumos intermediários.

### 3.2. *Fechamento (Closure) e agregação*

O fechamento ou *closure* de um cenário pode ser considerado como uma maneira especial de escolha das variáveis endógenas e exógenas do modelo. Para que a resolução do modelo chegue a uma solução, é necessário que o número de equações seja igual ao número de variáveis endógenas. Como o número de variáveis geralmente é superior ao número de equações, devem ser selecionadas algumas variáveis para serem exógenas ao modelo (fixas). O *closure* macroeconômico utilizado neste modelo é chamado de neoclássico.<sup>8</sup> Neoclássico porque, ao contrário dos fechamentos não-neoclássicos que consideram o investimento fixo, esse permite o investimento se ajustar a variações na poupança. De acordo com Hertel (1997), o fechamento macroeconômico do modelo, dada a natureza estática do GTAP, não contempla a hipótese de o investimento afetar a capacidade produtiva de indústrias ou regiões em períodos subseqüentes. No entanto, os deslocamentos e fluxos de investimento poderão afetar a produção e o comércio através de seus efeitos sobre a demanda final. Nesses casos, as formas de contabilização do investimento em modelos estáticos são, geralmente de cunho não-neoclássicas, onde o investimento é fixo e outra variável se ajusta automaticamente. A solução encontrada pelo GTAP consiste na exogeinização da balança comercial e endogeinização tanto da poupança quanto do investimento nacionais, ou, mais usualmente, a permissão do ajuste da poupança e do investimento globais através de um terceiro agente, o “*global sector*”. Os fatores de produção que tem mobilidade entre os setores são capital, mão de obra. O grau de mobilidade dos fatores de produção é governado por uma elasticidade de transformação constante. Terra é o fator de produção imóvel.

Os critérios de agregação utilizados para simulações de EGC não seguem uma regra única e dependem basicamente do interesse do pesquisador. Na agregação regional, quando a ênfase é dada para a formação de blocos regionais, por exemplo, geralmente procura-se contemplar os principais parceiros comerciais envolvidos no experimento (Feijó 2005). As agregações podem ser observadas no Quadro 1. O equilíbrio inicial foi caracterizado pela economia no ano de 2001, de acordo com

---

<sup>8</sup> O termo “*closure*” macroeconômico foi utilizado por Sen (1963) para definir uma situação na qual não existe mecanismo intertemporal para definir o investimento, ou seja, o modelo precisa ser “fechado” em determinado ponto do tempo.



a base de dados do GTAP. Na agregação regional, os blocos foram separados de acordo com os principais produtores e mercados consumidores, porém o presente trabalho detém a sua análise no Brasil.

Quadro 1 – Agregação regional e setorial

Agregação regional	Agregação setorial
1. BRASIL	1. Cana – Açúcar e cana-de-açúcar
2. EUA	2. Milho – Milho
3. RNAFTA – México e Canadá.	3. Alimentos – Arroz com casca, arroz processado, trigo, outros cereais em grão, vegetais, frutas e nozes, fibras à base de plantas, outras colheitas, bovinos, ovinos, caprinos, equinos, outros produtos animais, leite não-processado, lã, bicho-da-seda, produtos da carne bovina, outros produtos da carne, óleos e gorduras vegetais, produtos diários, outros produtos alimentícios, bebidas e tabaco.
3. OPROD (outros produtores) – Austrália, China, Coreia, Tailândia, Índia e Colômbia.	
4. EU (União Europeia) – Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Reino Unido, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Holanda, Portugal, Espanha, Suécia.	4. Manufaturas – Silvicultura, pesca, carvão, petróleo, gás natural, minerais, têxteis, vestuário, produtos de couro, produtos de madeira, produtos de papel, publicações, produtos derivados do petróleo e carvão, produtos químicos, de borracha e de plástico, outros produtos minerais, metais ferrosos, outros metais, produtos de metal, veículos e suas partes, equipamentos de transporte, equipamentos eletrônicos, outras máquinas e equipamentos, outras manufaturas.
4. RESTO DO MUNDO (ROW) – Suíça Nova Zelândia, Japão, Resto da Área de Livre-comércio da Europa, Resto do EFTA, Albânia, Bulgária, Croácia, Chipre, República Checa, Hungria, Malta, Polónia, Romênia, Eslováquia, Eslovênia, Estônia, Letônia, Lituânia, Federação Russa, Resto da Antiga URSS, Turquia, Resto do Oriente Médio, Marrocos, Tunísia, Resto da África do Norte, Botsuana, África do Sul, Resto da União África do Sul, Malawi, Moçambique, Tanzânia, Zâmbia, Zimbábue, Outros da África do Sul, Madagascar, Uganda, Resto da África Sub-Sahariana, Argentina, Uruguai, América Central, Caribe, Peru, Venezuela, Resto do Pacto Andino, Chile, Resto da América do Sul, China, Coreia, Taiwan, Indonésia, Malásia, Singapura, Vietnam, Resto da Antiga União Soviética, Resto da União Aduaneira da África do Sul, Resto da África Sub-Saariana, Resto do mundo.	4. Serviços – Eletricidade, produção e distribuição de gás natural, água, construção, comércio, transporte aquático, transporte aéreo, outros transportes, comunicação, outros serviços financeiros, seguros, outros negócios, recreação e outros serviços, administração pública e defesa, educação, saúde, habitação.

Fonte: Base de dados do GTAP 6.

A agregação setorial usada foi separada de acordo com os principais setores interligados ao setor a ser afetado pelo choque, que é o de cana-de-açúcar. Como não foi possível desagregar o etanol, por não constituir um setor isolado na base de dados do modelo, foram adotadas como *proxies* para o mesmo – cana e açúcar para o Brasil e outros produtores, e milho para os EUA – já que a oferta desses setores pode ser adaptada facilmente para a produção de etanol, conforme os interesses

comerciais dos produtores. Por isso, a partir deste momento, utilizar-se-á os termos etanol e cana como sinônimos.

### 3.3. Cenários

Com a “nova” expansão no uso do etanol nos carros *flex*, como uma alternativa aos combustíveis derivados de petróleo, o setor está se vendo pressionado a tomar medidas que ajudem a expandir a produção de maneira a responder a essa demanda crescente. O Brasil, apesar de ser o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, ainda tem um grande potencial a ser explorado em termos de eficiência econômica, e isso pode ser obtido através da simulação de choques de tecnologia no processo de produção da cana para o Brasil e outros produtores, e de milho para os EUA (quando for o caso).

O uso de avançadas tecnologias agrícolas, industriais e novas formas de gestão evidenciam a preocupação em reduzir custos, bem como o intenso aproveitamento econômico dos subprodutos derivados da cana. Ademais, a crescente concentração da produção em grandes grupos e a entrada de capital estrangeiro no setor canavieiro também constitui importantes mudanças nesse mercado. Cabe frisar que a competitividade é entendida como a capacidade da empresa de formular e/ou implementar estratégias concorrenciais, que lhes possibilitem aumentar ou mesmo preservar uma posição sustentável no mercado. (mas usa retornos constantes de escala no modelo).

Como exposto na metodologia deste trabalho, um choque tecnológico positivo tem a propriedade de reduzir o preço dos insumos utilizados no processo produtivo. As variáveis selecionadas para receber os choques são as seguintes: ao  $(j, r)$  – (tecnologia na produção do setor  $j$  da região  $r$ ); afeall  $(i, j, r)$  – tecnologia na utilização do insumo primário  $i$ , utilizado pelo setor  $j$ , na região  $r$ ; e afall  $(i, j, r)$  – tecnologia na utilização do insumo intermediário  $i$ , pelo setor  $j$  na região  $r$ . Devido ao fato da base de dados do GTAP não contemplar o setor de produção de etanol isoladamente foi necessário adotar como uma *proxy* para esse produto os insumos cana-de-açúcar e/ou milho, dependendo do caso.<sup>9</sup>

#### a) *CenR* (cenário referência) – Choque tecnológico no mundo

Este cenário promove a simulação de um choque de tecnologia na produção de etanol (*proxy*) nos principais produtores mundiais para tentar captar uma situação de aumento na utilização desse combustível como alternativa aos combustíveis fósseis no mundo. Os choques nessa simulação envolvem melhoras tecnológicas nas regiões do Brasil, EUA e OPROD. Foi assumido que a cana é o insumo utilizado no Brasil e em OPROD para a produção de etanol, enquanto que nos EUA o insumo utilizado é o milho.

#### b) *Cen1* – Choque tecnológico no Brasil

Este cenário é representativo de uma situação na qual a utilização mais intensiva do

<sup>9</sup> Os choques nos mesmos estão sumarizados no Quadro 2.

Quadro 2 – Sumário dos choques de melhora tecnológica

Experimento	CenR		Cen1		Cen2*		Cen3	
	$\Delta$ Tec	PART.	$\Delta$ Tec	PART.	$\Delta$ Tec	PART.	$\Delta$ Tec	PART.
Brasil	30%	Sim	30%	Sim	30%	Sim	30%	Sim
EUA	30%	Sim	–	Não	–	Não	30%	Sim
OPROD	30%	Sim	–	Não	–	Não	–	Não
RNAFTA	–	Sim	–	Não	–	Não	–	Não
EU	–	Sim	–	Não	–	Não	–	Não
ROW	–	Sim	–	Não	–	Não	–	Não

Nota: PART significa se o país adere ou não ao uso do etanol como combustível.

\*Este cenário contempla também a liberação comercial para o etanol.

etanol ficaria restrita às fronteiras geográficas do Brasil. Assim, somente os choques relativos ao Brasil foram simulados.

c) *Cen2 – Choque tecnológico no Brasil com liberação comercial*

Neste, além dos choques implementados no cenário “b” acima, foi simulada a completa remoção de barreiras ao comércio mundial de etanol, através da remoção das tarifas de exportação e importação entre todas as regiões contempladas pela base de dados utilizada neste modelo.

d) *Cen3 – Choque tecnológico no Brasil e EUA*

Este cenário é construído sob a premissa que somente o Brasil e os EUA passem a utilizar intensivamente o etanol como substituto aos combustíveis fósseis e, portanto, os choques de melhora tecnológica são implementados somente nesses países.

### 3.4. Impactos no bem-estar econômico e sua decomposição

Antes de se partir para a análise dos resultados, cumpre-se fazer um breve comentário sobre o que vem a ser bem-estar e sua decomposição no contexto deste trabalho. A fonte de variação de bem-estar gerada no *GTAP* é resultado, por exemplo, da retirada ou imposição de distorções (impostos, subsídios e taxas) ou então devido a variações na condição tecnológica de determinado mercado em dada região.<sup>10</sup> A Variação Equivalente (*EV*) associada com uma perturbação no equilíbrio do modelo *GTAP* (medida utilizada como *proxy* para o bem-estar econômico) é igual a diferença entre a despesa requerida para obter o novo nível de utilidade (após a simulação) aos preços iniciais (*YEV*) e o nível de utilidade disponível no equilíbrio inicial (*Y*), ou seja,  $EV = YEV - Y$  (McDougall, 2001).

<sup>10</sup> O tamanho do ganho associado à retirada dessa distorção é uma função do tamanho da distorção inicial, da magnitude dessa variação, e da sensibilidade de resposta do mercado atingido por tal mudança.

Essa medida pode ser decomposta em quatro componentes: efeitos tecnológicos (no caso específico deste trabalho), efeitos alocativos, termos de troca, e o saldo investimento-poupança. Os efeitos sobre esses componentes serão mais bem explicados na exposição dos resultados a seguir.

#### 4. Resultados

Partindo de um estado de equilíbrio, em modelos de equilíbrio geral, o choques provocam um “desequilíbrio” através de uma variação exógena em determinada(s) variável(eis). Neste caso é simulada uma mudança tecnológica positiva na produção de cana-de-açúcar. Para o modelo atingir um novo equilíbrio, é preciso que ocorram mudanças em variáveis endógenas das equações do modelo. A seguir são exploradas em maiores detalhes algumas dessas variações.

A Tabela 1 mostra os ganhos (perdas) de bem-estar econômico representados pela variação equivalente da renda nos quatro cenários simulados nesta seção. Em termos globais, o cenário que apresenta maiores ganhos é o denominado de *CenR*.<sup>11</sup> Neste cenário todas as regiões são beneficiadas com o choque tecnológico, o qual propicia ganhos para produtores e consumidores. Em âmbito regional, observa-se que os EUA obteriam o melhor resultado em termos absolutos, contabilizando um ganho de US\$ 7,8 bilhões nesse cenário. Apesar de o Brasil ser o maior produtor mundial de etanol, ele aparece em terceiro lugar por esse critério, logo após de OPROD (US\$ 6,8 bilhões).

Analisando-se isoladamente o Brasil, verifica-se que a melhor situação ficaria por conta do *Cen2*. Este cenário traria maiores ganhos, pois o Brasil, além de ser beneficiado pela melhora tecnológica, também o é pela remoção das restrições à entrada do etanol em todos os países do mundo. Essa situação pode ser observada isoladamente através da Tabela 1 no subtotal referente ao cenário 2 (*SubCen2*) no valor de US\$ 181 milhões. Curiosamente, o uso intensivo do etanol no mundo, que é representado por *CenR*, é o cenário que apresenta o menor valor em termos de bem-estar econômico para o Brasil (US\$ 2,4 bilhões). À medida que a análise é aprofundada são identificados os fatores condicionantes dessa situação.

Como esperado, o efeito tecnológico é a fonte de maior ganho para Brasil em todos os cenários (Tabela 2). Considerando os outros efeitos, observa-se que o efeito alocativo é o segundo maior responsável pelos ganhos de bem-estar obtidos, sendo que no *Cen2* é atingido o valor de US\$ 449 milhões. É também no *Cen2* que o Brasil apresenta o melhor saldo de investimento-poupança (US\$ 53,7 milhões). O sinal positivo dessa variável significa que o país apresenta-se como um supridor líquido de poupança para o resto do mundo. Por outro lado, os termos de troca são afetados de forma negativa. A maior perda é verificada no *CenR*, US\$ 703 milhões.

O progresso tecnológico determina ganhos de produtividade e reduções nos custos na região (*r*) e no setor (*j*) influenciando os preços e quantidades produzidas. Na

<sup>11</sup> No somatório global da EV para as regiões do modelo (WEV), obtiveram-se os seguintes resultados em US\$ Bilhões: *CenR* = 25, 4; *Cen1* = 4, 0; *Cen2* = 8, 3 e *Cen3* = 16, 3.

Tabela 1

Variação do bem-estar econômico (EV) – US\$ milhões

Regiões	CenR	Cen1	Cen2	SubCen2	Cen3
Brasil	2.414,26	2.846,79	3.195,03	181,14	2.767,19
EUA	7.850,21	67,37	42,11	-21,53	7.684,51
OPROD	6.858,99	-31,47	447,72	547,18	753,49
RNAFTA	969,60	21,28	35,03	17,89	878,93
EU	829,96	179,58	2.091,07	1.863,82	494,81
ROW	6.523,21	946,08	2.497,51	1.797,41	3.699,04

Fonte: Valores resultantes das simulações.

Tabela 2

Decomposição do bem-estar econômico no Brasil – US\$ milhões

Decomposição	CenR	Cen1	Cen2	Cen3
Alocativo	345,32	397,92	448,90	395,93
Tecnológico	2.739,31	3.017,23	3.164,42	3.014,74
Termos de Troca	-703,55	-621,92	-491,70	-692,58
Inv./Poup.	33,17	53,57	73,41	49,09
Total	2.414,26	2.846,79	3.195,03	2.767,19

Fonte: Valores resultantes das simulações.

Tabela 3 é possível observar que a produção é a variável mais impactada com a simulação de uma mudança tecnológica. A partir dos resultados da mesma tabela, é possível identificar o *Cen2* como aquele que apresenta um melhor desempenho e o *CenR*, o pior. Esse mesmo padrão de comportamento é mantido nos outros níveis, com os insumos intermediários proporcionando melhores resultados do que no nível de fatores primários.

Tabela 3

Fonte dos ganhos tecnológicos por cenários para o Brasil – US\$ milhões

Fonte —	Cenários	CenR	Cen1	Cen2	Cen3
Produção		1.850,17	2.083,22	2.206,64	2.081,16
Fator primário		334,82	379,26	402,91	378,74
Insumos		554,32	554,75	554,87	554,85
Total		2.739,31	3.017,23	3.164,42	3.014,74

Fonte: Valores resultantes das simulações.

Os efeitos alocativos da Tabela 4, no contexto dessas simulações, mostram que

a parcela do bem-estar proveniente dos ganhos de eficiência é ocasionada pela remoção das distorções causadas pela incidência de tarifas sobre o comércio ou por uma melhora tecnológica. Produtos domésticos e importados mais baratos, por exemplo, provocam ganhos tanto através do consumo ampliado como na forma como os recursos produtivos domésticos são aplicados. Os setores mais beneficiados pelos choques tecnológicos são, pela ordem no *Cen2* (maiores ganhos alocativos), o setor de manufaturas (US\$ 196,7 milhões), sucroálcooleiro ou Cana (US\$ 119,8 milhões), o de serviços (US\$ 80,3 milhões), e o de alimentos (US\$ 51,5 milhões). Os outros cenários mostram o mesmo padrão de ganhos para todos os setores considerados. O segundo melhor cenário é o que admite os choques somente no Brasil (*Cen1*), seguido pelos cenários *Cen3* e *CenR*.

Tabela 4

Efeito alocativo por setor e cenários no Brasil – US\$ milhões

Fonte —	Cenários	CenR	Cen1	Cen2	Cen3
Cana		59,52	91,03	119,81	90,76
Milho		2,55	0,31	0,48	2,65
Alimentos		50,01	52	51,58	50,91
Manufaturas		171,68	183,74	196,72	180,87
Servicos		61,57	70,83	80,3	70,73
Total		345,32	397,92	448,9	395,93

Fonte: Valores resultantes das simulações.

Neste modelo, a variação nos termos de troca é dada pela diferença entre as variações percentuais dos índices de preço recebido e pago pelos *tradables* produzidos e usados, respectivamente, em determinada região. Observa-se na Tabela 5 que a perda nos termos de troca no Brasil pode ser creditada exclusivamente ao setor Cana, haja vista que nos outros setores existem ganhos.

Tabela 5

Termos de troca por setor e cenários no Brasil – US\$ milhões

Fonte —	Cenários	CenR	Cen1	Cen2	Cen3
Cana		-901,63	-1145,17	-1257,11	-1148,14
Milho		1,33	8,81	12,56	4,72
Alimentos		27,14	96,85	159,99	89,03
Manufaturas		91,35	285,42	423,65	243,04
Servicos		77,25	131,27	168,51	117,77
Total		-704,56	-622,81	-492,4	-693,57

Fonte: Valores resultantes das simulações.

Essa piora nos termos de troca no setor de Cana, particularmente no *Cen2* onde ocorre a maior perda, é uma possibilidade que surge da liberação do comércio (via eliminação de tarifas) e da melhora tecnológica, uma vez que em ambas as situações ocorrem quedas nos preços. O resultado da piora nos termos de troca para o Brasil no *CenR* no total significa que o mundo pode ser beneficiado pela queda dos preços do etanol brasileiro.

#### 4.1. Impactos em outras variáveis macroeconômicas

Em termos globais, o aumento na atividade econômica, representada pela variável *qgdp* na Tabela 6 (índice de quantidade do PIB), é mais pronunciado no *CenR*. A simulação desse cenário gera crescimento econômico em todas as regiões consideradas pelo modelo. O Brasil é o maior beneficiado com um impacto sobre o PIB na ordem de 0,61%, seguido de OPROD e EUA com, respectivamente, 0,29% e 0,10%. Cabe ressaltar que estes valores, abaixo de 1%, são resultados comuns em simulações com modelos baseados em uma estrutura de mercado em que prevalece a competição perfeita (primeira geração).<sup>12</sup> Azevedo (2003) afirma, que nestes modelos, somente os ganhos estáticos associados a uma melhor alocação dos recursos e melhorias dos termos de troca e, no caso deste trabalho a tecnologia, são levados em consideração. Ao contrário, modelos com competição imperfeita (segunda geração) e modelos dinâmicos (terceira geração) tendem a apresentar uma magnitude maior como resultado de experimentos de políticas comerciais.

Tabela 6

Variação % do PIB (índice de quantidade de PIB – *qgdp*)

Fonte	Cenários CenR Cen1 Cen2 SubCen2 Cen3				
Brasil	0,61	0,68	0,72	0,01	0,68
EUA	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10
OPROD	0,29	0,00	-0,01	-0,01	0,03
RNAFTA	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03
EU	0,01	0,00	0,03	0,03	0,01
ROW	0,04	0,00	0,03	0,02	0,01

Fonte: Valores resultantes das simulações.

<sup>12</sup> Baldwin e Venables (1995) dividem a análise baseada em modelos de equilíbrio geral computável em três gerações conforme seus efeitos. A primeira fase se baseia em uma estrutura de mercado onde prevalece a competição perfeita onde ganhos dinâmicos não são considerados. Nestes modelos somente ganhos estáticos associados com uma melhor alocação de recursos e melhorias nos termos de troca tem lugar. A segunda fase compreende avaliações baseadas em modelos de competição imperfeita onde economias de escala e diferenciação de produto apresentam um papel relevante em determinados setores industriais. A terceira fase introduz os efeitos da integração nos níveis de poupança, investimento e crescimento econômico.

Para o Brasil, o melhor resultado sob a ótica do PIB ocorre mais uma vez no *Cen2*. Entretanto, observa-se que os outros cenários apresentam resultados muito próximos e que a diferença parece ocorrer devido ao fato do *Cen2* incluir a liberação comercial para o produto em questão. Os setores responsáveis pelo aumento do PIB nesse cenário são: o setor de Cana (100%), Serviços (0,29%) e de bens de capital (1,5%). Os setores que registram quedas são os do Milho (- 1,5%), de Alimentos (- 0,8%), e de Manufaturas (- 1,9%).<sup>13</sup> Observando-se outras variáveis para o Brasil na Tabela 7, nota-se que esse cenário também proporciona o maior aumento de renda para as famílias (2%), porém, com aumento na inflação de 1,2%. Portanto, sob a perspectiva de inflação o melhor cenário é o *CenR* que também gera o mais baixo desempenho em termos de aumento da atividade econômica, nas comparação com os outros cenários. Ou seja, é possível observar um *trade off* entre inflação e atividade econômica em função dos choques implementados. O cenário que apresenta maiores aumentos de preços foi o *Cen2* com, respectivamente, 1,8% e 1,1%, para Serviços e Alimentos.

Tabela 7

Variação % de variáveis macroeconômicas selecionadas

Fonte —	Cenários	CenR	Cen1	Cen2	SubCen2	Cen3
PIB	0,61	0,68	0,72	0,01	0,68	
RENDA	1,05	1,64	2,07	0,21	1,53	
IPC	0,37	0,85	1,2	0,17	0,76	

Fonte: Valores resultantes das simulações.

A Tabela 8 apresenta a variação percentual das exportações brasileiras de etanol. Pode-se observar que, com exceção para OPROD no *CenR*, há um incremento das exportações em todos os outros cenários para todos os destinos. Entretanto, é no *Cen2* que acontecem os maiores aumentos, especialmente para os EUA, OPROD e EU (União Européia), nos quais ocorrem incrementos de 1.590%, 1.276% e 11.834%, respectivamente.

É importante deixar claro que o volume de exportação desse produto para esses destinos antes da simulação, ou seja, a base de comparação, é muito pequena, porém, é nessas regiões onde incidem as maiores proteções tarifária e, portanto, as maiores fontes potenciais do aumento das mesmas. Convém salientar que a linha que contém o Brasil como destino refere-se ao consumo interno do produto, portanto, é no *Cen2* que também ocorre o menor aumento do consumo interno (142%) em comparação com os outros cenários.

Finalmente, a Tabela 9 apresenta o resultado da variação na utilização dos fatores no setor de Cana brasileiro nos quatro cenários simulados. O *CenR* apresenta variação negativa para todos os recursos considerados, sendo que o setor de capital é o mais prejudicado com -20,4%. Nos outros cenários o fator trabalho é o mais

<sup>13</sup> Os outros cenários apresentariam resultados semelhantes, porém, em magnitudes um pouco menores.



Tabela 8  
Exportações brasileiras de etanol – Variação %

Fonte —	Cenários	CenR	Cen1	Cen2	Cen3
Brasil		178,01	209,21	142,51	208,84
EUA		<b>391,1</b>	496,29	1590,76	496,08
OPROD		-10,94	537,01	1276,63	536,31
RNAFTA		241,4	414,49	396,19	407,93
EU		559,48	583,74	11834,47	582,78
ROW		166,24	322,21	282	321,02

Fonte: Valores resultantes das simulações.

impactado. Particularmente no *Cen2*, todos os fatores têm um significativo aumento em suas utilizações.

Tabela 9  
Utilização dos fatores no setor Cana no Brasil – Variação %

Fonte —	Cenários	CenR	Cen1	Cen2	Cen3
Terra		-10,62	3	15,03	3,41
Trabalho		-15,69	11,75	38,38	11,45
Capital		-20,37	5,51	30,65	5,25
Recursos naturais		-0,02	0,02	0,04	0,01

Fonte: Valores resultantes das simulações.

Por fim, o fator trabalho apresenta uma variação positiva de 38,4%. Em termos de equilíbrio geral, isso ocorre devido, principalmente, ao aumento do valor adicionado e a queda do preço desse fator nesse setor em função do choque tecnológico, aliado ao aumento das exportações (resultado semelhante à utilização do fator capital). Em menores magnitudes aumenta também a utilização da terra (15%) e de outros recursos naturais (0,04%).

#### 4.2. *Análise de sensibilidade*

Em simulações econômicas implementadas em modelos de EGC, os resultados são fortemente influenciados pelas suposições que se fazem para alguns parâmetros. Assim, fazer variar esses elementos para se verificar o quanto eles influenciam os resultados endógenos é uma tarefa indispensável para dar credibilidade às conclusões acerca dos resultados encontrados. Portanto, a análise de sensibilidade

trata-se de um importante instrumento para verificar a robustez dos resultados encontrados pelos modelos EGC.

Nesta seção foi selecionado o cenário *CenR* (cenário de referência) para que se possa proceder a esse exercício. A Tabela 10 mostra os resultados para uma variação de 50% acima e abaixo do valor-base (o valor do parâmetro que calibrou o modelo) dos parâmetros selecionados para a análise. Os intervalos nos colchetes foram calculados com base na desigualdade de *Chebyshev* com três desvios-padrão da média, fornecendo um intervalo de confiança de 88,89%. Entre os parâmetros, foram selecionados para a análise de sensibilidade aqueles destacados na Figuras 1 como os responsáveis pela substituição entre os fatores de produção ( $\sigma VA$ ), entre os insumos intermediários ( $\sigma D$ ), e entre os insumos importados ( $\sigma M$ ).<sup>14</sup>

Tabela 10

Análise de sensibilidade para o Brasil – *CenR*

Variáveis	AS nos parâmetros
PIB ( $\Delta\%$ )	[0,594; 0,636]
Exportação p/EUA ( $\Delta\%$ )	[275,09; 525,27]
Fator trabalho ( $\Delta\%$ )	[-23,16; -7,73]
Bem-estar (US\$ Milhões)	[2310,57; 2535,15]

Fonte: Valores resultantes da análise de sensibilidade da simulação *CenR*.

Nenhuma das situações analisadas traz mudança de sinal para os extremos dos intervalos obtidos, o que permite confirmar a robustez qualitativa do modelo utilizado. Entretanto, podem-se fazer algumas observações quanto à amplitude do intervalo, uma vez que a mesma indica que o quão sensível são algumas variáveis endógenas às suposições exógenas. Os resultados apontaram que as variáveis exportação e utilização do fator trabalho no setor de Cana foram significativamente influenciadas pela variação dos valores assumidos para os parâmetros do modelo. Isso pode ser observado pela amplitude dos intervalos para essas variáveis na Tabela 10. Para as variáveis PIB e bem-estar não houve alterações significativas em relação aos resultados originais.

## 5. Conclusão

As questões ambientais estabelecidas no Protocolo de Quioto relacionadas às emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes do uso de combustíveis fósseis fizeram que o mundo se atentasse para as necessidades urgentes do desenvolvimento de substitutos capazes de conter a expansão do efeito estufa. O etanol desenvolvido no Brasil

<sup>14</sup> Foi considerada neste exercício uma variação conjunta nestes parâmetros para todas as regiões e setores, uma vez que os resultados da análise de sensibilidade individual para as elasticidades de substituição mostraram resultados insignificantes em termos qualitativos (desvio-padrão muito pequeno para todas as variáveis).

passou a ser uma importante alternativa como substituto ao petróleo. Entretanto a tecnologia adotada pelo setor, tanto na etapa agrícola como industrial, carece de expansão e redução de custos de forma que a produção de cana-de-açúcar se torne mais competitiva. Assim, com o aumento da produção poderá se atender a demanda excedente ocasionada pelo *boom* dos carros *flex*, bem como a necessidade do mercado internacional na adoção de combustíveis renováveis e ambientalmente menos danosos à sociedade – como é o caso do etanol.

Neste trabalho são simulados quatro cenários para verificar se os efeitos da melhora tecnológica nos setores envolvidos na produção de etanol. A atividade econômica (PIB), renda da população e exportações são afetados positivamente nos quatro cenários. No primeiro cenário, a suposição de choques de tecnologia para as principais regiões produtoras de etanol mostrou que um avanço tecnológico em escala mundial traz melhoria do bem-estar econômico para todas as regiões consideradas neste trabalho.

Entretando, para o Brasil, o cenário que traz maiores ganhos é o que assume, simultaneamente, a melhora tecnológica e a liberação total para a comercialização do etanol (*Cen2*). Esses ganhos vem, principalmente, do efeito direto da melhora tecnológica na produção e da melhor alocação dos recursos produtivos nos setores de manufaturas e no próprio setor sucroalcooleiro. O trabalho é o fator de produção que tem a sua utilização aumentada em maior magnitude. Esses resultados corroboram a intuição de que a liberalização comercial combinada ao uso intensivo do etanol como combustível é fundamental para as aspirações brasileiras de tornar essa atividade mais uma fonte de desenvolvimento para o Brasil.

De forma semelhante aos estudos apresentados anteriormente e que avaliam a expansão da demanda por biocombustíveis, o presente trabalho identifica como benefícios de um processo de inovação tecnológica: uma maior concentração da produção de etanol no Brasil e efeitos positivos sobre a demanda de etanol e o comércio de produtos, afetando a alocação de recursos naturais e os preços agrícolas nas principais regiões analisadas.

Apesar dos resultados alcançados com este trabalho serem importantes do ponto de vista teórico, conclusões mais precisas carece de uma investigação empírica mais profunda. No que tange aos dados, uma modificação importante seria a de desagregar o etanol da base de dados. Isso permitiria avaliar os efeitos dos choques de forma mais precisa. Pelo lado da teoria, a incorporação de concorrência imperfeita e de rendimentos de escala seria um importante aspecto a ser considerado. Entretanto, para tal, é preciso que se tenham boas estimativas de margens de *markup* e extensão das economias de escala.

## Referências bibliográficas

- Azevedo, A. (2003). Análise empírica do impacto econômico da ALCA e da consolidação do Mercosul sobre o Brasil. Mimeo. Texto para Discussão 12, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- Baldwin, R. & Venables, A. (1995). Regional economic integration. In Grossman, G. & Rogoff, K., editors, *Handbook of International Economics*, pages 1597–1644. North Holland, Amsterdam.
- Banse, M., Meijl, H. V., Tabeau, A., & Woltjer, G. (2008). Impact of EU biofuel policies on world agricultural and food markets. In *107th EAAE Seminar Modelling of Agricultural and Rural Development Policies*, Sevilha, Spain.
- Birur, D. K., Hertel, T. W., & Tyner, W. E. (2008). Impact of biofuel production on world agricultural markets: A computable general equilibrium analysis. Department of Agricultural Economics, Purdue University (GTAP Working Paper 53).
- Botelho, F. B. & Hernandez, D. I. M. (2008). O mercado internacional de biocombustíveis: Etanol e biodiesel. In *XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, Rio Branco, Acre.
- Burniaux, J. M. & Truong, P. T. (2002). An energy-environmental version of the GTAP model. GTAP Technical Paper 16.
- Carvalho, L. C. C. (2001). A hora da virada. *Agroanalysis*, 21(9):23–31.
- Coelho, S. T. (2005). Biofuels – Advantages and trade barriers. In *United States Conference on Trade and Development*. UNCTAD.
- Feijó, F. T. (2005). *Alca e O Protocolo de Quioto – Uma Avaliação Integrada Utilizando O GTAP-E*. PhD thesis, Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Feijó, F. T. & Azevedo, A. (2006). Comércio e meio ambiente: Políticas ambientais e competitividade no âmbito da ALCA. *Economia Aplicada*, 10(4):561–587.
- Gohin, A. & Moschini, G. (2007). Impacts of the European biofuel policy on the farm sector: A general equilibrium assessment. In *Biofuels, Food e Feed Tradeoffs Conference*, Missouri.
- Gurgel, A. C. (2009). Impactos da política americana de estímulo aos biocombustíveis sobre a produção agropecuária e o uso da terra. In *Anais do 37º Encontro Nacional de Economia*, Foz do Iguaçu. ANPEC.
- Hertel, T. (1997). *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*. Cambridge University Press, New York.
- Nappo, M. (2007). Comércio internacional de biodiesel. In *V Fórum Brasil-Alemanha sobre Biodiesel*, São Paulo. Disponível em: [www.ahk.org.br](http://www.ahk.org.br). Acesso: 20/07/2009.
- Pereira, A. & May, P. (2003). Economia do aquecimento global. In May, P., Lustosa, M. C., & Vinha, V., editors, *Economia Do Meio Ambiente: Teoria e Prática*. Elsevier, Rio de Janeiro.
- Protocolo de Quioto (1997). Disponível em: [www.mct.gov.br](http://www.mct.gov.br). Acesso: Fev/2006.
- Rosegrant, M. W., Zhu, T., Msangi, S., & Sulser, T. (2008). Global scenarios for biofuel: Impacts and implications. *Review of Agricultural Economics*, 30(3):495–505.
- Sen, A. (1963). Neo-classical and neo-keynesian theories of distribution. *Economic Record*, 39:54–64.
- Sims, R. (2003). The triple bottom line benefits of bionergy for the community. In *OECD Workshop on Biomass and Agriculture*, Vienna, Austria. OECD.
- UNICA (2006). União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. Disponível em: <http://www.portalunica.com.br/portalunica>. Acesso em: 12 abr. 2006.